

Paquete didáctico de la asignatura “Física II”

Ricardo Jesús Rey Hernández Cortazar
Generación L

Paquete didáctico presentado para obtener el diploma de
Especialista en Docencia

Asesor:
Mtro. William René Reyes Cabrera

Mérida, Yucatán
Abril 2016

TABLA DE CONTENIDOS

Manual de operaciones

Planes de sesión

Actividades de aprendizaje

Recursos

Materiales de lectura

Presentaciones



MANUAL DE
OPERACIONES

DE LA ASIGNATURA DE

FÍSICA II



I. Introducción

La preparatoria particular “Conrado Menéndez Díaz”, perteneciente al Centro de Estudios Superiores C.T.M., cuya ubicación está al oriente de la ciudad de Mérida, específicamente en la calle 59 No. 849 x 4 y 16 en el Fracc, del Parque, trabaja el enfoque por competencias. La Física es de las asignaturas de tronco común que se vuelve un ícono en la formación de los estudiantes.

La física es una de las ciencias naturales que más han contribuido al desarrollo y bienestar del hombre, porque gracias a su estudio e investigación ha sido posible encontrar, en muchos casos, una explicación clara y útil a los fenómenos que se presentan en nuestra vida cotidiana. La palabra física proviene del vocablo griego *physike*, cuyo significado es naturaleza.

La física es ante todo una ciencia experimental, pues sus principios y leyes se fundamentan en la experiencia adquirida al reproducir intencionalmente muchos de los fenómenos que observamos en nuestro entorno.

Al aplicar el método científico experimental, el cual consiste en variar en lo posible las circunstancias en que un fenómeno se reproduce para obtener datos e interpretarlos, se pueden encontrar respuestas concretas y satisfactorias, a fin de comprender cada día más el mundo en donde vivimos. El estudio de la Física es importante para todo ser humano interesado en conocer el medio en el cual vive y quiera explicarse el porqué de los fenómenos que se le presentan. Todo fenómeno de la naturaleza, ya sea simple o complejo, tiene su fundamento y explicación en el campo de la física; por tanto, en la medida que esta ciencia se vaya desarrollando se tendrán mejores posibilidades para que el hombre pueda avanzar hacia un mayor conocimiento del universo y una mejor calidad de vida.

II. Descripción sintética de la asignatura

Esta asignatura tiene como propósito que el estudiante de hoy, se enfoque en el desarrollo de habilidades en el campo de las ciencias experimentales, con énfasis en la adquisición de conocimientos referentes al área de la física, que le permitan aplicarlos para solucionar problemas reales de la vida cotidiana y obtener beneficios para él mismo y para la sociedad que lo rodea.

Física II es una asignatura diseñada para estudiantes de nivel medio superior del cuarto semestre con carácter de obligatoria.

Tiene una duración total de 157.5 horas durante todo el semestre, siendo 67.5 horas presenciales y 90 horas no presenciales con módulos de 45 minutos (90 sesiones presenciales en todo el semestre).

La asignatura cuenta con 3 unidades o bloques de conocimientos, las cuales se describirán más adelante.

2.1 Objetivo general

Desarrollar habilidades con base en fundamentos teóricos que permitan un mejor entendimiento de los fenómenos naturales y artificiales que acontecen en nuestro entorno y resolver problemas reales con eficiencia, asertividad y pensamiento crítico, sin exponer la integridad física personal o de terceros en la solución de tales problemas.

2.2 Objetivos específicos

- ♣ Analiza las características fundamentales de los fluidos en reposo o en movimiento a través de las teorías, principios, teoremas o modelos matemáticos aplicándolos en situaciones cotidianas.
- ♣ Utiliza los conceptos de la hidráulica para explicar el principio de pascal y de Arquímedes en situaciones cotidianas.
- ♣ Analiza las formas de intercambio de calor entre los cuerpos, las leyes que rigen la transferencia del mismo y el impacto que tiene éste en el desarrollo de la tecnología para contribuir a la sociedad.
- ♣ Explica las leyes de la electricidad y valora su importancia.

2.3 Contenido del curso

Número de Bloque	Nombre del Bloque	Sesiones	Horas
I	Fluido en reposo y movimiento.	30	22.5
II	Calor y temperatura.	24	18
III	Las leyes de la electricidad.	36	27
	Total	90	67.5

2.4 Criterios de evaluación

Número de Bloque	Nombre del Bloque	Actividad requerida		Valor (Puntos)	Total del Criterio (Puntos)	Total del Bloque (Puntos)
I	Fluido en reposo y movimiento.	Criterio 1:	ADAS	30	100	100
			Prototipo casero	70		
		Criterio 2:	Prueba escrita	100	100	
II	Calor y temperatura.	Criterio 1:	ADAS	100	100	100
III	Las leyes de la electricidad.	Criterio 1:	ADAS	30	100	100
			Prototipo casero	70		
		Criterio 2:	Prueba escrita	100	100	

Nota:

1. El total del bloque I es igual al promedio de la suma de los dos criterios.
2. El total del bloque II es igual a la suma de las ADAS
3. El total del bloque III es igual al promedio de la suma de los dos criterios.

2.5 Competencias esperadas

COMPETENCIA DE LA ASIGNATURA
Analiza los fundamentos y principios teóricos del trabajo, la energía, la hidráulica, la termodinámica y la electricidad, con apoyo de modelos tridimensionales y prácticas experimentales, para reconocer los beneficios de estos conocimientos en su vida cotidiana, fomentando un ambiente de respeto, tolerancia y trabajo colaborativo.

COMPETENCIAS DICIPLINARES QUE SE MOVILIZAN EN LA ASIGNATURA

1. Establece la interrelación entre la ciencia, la tecnología, la sociedad y el ambiente en contextos históricos y sociales específicos.
2. Fundamenta opiniones sobre los impactos de la ciencia y la tecnología en su vida cotidiana, asumiendo consideraciones éticas.
3. Identifica problemas, formula preguntas de carácter científico y plantea las hipótesis necesarias para responderlas.
4. Obtiene, registra y sistematiza la información para responder a preguntas de carácter científico, consultando fuentes relevantes y realizando experimentos pertinentes.
5. Contrasta los resultados obtenidos en una investigación o experimento con hipótesis previas y comunica sus conclusiones.
6. Valora las preconcepciones personales o comunes sobre diversos fenómenos naturales a partir de evidencias científicas.
7. Hace explícitas las nociones científicas que sustentan los procesos para la solución de problemas cotidianos.
8. Explica el funcionamiento de máquinas de uso común a partir de nociones científicas.
9. Diseña modelos o prototipos para resolver problemas, satisfacer necesidades o demostrar principios científicos.
10. Relaciona las expresiones simbólicas de un fenómeno de la naturaleza y los rasgos observables a simple vista o mediante instrumentos o modelos científicos.

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS POR UNIDAD

Unidades	Competencias
Bloque I	Aplica los conceptos de la mecánica de fluidos para desarrollar un prototipo de alguna maquinaria real, en la cual se emplee en su funcionamiento los conceptos de la hidráulica, en forma colaborativa y responsable.
Bloque II	Aplica correctamente los conceptos de calor y temperatura para explicar fenómenos térmicos como la dilatación de los cuerpos y la ley del equilibrio térmico, trabajando en forma colaborativa, responsable, honesta y eficiente.
Bloque III	Aplica los conceptos de la electricidad para desarrollar un prototipo que le permita demostrar sus conocimientos básicos de electrostática, en forma colaborativa, responsable y honesta.

III. Contenido del paquete

- Programa de estudios.
- Descripción del curso.
- Planes de clase.
- Instructivos de las tareas.
- Presentaciones.
- Materiales de lectura (básicas).

IV. Modo de uso

Antes de iniciar el curso, el docente debe actualizar los contenidos temáticos de la asignatura, ya que aunque no sufra grandes cambios por ser de tronco común, debe estar pendiente de los cambios posibles que la SEP haya realizado con la asignatura de Física II.

En el apartado de la descripción sintética de la asignatura se habla acerca del contenido temático y su forma de evaluación, además de las políticas a seguir por el docente y los estudiantes. Se recomienda que el docente revise previamente las actividades de aprendizaje para llevar a cabo las adecuaciones pertinentes (si lo considera necesario).

Las actividades de aprendizaje se describen minuciosamente para llevarlas a cabo utilizando las tecnologías de la información y la web 2.0 (siempre que la infraestructura escolar y las condiciones económicas del estudiante lo permitan).

Los planes de sesión son las actividades a realizar en cada una de las 90 sesiones que prevé la asignatura, cada plan contiene el objetivo de la sesión, el listado de actividades en esa sesión, el tiempo en minutos que ocupará cada actividad y la bibliografía en que se sustenta la clase.

Se propone que la mayoría de las actividades de aprendizaje en un 80% se realicen en trabajo cooperativo para que los alumnos adquieran valores de responsabilidad y tolerancia, así como pensamiento reflexivo.

Las actividades de aprendizaje están listadas en orden numérico, de igual manera, cada una contiene un instructivo en el cual se menciona el tipo de actividad a realizar por parte del estudiante.

En el siguiente cuadro se enlistan las actividades programadas para el curso:

4.1 Relación de las ADAs

ADAs DEL BLOQUE I		
Actividad	Descripción	Sesión
1	Existe o no existe trabajo	1
2	Ejercicios de trabajo mecánico	2
3	Evaluación de trabajo mecánico	3
4	¿Cuándo eres más potente?	3
5	Ejercicios de potencia mecánica	4 y 5
6	La energía	6
7	Transformaciones de la energía	7

8	Cartel sobre tipos de energía	8
9	Energía cinética y potencial gravitacional	9 a 11
10	Conservación de la energía	12 y 13
11	Hidráulica y su división	14
12	Experimento de las características de los líquidos	15
13	Densidad y peso específico	16 y 17
14	Presión	18
15	Ejercicios de presión superficial, hidrostática y mediciones de presión	19 y 20
16	Principio de Pascal	21 a 24
17	Principio de Arquímedes	25 a 30
18	Modelo del principio de Arquímedes	25 a 30

ADAs DEL BLOQUE II

Actividad	Descripción	Sesión
1	¿Sentimos frío o perdemos calor?	31
2	¿La fricción genera calor?	32
3	Conversiones de temperatura	33 y 34
4	Actividad experimental	35
5	Dilatación térmica	36 y 37
6	Ejercicios de dilatación térmica	38 y 39
7	Calor	40 a 43
8	Cambios de fase	44
9	Cambios de fase (cartel)	45 y 46
10	Calor específico ejercicios	47 y 48
11	Calor ganado – calor perdido	49 y 50
12	¿Será posible hacerlo?	51
13	Practica de laboratorio	52
14	Construcción del calorímetro	53 y 54

ADAs DEL BLOQUE III

Actividad	Descripción	Sesión
1	Los rayos y la electricidad	55
2	Conceptos básicos de electricidad	56
3	Formas de electrizar a un cuerpo	57
4	Ley de Coulomb	58 a 60
5	Video documental ley de Coulomb	61 y 62
6	Campo eléctrico	63
7	Campo eléctrico	64 a 66
8	Potencial eléctrico	67 a 71
9	Corriente eléctrica y resistencia	72
10	Ejercicios de corriente eléctrica	73 a 75
11	Ley de Ohm	76 y 77
12	Definición de potencia eléctrica	78
13	Potencia eléctrica	79 y 80
14	Ejercicios de potencia eléctrica	81 y 82
15	Circuitos eléctricos básicos	83
16	Circuito en serie, paralelo y mixto	84 y 85
17	Ejercicios de circuitos	86 a 90

4.2 Relación de presentaciones

PRESENTACIONES DEL BLOQUE I		
No.	Título de las presentaciones	Sesión
1	Trabajo, energía y potencia	1
2	Impulso y cantidad de movimiento	12
3	Fluidos	14

PRESENTACIONES DEL BLOQUE II		
No.	Título de las presentaciones	Sesión
1	Temperatura y expansión	36
2	Cantidad de calor	44

PRESENTACIONES DEL BLOQUE III		
No.	Título de las presentaciones	Sesión
1	Fuerza eléctrica	58
2	Campo eléctrico	66
3	Potencial eléctrico	67
4	Corriente eléctrica y resistencia	72
5	Circuito de corriente continua	76

4.3 Lecturas básicas

Tema	Lectura
Trabajo energía y potencia	<ul style="list-style-type: none"> Sear, F. (2000). Física universitaria Vol. 1, México, Ed. Pearson. Tippens, P. (2010). Física y Aplicaciones. Editorial Mc Graw Hill. México. Pérez, H. (2010). Física General. Editorial Patria. México. García, E. & Domínguez, G. (2015). Física 2. Editorial Pearson. México. <p>Sitios de internet:</p> <ul style="list-style-type: none"> http://contenidosdigitales.ulp.edu.ar/exe/fisica/trabajo_mecnico.html https://www.fiscalab.com/apartado/trabajo-fisica#contenidos
La hidráulica y su división	<ul style="list-style-type: none"> Sear, F. (2000). Física universitaria. México, Ed. Pearson. Tippens, P. (2010). Física y Aplicaciones. Editorial Mc Graw Hill. México. Pérez, H. (2010). Física General. Editorial Patria. México. García, E. & Domínguez, G. (2015). Física 2. Editorial Pearson. México.
Termodinámica	<ul style="list-style-type: none"> Tippens, P. (2010). Física y Aplicaciones. Editorial Mc Graw Hill. México. Pérez, H. (2010). Física General. Editorial Patria. México. García, E. & Domínguez, G. (2015). Física 2. Editorial Pearson. México.
Electricidad	<ul style="list-style-type: none"> Sear, F. (2000). Física universitaria. México, Ed. Pearson. Tippens, P. (2010). Física y Aplicaciones. Editorial Mc Graw Hill. México. Pérez, H. (2010). Física General. Editorial Patria. México. García, E. & Domínguez, G. (2015). Física 2. Editorial Pearson. México. <p>Sitio de internet:</p> <ul style="list-style-type: none"> http://v2.educarex.es/web/fsanchezm02/la-electricidad-y-el-magnetismo

V. Objetivos de aprendizaje (Resultados esperados)

5.1 Conocimientos

- ♣ Diferenciará los conceptos de calor y temperatura a partir de la energía cinética promedio que posee la materia.
- ♣ Clasificará las escalas de temperatura con base a sus unidades.
- ♣ Identificará las ecuaciones para la transformación de temperaturas de una escala a otra.
- ♣ Identificará los mecanismos por los cuales el calor se transmite de un cuerpo a otro.
- ♣ Analizará la dilatación de los objetos por acción del incremento en la temperatura.
- ♣ Clasificará los estados de físicos de la materia.

5.2 Habilidades

- ♣ Diferencia el concepto entre calor y temperatura.
- ♣ Interpreta valores de temperatura en diferentes escalas.
- ♣ Comprende la relación existente entre las diferentes escalas de temperatura.
- ♣ Utiliza las unidades en las que se mide el calor y establece la equivalencia entre ellas.
- ♣ Relaciona la dilatación térmica con los cambios de temperatura y las propiedades físicas de los cuerpos en su entorno.
- ♣ Establece la igualdad entre calor ganado y perdido por un entorno.
- ♣ Diferencia las formas en que se transmite el calor de un cuerpo a otro en situaciones específicas.

5.3 Desarrollo de actitudes y valores

- ♣ Valora la importancia de calor y temperatura; y sus efectos sobre los cuerpos, como una forma de comprender las condiciones físicas y sociales del medio en que se vive.
- ♣ Aprecia la importancia de los modelos matemáticos en la descripción del comportamiento del calor y la temperatura.
- ♣ Valora el impacto de la ciencia y la tecnología en el diseño de equipos y aparatos que aprovechan el calor como una forma de energía y que mejoran la calidad de vida.
- ♣ Muestra interés para identificar en situaciones de la vida cotidiana formas de energía que mejoren su calidad de vida.
- ♣ Muestra interés por identificar en situaciones de la vida cotidiana, casos que involucren las leyes de intercambio de calor.

VI. Instalaciones y servicios para el instructor y el alumno

La escuela cuenta con las instalaciones necesarias para la realización de las actividades educativas que requieran sistemas informáticos.

Se tienen 4 salas de usos múltiples, 2 auditorios y 7 laboratorios de cómputo de los cuales dos tienen capacidad para 30 alumnos y los restantes cinco para 20 alumnos. Se cuenta con conexión a internet por medio de wifi con una velocidad de 72 Mbps y las máquinas están conectadas a Ethernet.

VII. Observaciones para el instructor

Las actividades a realizar deben estar diseñadas para evaluar el aprendizaje de los estudiantes y su progreso en su formación educativa.

Procure proveer al alumno de los recursos necesarios para facilitar la realización de las actividades de aprendizaje y orientarlos en todo momento a través de alguna red social en la que usted pueda tener comunicación efectiva con sus estudiantes.

Planifique con antelación las actividades a realizar e informe a los alumnos de dichas actividades para lograr en ellos una mejor comprensión de los resultados que se desean obtener.

Mantenga informado al alumno de sus avances y calificaciones y retroalimente en caso de ser necesario.

En la posibilidad de las circunstancias, apoye al alumno a través de alguna plataforma interactiva, puede usar milaulas.com u otra que se le facilite.

PROGRAMA

DE LA ASIGNATURA

FÍSICA II



ESCUELA PREPARATORIA “CONRADO MENÉNDEZ DÍAZ” PLANEACIÓN DIDÁCTICA

Profesor: Ricardo Hernández Cortazar

DATOS GENERALES DE IDENTIFICACIÓN

Nombre de la asignatura	Física II				
Tipo	Obligatorio				
Modalidad	Mixta				
Ubicación	Cuarto Semestre				
Duración total en horas	157.5	Horas presenciales	67.5	Horas no presenciales	90
Créditos	4.2				
Requisitos académicos previos	Física I				

COMPETENCIA DE LA ASIGNATURA

Analiza los fundamentos y principios teóricos del trabajo, la energía, la hidráulica, la termodinámica y la electricidad, con apoyo de modelos tridimensionales y prácticas experimentales, para reconocer los beneficios de estos conocimientos en su vida cotidiana, fomentando un ambiente de respeto, tolerancia y trabajo colaborativo.

CONTEXTUALIZACIÓN

El estudiante de hoy, debe estar enfocado en el desarrollo de habilidades en el campo de las ciencias experimentales, con énfasis en la adquisición de conocimientos referentes al área de la Física, que le permitan aplicarlos para solucionar problemas reales de la vida cotidiana y obtener beneficios para él mismo y para la sociedad que lo rodea.

COMPETENCIAS DICIPLINARES QUE SE MOVILIZAN EN LA ASIGNATURA

1. Establece la interrelación entre la ciencia, la tecnología, la sociedad y el ambiente en contextos históricos y sociales específicos.
2. Explica el funcionamiento de máquinas de uso común a partir de nociones científicas.
3. Diseña modelos o prototipos para resolver problemas, satisfacer necesidades o demostrar principios científicos.

UNIDADES Y COMPETENCIAS

Unidades	Competencias	Duración	
		HP	HNP
Bloque I	Aplica los conceptos de la mecánica de fluidos para desarrollar un prototipo de alguna maquinaria real, en la cual se emplee en su funcionamiento los conceptos de la hidráulica, en forma colaborativa y responsable.	22.5	30
Bloque II	Aplica correctamente los conceptos de calor y temperatura para explicar fenómenos térmicos como la dilatación de los cuerpos y la ley del equilibrio térmico, trabajando en forma colaborativa, responsable, honesta y eficiente.	18	20
Bloque III	Aplica los conceptos de la electricidad para desarrollar un prototipo que le permita demostrar sus conocimientos básicos de electrostática, en forma colaborativa, responsable y honesta.	27	35
	Total =	67.5	90

DESARROLLO DE LAS COMPETENCIAS GENERICAS EN LA ASIGNATURA

COMPETENCIAS GENÉRICAS	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III
Escucha, interpreta y emite mensajes pertinentes en distintos contextos mediante la utilización de medios, códigos y herramientas apropiados.	X	X	X
Desarrolla innovaciones y propone soluciones a problemas a partir de métodos establecidos.	X	X	X
Sustenta una postura personal sobre temas de interés y relevancia general, considerando otros puntos de vista de manera crítica y reflexiva.	X	X	X
Participa y colabora de manera efectiva en equipos diversos.	X	X	X

SECUENCIA DIDÁCTICA BLOQUE I

Bloque I Competencia

Aplica los conceptos de la mecánica de fluidos para desarrollar un prototipo de alguna maquinaria real, en la cual se emplee en su funcionamiento los conceptos de la hidráulica, en forma colaborativa y responsable.

SECUENCIA DE CONTENIDOS	RESULTADOS DE APRENDIZAJE	DESAGREGADO DE CONTENIDOS	ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE	DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE	HP de la ADA	HNP de la ADA
Trabajo Mecánico	Resuelve individualmente problemas sobre trabajo mecánico.	<ul style="list-style-type: none"> Definición eficiencia energética. Definición de trabajo mecánico. Unidades del trabajo en el SI. 	<ul style="list-style-type: none"> Resolución de problemas. Simulaciones. Aprendizaje autónomo. Aprendizaje cooperativo. 	<p>En forma grupal, observarán un video donde se explica el trabajo mecánico.</p> <p>De manera individual y con base a ejemplos, analiza las situaciones en la que se presenta el trabajo mecánico.</p> <p>En triadas, resuelven ejercicios sobre trabajo mecánico.</p> <p>Recursos: Material impreso. Pintarrón y plumones. Calculadora científica. CPU, cañón y bocinas.</p>	1.5 (2S)	2
Potencia Mecánica	Analiza como aumenta o disminuye la potencia mecánica a través de las variaciones del trabajo y el tiempo.	<ul style="list-style-type: none"> Definición de potencia mecánica. Unidades de potencia. 	<ul style="list-style-type: none"> Resolución de problemas. Aprendizaje autónomo. 	<p>En equipos de trabajo, buscarán en internet el concepto de potencia mecánica y sus unidades de medida.</p> <p>En triadas, resolver los ejercicios propuestos por el docente.</p> <p>Recursos: Material impreso. Computadora. Pintarrón y plumones. Calculadora científica.</p>	2.25 (3S)	3

Energía	Identifica los diferentes tipos de energía y resuelve problemas aplicativos de la vida cotidiana.	<ul style="list-style-type: none"> Definición de energía. Tipos de energía. Energía cinética. Energía potencial. 	<ul style="list-style-type: none"> Organizadores gráficos. Simulaciones Resolución de problemas. 	<p>En forma grupal, observarán un video donde se explican los tipos de energías y contestarán las preguntas incluidas en dicho video.</p> <p>En equipos, realizarán actividades físicas que el docente proponga para demostrar las energías cinética y potencial.</p> <p>En triadas, mencionarán un ejemplo de la vida cotidiana donde se usen o apliquen los tipos de energía.</p> <p>En triadas, resolverán los ejercicios propuestos por el docente.</p> <p>Recursos: Material impreso. Pintarrón y plumones. CPU, cañón y bocinas. Calculadora científica. Pelotas y/o balones. Auditorio de la escuela.</p>	4.5 (6S)	5
Conservación de la energía mecánica	Explica la conservación de la energía a partir de las transformaciones que ésta sufre.	<ul style="list-style-type: none"> Ley de la conservación de la energía mecánica. 	<ul style="list-style-type: none"> Aprendizaje autónomo. 	<p>Individualmente, resolverán dos ejercicios de la conservación de la energía en el salón de clase.</p> <p>Recursos: Pintarrón y plumones.</p>	1.5 (2S)	1
La hidráulica y su división	Aplica de manera práctica en su vida cotidiana, los conocimientos adquiridos por medio del estudio de los fluidos y sus características.	<ul style="list-style-type: none"> Conceptos básicos de hidráulica. Características de los fluidos. Densidad y peso específico. 	<ul style="list-style-type: none"> Organizadores gráficos. Exposición del docente. Resolución de problemas. Laboratorio. 	<p>En equipos de trabajo, buscar información sobre la hidráulica y las características de los líquidos y elaborarán un mapa conceptual.</p> <p>En equipos de trabajo, realizarán experimentos que</p>	3 (4S)	4

				<p>demuestren las características de los líquidos.</p> <p>En triadas, resolverán los ejercicios propuestos por el docente sobre densidad y peso específico.</p> <p>Recursos: Pintarrón y plumones. Material impreso. Calculadora científica. Mat. de laboratorio.</p>		
Presión	Identifica los diferentes tipos de presiones y cómo influyen de manera directa en su entorno y en su vida.	<ul style="list-style-type: none"> • Presión superficial. • Presión hidrostática • Mediciones de presión. 	<ul style="list-style-type: none"> • Aprendizaje basado en problemas. • Estudio de caso. • Simulaciones. • Resolución de problemas. 	<p>En forma individual, contestarán la actividad introductoria sobre presión basado en sus experiencias. Se discutirán las respuestas en clase y se entregará al profesor.</p> <p>En equipos de trabajo, se les entregará un caso en el que usted, con base a sus conocimientos, propondrá acciones para solucionarlo de la mejor manera. Se discutirán en plenaria.</p> <p>En quintetos, resolverán los ejercicios propuestos por el profesor para su entrega.</p> <p>Recursos: Pintarrón y plumones. Material impreso. Calculadora científica. Modelo tridimensional.</p>	2.25 (3S)	3
Principio de Pascal	Explica el principio de Pascal a partir de experimentos sencillos y elabora un prototipo funcional.	<ul style="list-style-type: none"> • Principio de Pascal. • La prensa hidráulica. 	<ul style="list-style-type: none"> • Simulaciones. • Resolución de problemas. • Aprendizaje basado en problemas. 	En forma individual, identificará los elementos esenciales y modelos matemáticos de la prensa hidráulica por medio de un video	3.75 (4S)	6

			<ul style="list-style-type: none"> Realización de proyectos. Aprendizaje cooperativo. 	<p>que se proporcionará durante la clase.</p> <p>En equipos de trabajo, construirán un prototipo casero que demuestre el funcionamiento del principio de pascal en cualquier maquinaria que lo amerite y lo explicará frente al grupo.</p> <p>En cuartetos, resolverán los ejercicios que el profesor proponga se realicen.</p> <p>Recursos: Pintarrón y plumones. Material impreso. Calculadora científica. Modelo tridimensional. CPU, cañón y bocinas.</p>		
Principio de Arquímedes	Elabora un prototipo que demuestre el principio de Arquímedes y explica su funcionamiento a partir de dicho principio.	<ul style="list-style-type: none"> Principio de Arquímedes. Peso real y peso aparente. Flotación de cuerpos. 	<ul style="list-style-type: none"> Simulaciones. Resolución de problemas. Aprendizaje basado en problemas. Realización de proyectos. Aprendizaje cooperativo. 	<p>Deducirán por medio del video del principio de Arquímedes, las variables que intervienen en su modelo matemático.</p> <p>En equipos de trabajo, elaborarán una historieta donde haya un problema con su solución, donde se aplique el principio de Arquímedes.</p> <p>En equipos de trabajo, construirán un prototipo casero que demuestre el funcionamiento del principio de Arquímedes en cualquier maquinaria que lo amerite y lo explicará frente al grupo.</p> <p>En triadas resolverán los ejercicios propuestos por el profesor.</p>	4.5 (6S)	6

				Recursos: Pintarrón y plumones. Material impreso. Calculadora científica. CPU, cañón y bocinas.		
				Total horas =	22.5	30
				Total sesiones =	(30S)	

SECUENCIA DIDÁCTICA BLOQUE II

Bloque II Competencia	Aplica correctamente los conceptos de calor y temperatura para explicar fenómenos térmicos como la dilatación de los cuerpos y la ley del equilibrio térmico, trabajando en forma colaborativa, responsable, honesta y eficiente.
--	---

SECUENCIA DE CONTENIDOS	RESULTADOS DE APRENDIZAJE	DESAGREGADO DE CONTENIDOS	ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE	DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE	HP de la ADA	HNP de la ADA
Termodinámica	Interpreta correctamente los conceptos relacionados con el calor y la temperatura.	<ul style="list-style-type: none"> • Concepto de termodinámica. • Diferencia entre calor y temperatura. 	<ul style="list-style-type: none"> • Preguntas guiadas. • Método expositivo. 	En forma individual, buscarán los conceptos de termodinámica, calor, temperatura y la diferencia entre estas dos últimas. Luego se comentarán en clase.	0.75 (1S)	1
Equilibrio térmico	Aplica su conocimiento adquirido sobre calor y temperatura para usar el termómetro en forma correcta y reconoce las distintas escalas de temperatura.	<ul style="list-style-type: none"> • Uso del termómetro. • Escalas de temperatura. • Conversión de temperaturas de una escala a otra. 	<ul style="list-style-type: none"> • Simulación. • Organizadores gráficos. • Aprendizaje in situ. • Resolución de problemas. • Aprendizaje basado en problemas. 	<p>En equipos de trabajo, representarán con un organizador gráfico las escalas de temperatura: Celsius, Fahrenheit, Kelvin y Rankine, tomando como base las temperaturas de 0°C hasta 100°C.</p> <p>En equipos de trabajo, aprenderán a usar y leer el termómetro en la medición de la temperatura del cuerpo humano, con el fin de conocer las temperaturas críticas y cómo proceder en los</p>	3 (4S)	3

				<p>tratamientos de primeros auxilios.</p> <p>En equipos de trabajo, resolverán la matriz de temperaturas en forma competitiva.</p> <p>En forma individual resolverán los ejercicios propuestos por el docente.</p> <p>Recursos: Pintarrón y plumones. Material impreso. Termómetros de Hg. Ejercicios. Compresas frías. Recipientes. Agua. Trapitos.</p>		
Dilatación Térmica	Identifica los cambios que el calor produce en los cuerpos debido a las variaciones de temperatura.	<ul style="list-style-type: none"> • Dilatación lineal. • Dilatación superficial o de área. • Dilatación volumétrica o cúbica. • Cálculos de dilatación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Resolución de problemas. 	<p>En triadas, resuelven problemas de dilatación de los materiales por efecto de la variación de la temperatura.</p> <p>En forma individual, realizarán una práctica de laboratorio casera en donde se aprecie la dilatación de los cuerpos.</p>	3 (4S)	3
Calor	Reconoce las distintas formas de propagación de calor.	<ul style="list-style-type: none"> • Unidades de calor. • Transferencia de calor por convección, conducción y radiación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Realización de proyectos. • Simulación. 	<p>En forma individual, describirán los conceptos de convección, conducción y radiación, así como las unidades de medida.</p> <p>En equipos de trabajo, observarán un videorama y con base a la información presentada, elaborarán un organizador gráfico donde se expongan las formas de propagación de calor ejemplificando cada una de ellas.</p> <p>En equipos de trabajo,</p>	3 (4S)	8

				<p>elaborarán un prototipo casero que ejemplifique las tres formas de propagación de calor.</p> <p>Recursos: Pintarrón y plumones. CPU, cañón y bocinas. Materiales de trabajo. Herramientas diversas.</p>		
Cambios de fase	Explica con conocimiento científico los estados de agregación de la materia.	<ul style="list-style-type: none"> Estados de la materia: sólido, líquido, gaseoso y plasma. 	<ul style="list-style-type: none"> Aprendizaje cooperativo. 	<p>En equipos de trabajo, buscarán información sobre los cambios de fase y los expondrán en plenaria.</p> <p>Recursos: Pintarrón y plumones. Carteles.</p>	2.25 (3S)	3
Cantidad de calor	Resuelve problemas sobre las propiedades térmicas de la materia.	<ul style="list-style-type: none"> Calor específico. 	<ul style="list-style-type: none"> Resolución de problemas. 	<p>En binas, resolverán cuatro ejercicios de cantidad de calor.</p> <p>Recursos: Pintarrón y plumones. Libretas, ejercicios y material impreso.</p>	1.5 (2S)	2
Calor ganado – calor perdido	Resuelve problemas de equilibrio térmico.	<ul style="list-style-type: none"> Ejercicios de equilibrio térmico. 	<ul style="list-style-type: none"> Resolución de problemas. Realización de proyectos. 	<p>En equipos de trabajo, resolverán los problemas asignados por el docente y los explicarán frente al grupo.</p> <p>En equipos de trabajo, elaborarán un prototipo de un calorímetro.</p> <p>En el laboratorio, emplearán el calorímetro que construyeron, para medir el calor cedido a una sustancia o elemento.</p> <p>Recursos: Pintarrón y plumones. Materiales diversos. Laboratorio e instrumentos.</p>	4.5 (6S)	5

				Total horas =	18	25
				Total sesiones =	(24S)	

SECUENCIA DIDÁCTICA BLOQUE III

Bloque III Competencia	Aplica los conceptos de la electricidad para desarrollar un prototipo que le permita demostrar sus conocimientos básicos de electrostática, en forma colaborativa, responsable y honesta.
-----------------------------------	---

SECUENCIA DE CONTENIDOS	RESULTADOS DE APRENDIZAJE	DESAGREGADO DE CONTENIDOS	ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE	DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE	HP de la ADA	HNP de la ADA
Electricidad	Diferencia entre los conceptos de electricidad y carga eléctrica y entre electrostática y electrodinámica.	<ul style="list-style-type: none"> • Definición de electricidad, electrostática y electrodinámica • Carga eléctrica. • Formas de electrizar un cuerpo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Organizadores gráficos. • Aprendizaje cooperativo. • Simulación. 	<p>En equipos, cada uno buscará en libros o internet, los conceptos de electricidad, carga eléctrica, electrostática y electrodinámica, para presentarlo en clase y explicará las diferencias entre cada uno de los conceptos.</p> <p>En forma individual, buscarán información sobre las formas de electrizar a un cuerpo y se realizará dentro del aula un experimento que simule las formas de electrizar los cuerpos. Al final entregarán un reporte grupal.</p> <p>Recursos: Pintarrón y plumones. Peine, papel y globo. Material de papelería.</p>	2.25 (3S)	3
Ley de Coulomb	Explica el comportamiento de las cargas eléctricas de acuerdo con la ley de Coulomb.	<ul style="list-style-type: none"> • Ley de Coulomb entre cargas eléctricas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Resolución de problemas. • Simulación. 	<p>En binas, realizarán una actividad experimental donde se demuestre la ley de Coulomb.</p> <p>En forma individual, resolverán 3 de 5</p>	3.75 (5S) 58 ⁹⁶²	4

				<p>ejercicios de la ley de Coulomb.</p> <p>En equipos de trabajo, expondrán por medio de una presentación o un vídeo, las aplicaciones de ley de Coulomb en la vida cotidiana.</p> <p>Recursos: Pintarrón y plumones. Globos, cinta teflón, guantes de latex, material impreso, cañón, laptop, bocinas.</p>		
Campo eléctrico	Determina el campo eléctrico por medio de modelos matemáticos.	<ul style="list-style-type: none"> Definición de campo eléctrico. Ejercicios aplicativos de campo eléctrico. 	<ul style="list-style-type: none"> Resolución de problemas. Aprendizaje autónomo. 	<p>Individualmente, leerán el material proporcionado por el docente y deducirán la definición de campo eléctrico.</p> <p>En forma individual, resolverán los ejercicios propuestos por el maestro sobre campo eléctrico.</p> <p>Recursos: Pintarrón y plumones. Material impreso. Calculadora científica.</p>	3 (4S)	4
Potencial eléctrico	Utiliza modelos matemáticos para determinar el potencial eléctrico.	<ul style="list-style-type: none"> Energía potencial eléctrica Potencial eléctrico Diferencia de potencial eléctrico 	<ul style="list-style-type: none"> Resolución de problemas 	<p>En equipos, leer el texto: Física, Conceptos y aplicaciones de Paul Tippens y resumir las variables que pertenecen a los temas: energía potencial eléctrica, potencial eléctrico y diferencia de potencial.</p> <p>En equipos de trabajo, resolverán 10 ejercicios de los temas, energía potencial eléctrica, potencial eléctrica y diferencia de potencial.</p> <p>Recursos:</p>	3.75 (5S)	4

				Pintarrón y plumones. Material impreso. Calculadora científica.		
Corriente eléctrica	Resuelve problemas que involucran intensidad, carga y tiempo.	<ul style="list-style-type: none"> Ecuación de la corriente eléctrica Resistencia eléctrica 	<ul style="list-style-type: none"> Resolución de problemas Aprendizaje autónomo 	<p>En equipos de trabajo, resolverán los ejercicios que el docente asigne a cada equipo y los explicarán en plenaria.</p> <p>Recursos: Pintarrón y plumones. Material impreso. Calculadora científica.</p>	3 (4S)	6
Ley de Ohm	Determina intensidades, voltajes y resistencias a partir de la ley de Ohm.	<ul style="list-style-type: none"> Enunciado de la ley de ohm Resolución de problemas de la ley de Ohm 	<ul style="list-style-type: none"> Resolución de problemas Aprendizaje cooperativo 	<p>En plenaria, leerán la ley de ohm y la explicarán con base a sus principios.</p> <p>En equipos de trabajo, resolverán problemas aplicativos de la ley de ohm.</p> <p>Recursos: Pintarrón y plumones. Material impreso. Calculadora científica.</p>	1.5 (2S) 76ª77	3
Potencia eléctrica	Realiza el cálculo de la energía eléctrica consumida en su hogar durante 1 día, así como el importe a pagar por ella.	<ul style="list-style-type: none"> Concepto de potencia eléctrica Resolución de problemas de potencia eléctrica 	<ul style="list-style-type: none"> Aprendizaje basado en problemas Investigación con tutoría 	<p>Individualmente, redactarán el concepto de potencia eléctrica con base a una previa explicación.</p> <p>En equipos de trabajo, realizarán la lectura del medidor de luz en sistema analógico.</p> <p>En equipos de trabajo, investigarán los rangos de precios de la energía eléctrica, con base al consumo y con base a los dos periodos (verano e invierno); además, calcularán el consumo de energía de su hogar en un día ordinario con base a los registros del</p>	3.75 (5S) 78A8 2	5

				<p>medidor.</p> <p>Recursos: Pintarrón y plumones. Material impreso. Calculadora científica. Recibo de luz. Medidor de luz (físico o imagen).</p>		
Circuitos eléctricos	<p>Construye circuitos eléctricos con resistencias conectadas en serie, paralelas y mixtas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Conceptos básicos • Circuitos en serie • Circuitos en paralelo • Calculo de la intensidad, el voltaje y la resistencia en un circuito 	<ul style="list-style-type: none"> • Aprendizaje basado en problemas • Realización de proyectos • Resolución de problemas • Aprendizaje cooperativo 	<p>En equipos, buscarán los componentes que integran a un circuito electrónico y sus definiciones, así como su funcionamiento; los tipos de circuitos que existen en la actualidad y cómo se representan gráficamente.</p> <p>En equipos, resolverán problemas de circuitos en serie, paralelo y mixto.</p> <p>En equipos, construirán un prototipo eléctrico o electrónico que demuestre uno o varios principios de la electrostática o electrodinámica, así como deberá explicar su funcionamiento y guardar la evidencia de su realización por medio de imágenes fijas o en movimiento.</p> <p>Recursos: Pintarrón y plumones. Material impreso. Calculadora científica. Materiales eléctricos y electrónicos diversos. Cañón, laptop.</p>	<p>6 (8S) 83º90</p>	<p>6</p>
				<p>Total horas =</p> <p>Total sesiones =</p>	<p>27 (36S)</p>	<p>35</p>

Asignatura	Física II	Número de horas	52.5		
Nivel	4° semestre (preparatoria)	Número de unidad	Bloque I		
Competencias genéricas	<ul style="list-style-type: none"> • Expresa ideas y conceptos mediante representaciones lingüísticas, matemáticas o gráficas. • Sigue instrucciones y procedimientos de manera reflexiva, comprendiendo como cada uno de sus pasos contribuye al alcance de un objetivo. • Estructura ideas y argumentos de manera clara, coherente y sintética. 				
Competencias específicas	<ul style="list-style-type: none"> • Establece la interrelación entre ciencia, tecnología, la sociedad y el ambiente en contextos históricos y sociales específicos. • Fundamenta opiniones sobre los impactos de la ciencia y la tecnología en su vida cotidiana, asumiendo consideraciones éticas. • Identifica problemas, formula preguntas de carácter científico y plantea las hipótesis necesarias para resolverlas. • Valora las preconcepciones personales o comunes sobre diversos fenómenos naturales a partir de evidencias científicas. 				
Actividades		Evaluación		Metacognición	Recursos
Actividades con el docente	Actividades de aprendizaje autónomo	Criterios	Evidencias		
Se realiza la evaluación diagnóstica y en plenaria se discuten las respuestas.	De manera individual, resuelve la evaluación diagnóstica del bloque I.	Criterio 1: Aplica los conceptos de la Hidráulica, para el desarrollo de un prototipo casero que represente una maquinaria real, la cual emplea en su funcionamiento los conceptos de hidrostática; de manera colaborativa, honesta y responsable.	Tareas realizadas por escrito.	<ul style="list-style-type: none"> • Conoce los objetivos de cada sesión. • Formula preguntas de carácter científico. • Resuelve problemas de los temas abordados. • Organiza la información por medio de organigramas, cuadros sinópticos y mapas mentales. • Realiza actividades experimentales. 	~Material impreso. ~Pintarrón. ~Plumones. ~Cañón. ~Laptop. ~Bocinas. ~Páginas web. ~Material solicitado para actividades experimentales. ~Calculadora científica.
Con su profesor, analizan el trabajo mecánico realizado por un objeto, de acuerdo a la variación del desplazamiento y la fuerza.	De manera individual, analiza el video presentado en clase sobre el trabajo mecánico.		Grabaciones de video de las actividades experimentales.		
En plenaria se discuten las respuestas de los ejercicios propuestos de trabajo mecánico.	De manera individual, resuelve los ejercicios de trabajo mecánico.	Prototipo casero, que demuestre su funcionamiento con base a los principios de la hidráulica.			
A través de ejemplos realizados	De manera individual, analiza el aumento y	Criterio 2: Resuelve una prueba objetiva de reactivos de opción múltiple con el objetivo de identificar, clasificar, relacionar,	Prueba escrita del bloque I.		

<p>en el aula, se analiza como aumenta o disminuye la potencia mecánica debido a la variación del trabajo y el tiempo.</p>	<p>disminución de la potencia mecánica debido a variaciones del trabajo y el tiempo.</p>	<p>jerarquizar y resolver problemas cotidianos relacionados con trabajo, potencia, energía cinética, energía potencial, ley de la conservación de la energía mecánica, densidad, peso específico, presión, presión hidrostática, Principio de Pascal, Principio de Arquímedes, de manera honesta y responsable.</p>		<ul style="list-style-type: none"> • Construye prototipos con base a sus conocimientos. 	
<p>En plenaria analizarán un video explicativo sobre los tipos de energía.</p>	<p>De manera individual, analiza los tipos de energía por medio de imágenes o ejemplos de situaciones concretas.</p>				
<p>En plenaria se discuten las respuestas de los ejercicios propuestos de energía cinética y potencial.</p>	<p>De manera individual, resuelve ejercicios de energía cinética y potencial.</p>				
<p>Analizan las características de los fluidos por medio de actividades experimentales y se discuten en plenaria.</p>	<p>De manera individual, elabora un mapa conceptual sobre las características de los fluidos por medio de actividades experimentales.</p>				
<p>En plenaria se discutirán casos de presión superficial.</p>	<p>Analiza las situaciones en las que se presentan casos de presión superficial.</p>				
<p>Se discuten las respuestas de los ejercicios propuestos de principio de Pascal.</p>	<p>De manera individual, resuelve los ejercicios planteados del principio de pascal.</p>				
<p>En plenaria se discuten las respuestas de los ejercicios propuestos de principio de Arquímedes.</p>	<p>De manera individual, resuelve ejercicios del principio de Arquímedes.</p>				

Asignatura	Física II	Número de horas	38		
Nivel	4° semestre (preparatoria)	Número de unidad	Bloque II		
Competencias genéricas	<ul style="list-style-type: none"> • Expresa ideas y conceptos mediante representaciones lingüísticas, matemáticas o gráficas. • Maneja las tecnologías de la información y la comunicación para obtener información y expresar ideas. • Estructura ideas y argumentos de manera clara, coherente y sintética. 				
Competencias específicas	<ul style="list-style-type: none"> • Establece la interrelación entre ciencia, tecnología, la sociedad y el ambiente en contextos históricos y sociales específicos. • Identifica problemas, formula preguntas de carácter científico y plantea las hipótesis necesarias para resolverlas. • Valora las preconcepciones personales o comunes sobre diversos fenómenos naturales a partir de evidencias científicas. 				
Actividades		Evaluación		Metacognición	Recursos
Actividades con el docente	Actividades de aprendizaje autónomo	Criterios	Evidencias		
<p>De manera individual, contesta las preguntas para diagnosticar conocimientos previos sobre la termodinámica.</p> <p>En plenaria se discuten los conceptos de temperatura, calor y energía interna.</p> <p>En grupos, realizan la actividad experimental para tomar la temperatura de una persona con un termómetro análogo de mercurio.</p> <p>En binas realiza ejercicios sobre conversiones de unidades de</p>	<p>De manera individual, contesta las preguntas de diagnóstico sobre la termodinámica.</p> <p>De manera individual, analiza los conceptos de temperatura, calor y energía interna.</p> <p>De manera individual, realiza la actividad experimental para medir la temperatura corporal de una persona.</p> <p>De manera individual, resuelve ejercicios de conversiones de unidades de</p>	<p>Aplica correctamente las relaciones entre calor y temperatura, de tal manera que, pueda explicar fenómenos tales como: la dilatación de los cuerpos y la Ley de intercambio de calor; con el objetivo de resolver situaciones de la vida cotidiana, trabajando de manera honesta, responsable y colaborativa.</p>	<p>Tareas realizadas por escrito.</p> <p>Ejercicios resueltos correctamente.</p> <p>Grabaciones de video de las actividades experimentales.</p> <p>Problemario resuelto correctamente en equipos de 5 a 7 estudiantes.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Conoce los objetivos de cada sesión. • Formula preguntas de carácter científico. • Resuelve problemas de los temas abordados. • Organiza la información por medio de organigramas, cuadros sinópticos y mapas mentales. • Realiza actividades experimentales. • Construye prototipos con 	<p>~Material impreso.</p> <p>~Pintarrón.</p> <p>~Plumones.</p> <p>~Cañón.</p> <p>~Laptop.</p> <p>~Bocinas.</p> <p>~Páginas web.</p> <p>~Material solicitado para actividades experimentales.</p> <p>~Calculadora científica.</p>

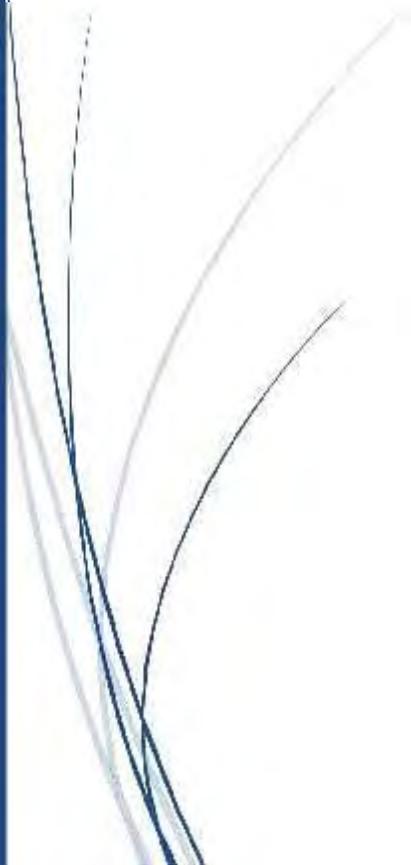
<p>temperatura.</p> <p>En binas resuelve ejercicio de los tres tipos de dilataciones.</p> <p>En plenaria, se discutirán situaciones en donde se presenten las formas de propagación de calor.</p> <p>En plenaria, discute los cambios de fase que sufre la materia.</p> <p>En binas resuelven ejercicios sobre cantidad de calor y se discuten las respuestas en plenaria.</p> <p>En pequeños grupos, resuelve ejercicios de equilibrio térmico.</p>	<p>temperatura.</p> <p>De manera individual, responde la actividad de coevaluación de los ejercicios de dilatación térmica.</p> <p>De manera individual, analiza los mecanismos de transmisión de calor mediante una serie de imágenes y ejemplos.</p> <p>De manera individual, realiza una investigación sobre los cambios de fase, para elaborar un mapa conceptual y contestar las preguntas que se plantean.</p> <p>Individualmente, responde las actividades de coevaluación que incluye ejercicios de cantidad de calor.</p> <p>De manera individual, analiza el video sobre equilibrio térmico y responde la actividad de coevaluación.</p>			<p>base a sus conocimientos.</p>	
--	--	--	--	----------------------------------	--

Asignatura	Física II	Número de horas	62		
Nivel	4° semestre (preparatoria)	Número de unidad	Bloque III		
Competencias genéricas	<ul style="list-style-type: none"> • Expresa ideas y conceptos mediante representaciones lingüísticas, matemáticas o gráficas. • Estructura ideas y argumentos de manera clara, coherente y sintética. • Aporta puntos de vista con apertura y considera los de otras personas de manera reflexiva. • Sigue instrucciones y procedimientos de manera reflexiva, comprendiendo como cada uno de sus pasos contribuye al alcance de un objetivo. 				
Competencias específicas	<ul style="list-style-type: none"> • Establece la interrelación entre ciencia, tecnología, la sociedad y el ambiente en contextos históricos y sociales específicos. • Identifica problemas, formula preguntas de carácter científico y plantea las hipótesis necesarias para resolverlas. • Valora las preconcepciones personales o comunes sobre diversos fenómenos naturales a partir de evidencias científicas. • Obtiene, registra y sistematiza la información para responder a preguntas de carácter científico, consultando fuentes relevantes y realizando experimentos pertinentes. • Contrasta los resultados obtenidos en una investigación o experimento con hipótesis previas y comunica sus conclusiones. • Hace explícitas las nociones científicas que sustentan los procesos para la solución de problemas cotidianos. 				
Actividades		Evaluación		Metacognición	Recursos
Actividades con el docente	Actividades de aprendizaje autónomo	Criterios	Evidencias		
<p>Se realiza la evaluación diagnóstica de los conceptos básicos de electricidad y en plenaria se discuten las respuestas.</p> <p>En equipos se discuten los conceptos de electricidad, carga eléctrica, electrostática y electrodinámica.</p> <p>En plenaria se discuten los resultados de la</p>	<p>El estudiante realiza la evaluación diagnóstica.</p> <p>Analiza la diferencia entre electricidad y carga eléctrica; y entre electrostática y electrodinámica.</p> <p>Realiza un análisis detallado de cómo se electrizan los cuerpos.</p>	<p>Criterio 1: Aplica los conceptos de la electrostática y la electrodinámica, para el desarrollo de un prototipo que represente un circuito de estas ramas de la física, de manera colaborativa, honesta y responsable.</p> <p>Criterio 2: Resuelve una prueba objetiva e reactivos de opción múltiple con el objetivo de</p>	<p>Tareas realizadas por escrito.</p> <p>Ejercicios resueltos en clase.</p> <p>Grabaciones de video de las actividades experimentales.</p> <p>Prototipo casero, que demuestre su funcionamiento con base a los principios de la electricidad.</p> <p>Prueba escrita del</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Conoce los objetivos de cada sesión. • Formula preguntas de carácter científico. • Resuelve problemas de los temas abordados. • Organiza la información por medio de organigramas, cuadros sinópticos y 	<p>~Material impreso.</p> <p>~Pintarrón.</p> <p>~Plumones.</p> <p>~Cañón.</p> <p>~Laptop.</p> <p>~Bocinas.</p> <p>~Páginas web.</p> <p>~Material solicitado para actividades experimentales.</p> <p>~Calculadora científica.</p>

<p>actividad experimental de las formas de electrizar un cuerpo.</p> <p>De manera individual resuelve los ejercicios de la ley de Coulomb y se discuten los resultados en plenaria.</p> <p>Resuelve ejercicios de campo eléctrico y se discuten los resultados.</p> <p>En plenaria discute sus observaciones respecto a los videos presentados.</p> <p>Resuelve ejercicios de la ley de Ohm y se discuten los resultados.</p> <p>Resuelve ejercicios de potencia eléctrica y se discuten los resultados.</p> <p>En plenaria, se discuten las observaciones sobre los videos de circuitos eléctricos.</p> <p>Resuelve problemas sobre circuitos eléctricos y se discuten los procedimientos para llegar a las respuestas.</p>	<p>Individualmente, resuelve ejercicios de la ley de Coulomb.</p> <p>Individualmente resuelve ejercicios de campo eléctrico.</p> <p>De manera individual, analiza los videos para comprender los conceptos de corriente eléctrica, voltaje y resistencia.</p> <p>De manera individual, resuelve ejercicios de la ley de Ohm.</p> <p>De manera individual, resuelve ejercicios de potencia eléctrica.</p> <p>De manera individual, analiza la estructura de cada uno de los circuitos eléctricos básicos.</p> <p>De manera individual, resuelve problemas de circuitos eléctricos.</p>	<p>identificar, clasificar, relacionar, jerarquizar y resolver problemas relacionados con los conceptos de temperatura, conversión de unidades de temperatura, dilatación lineal, superficial y volumétrica; formas de propagación de calor, cantidad de calor, equilibrio térmico, cargas eléctricas, formas de cargar eléctricamente un cuerpo, ley de Coulomb, campo eléctrico, potencial eléctrico, ley de ohm, circuitos eléctricos, potencia eléctrica; de manera honesta y responsable.</p>	<p>bloque II y III.</p>	<p>mapas mentales.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Realiza actividades experimentales. • Construye prototipos con base a sus conocimientos. 	
--	---	--	-------------------------	--	--

PLANES DE SESIÓN
DE LA ASIGNATURA

FÍSICA II



Plan de sesión No. 01

Asignatura: Física II Nivel: Medio superior Semestre: Cuarto Bloque: I

Tiempo estimado: 45 minutos Tema: Trabajo mecánico Fecha: _____

UNIDADES DE COMPETENCIA	
Principal (es) competencia (s) disciplinar (es) y atributos fundamentales de las competencias genéricas.	
Competencias genéricas (Atributos):	Competencias disciplinares.
<ul style="list-style-type: none">• Expresa ideas y conceptos mediante representaciones lingüísticas, matemáticas o gráficas.• Sigue instrucciones y procedimientos de manera reflexiva, comprendiendo cómo cada uno de sus pasos contribuye al alcance de un objetivo.• Estructura ideas y argumentos de manera clara, coherente y sintética.	<ul style="list-style-type: none">• Identifica problemas, formula preguntas de carácter científico y plantea las hipótesis necesarias para responderlas.• Valora las preconcepciones personales o comunes sobre diversos fenómenos naturales a partir de evidencias científicas.

Objetivo de aprendizaje:

Al finalizar la sesión, el alumno analizará mediante algunas representaciones visuales, las situaciones en las que se presenta el trabajo mecánico en su vida cotidiana.

CONTENIDOS PRINCIPALES	
<p>Tema. Trabajo mecánico.</p> <p>Subtema (s).</p> <ul style="list-style-type: none">• Definición de trabajo mecánico.• Unidades de trabajo en el SI (Sistema Internacional de Unidades).	<p>Resumen.</p> <p>Con el paso del tiempo, el hombre ha desarrollado nuevas tecnologías que le permiten realizar trabajos cada vez más complejos y con ello, siempre ha buscado la eficiencia energética. Por tal motivo, es importante comprender la relación existente entre estos conceptos, ya que normalmente asociamos la palabra trabajo, a toda actividad física que realizamos cotidianamente. Sin embargo, en física, el trabajo corresponde a un aspecto científico que puede ser estudiado desde todas sus variables, mismas de las que hablaremos más adelante.</p>

RECURSOS DIDÁCTICOS

- **Laptop.**
- **Cañón.**
- **Bocinas.**
- **Pizarra.**
- **Plumones.**
- **Material impreso.**
- **Video de trabajo:** <https://www.youtube.com/watch?v=SrXsIvIisyw>

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE

Introducción	Tiempo
Se presenta en clase el objetivo de aprendizaje y se expone el vídeo sobre el trabajo mecánico; el alumno deberá tomar nota de la información presentada durante su transmisión.	7 minutos
Desarrollo	
Se explica el tema y se revisan las variables que contiene el modelo matemático del trabajo mecánico, así como sus despejes. Se exponen en plenaria las situaciones en las que se presenta el trabajo mecánico, cuando la fuerza y el desplazamiento sobre la cual se aplica dicha fuerza es en la misma dirección y sentido. Así como cuando no está presente el trabajo, al ir en sentidos opuestos la fuerza y el desplazamiento.	18 minutos
Integración o cierre	
Se realiza la ADA 1 en donde se presentan en diapositivas una serie de imágenes en donde el alumno debe identificar en qué situaciones está presente el trabajo mecánico. Se resuelve en forma individual y se concluye con la entrega de dicha actividad.	20 minutos

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	
DESEMPEÑO	PRODUCTO
Establece la correspondencia entre la existencia e inexistencia del trabajo mecánico en diversas situaciones.	ADA 1 resuelta.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y/O INTERNET
<p>Bibliografía:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tippens, P. (2010). Física y Aplicaciones. Editorial Mc Graw Hill. México. • Pérez, H. (2010). Física General. Editorial Patria. México. • García, E. & Domínguez, G. (2015). Física 2. Editorial Pearson. México. <p>Sitios de internet:</p> <ul style="list-style-type: none"> • http://contenidosdigitales.ulp.edu.ar/exe/fisica/trabajo_mecnico.html • https://www.fisicalab.com/apartado/trabajo-fisica#contenidos • Video de trabajo: https://www.youtube.com/watch?v=SrXsIvIisyw

TAREA
<p>Entrar al sitio: http://contenidosdigitales.ulp.edu.ar/exe/fisica/trabajo_mecnico_positivo.html Y estudiar la solución del ejercicio que se presenta.</p>

Plan de sesión No. 02

Asignatura: Física II Nivel: Medio superior Semestre: Cuarto Bloque: I

Tiempo estimado: 45 minutos Tema: Trabajo mecánico Fecha: _____

UNIDADES DE COMPETENCIA	
Principal (es) competencia (s) disciplinar (es) y atributos fundamentales de las competencias genéricas.	
Competencias genéricas (Atributos):	Competencias disciplinares.
<ul style="list-style-type: none">• Expresa ideas y conceptos mediante representaciones lingüísticas, matemáticas o gráficas.• Sigue instrucciones y procedimientos de manera reflexiva, comprendiendo cómo cada uno de sus pasos contribuye al alcance de un objetivo.• Estructura ideas y argumentos de manera clara, coherente y sintética.	<ul style="list-style-type: none">• Identifica problemas, formula preguntas de carácter científico y plantea las hipótesis necesarias para responderlas.• Valora las preconcepciones personales o comunes sobre diversos fenómenos naturales a partir de evidencias científicas.

Objetivo de aprendizaje:

Al finalizar la sesión, el alumno aplicará modelos matemáticos en la solución de problemas de trabajo mecánico, con la finalidad de desempeñarse efectivamente en el contexto en el que las aplique.

CONTENIDOS PRINCIPALES	
<p>Tema. Trabajo mecánico.</p> <p>Subtema (s).</p> <ul style="list-style-type: none">• Definición de trabajo mecánico.• Unidades de trabajo en el SI (Sistema Internacional de Unidades).	<p>Resumen.</p> <p>Con el paso del tiempo, el hombre ha desarrollado nuevas tecnologías que le permiten realizar trabajos cada vez más complejos y con ello, siempre ha buscado la eficiencia energética. Por tal motivo, es importante comprender la relación existente entre estos conceptos, ya que normalmente asociamos la palabra trabajo, a toda actividad física que realizamos cotidianamente. Sin embargo, en física, el trabajo corresponde a un aspecto científico que puede ser estudiado desde todas sus variables, mismas de las que hablaremos más adelante.</p>

RECURSOS DIDÁCTICOS

- **Pizarra.**
- **Plumones.**
- **Material impreso.**
- **Ejercicios en clase.**
- **Calculadora científica.**

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE

Introducción	Tiempo
Se presenta en clase el objetivo de aprendizaje y se exponen las aplicaciones del trabajo mecánico en la realización de tareas de la vida cotidiana.	10 minutos
Desarrollo	
Se exponen en la pizarra dos ejercicios de trabajo mecánico y se explican para darle solución. Mientras se explican las soluciones de los ejercicios, se van resolviendo las dudas que vayan surgiendo. Se le solicita al grupo que formen equipos de 3 integrantes para que desarrollen la ADA 2 y se acompaña durante la actividad.	15 minutos
Integración o cierre	
Se le solicita a uno de los integrantes de los equipos que el profesor considere, que pasen a resolver los problemas de la ADA 2. Y se concluye la actividad en forma de coevaluación.	20 minutos

CRITERIOS DE EVALUACIÓN

DESEMPEÑO	PRODUCTO
Identifica las variables a resolver y actúa responsable y colaborativamente.	Entrega de la ADA 2 correctamente resuelta.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y/O INTERNET

Bibliografía:

- Tippens, P. (2010). Física y Aplicaciones. Editorial Mc Graw Hill. México.
- Pérez, H. (2010). Física General. Editorial Patria. México.
- García, E. & Domínguez, G. (2015). Física 2. Editorial Pearson. México.

TAREA

Resolver la ADA 3.

Plan de sesión No. 03

Asignatura: Física II Nivel: Medio superior Semestre: Cuarto Bloque: I

Tiempo estimado: 45 minutos Tema: Potencia mecánica Fecha: _____

UNIDADES DE COMPETENCIA	
Principal (es) competencia (s) disciplinar (es) y atributos fundamentales de las competencias genéricas.	
Competencias genéricas (Atributos):	Competencias disciplinares.
<ul style="list-style-type: none">• Maneja las tecnologías de la información y la comunicación para obtener información y expresar ideas.• Sigue instrucciones y procedimientos de manera reflexiva, comprendiendo cómo cada uno de sus pasos contribuye al alcance de un objetivo.• Estructura ideas y argumentos de manera clara, coherente y sintética.	<ul style="list-style-type: none">• Identifica problemas, formula preguntas de carácter científico y plantea las hipótesis necesarias para responderlas.• Valora las preconcepciones personales o comunes sobre diversos fenómenos naturales a partir de evidencias científicas.

Objetivo de aprendizaje:

Al finalizar la sesión, el alumno planteará soluciones prácticas a problemas de potencia mecánica, haciendo uso correcto de sus respectivos conceptos y modelos matemáticos, así como las aplicaciones que tiene en el entorno que lo rodea.

CONTENIDOS PRINCIPALES	
<p>Tema. Potencia mecánica.</p> <p>Subtema (s).</p> <ul style="list-style-type: none">• Definición de potencia mecánica.• Unidades de potencia mecánica en el SI (Sistema Internacional de Unidades) y otros sistemas.	<p>Resumen.</p> <p>La potencia mecánica es la potencia transmitida durante la acción de fuerzas de contacto o elementos mecánicos asociados como palancas, engranajes, etc. Cuando pensamos en potencia nos viene a la mente alguna actividad en la que se realiza un trabajo con mucha fuerza o rapidez. Esto no es errado, ya que la potencia mecánica se manifiesta al realizar un trabajo en menor tiempo o con gran velocidad.</p>

RECURSOS DIDÁCTICOS

- **Pizarra.**
- **Plumones.**
- **Material impreso.**
- **Teléfono celular.**
- **Guía didáctica de física.**

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE

Introducción	Tiempo
<p>Se presenta el tema exponiendo las preguntas: ¿qué es la potencia?, ¿por qué cuando vemos pasar a un automóvil a gran velocidad decimos que es muy potente?, ¿en qué otra actividad podemos decir que existe la potencia mecánica?</p> <p>Estas preguntas son para fomentar la participación de los alumnos y adentrarlos al tema.</p>	10 minutos
Desarrollo	
<p>Se divide al grupo en cuatro equipos, en donde el equipo #1 buscará la definición de potencia mecánica; el equipo #2 los modelos matemáticos (fórmulas) para resolver los ejercicios; el equipo #3 las unidades de medida de la potencia mecánica en el sistema internacional de unidades (SI); y el equipo #4 las unidades de potencia mecánica en el sistema de unidades inglés.</p> <p>Se seleccionará a una persona de cada equipo para que pase a escribir la información en la pizarra. El docente explicará la información escrita para unificar conocimientos.</p>	25 minutos
Integración o cierre	
<p>Se le solicita a los alumnos que realicen la ADA 4 y se revisa en plenaria su solución para llegar a una conclusión.</p>	10 minutos

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	
DESEMPEÑO	PRODUCTO
Participa activamente en forma colaborativa y escucha opiniones en un ambiente de tolerancia y respeto.	Entrega de la ADA 4 correctamente resuelta.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y/O INTERNET
<p>Bibliografía:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tippens, P. (2010). Física y Aplicaciones. Editorial Mc Graw Hill. México. • Pérez, H. (2010). Física General. Editorial Patria. México. • García, E. & Domínguez, G. (2015). Física 2. Editorial Pearson. México.

TAREA
Entrar a la siguiente dirección: https://www.youtube.com/watch?v=KGqIc-xccDY , observar y estudiar la solución del ejercicio.

Plan de sesión No. 04

Asignatura: Física II Nivel: Medio superior Semestre: Cuarto Bloque: I

Tiempo estimado: 45 minutos Tema: Potencia mecánica Fecha: _____

UNIDADES DE COMPETENCIA	
Principal (es) competencia (s) disciplinar (es) y atributos fundamentales de las competencias genéricas.	
Competencias genéricas (Atributos):	Competencias disciplinares.
<ul style="list-style-type: none">• Expresa ideas y conceptos mediante representaciones lingüísticas, matemáticas o gráficas.• Sigue instrucciones y procedimientos de manera reflexiva, comprendiendo cómo cada uno de sus pasos contribuye al alcance de un objetivo.• Estructura ideas y argumentos de manera clara, coherente y sintética.	<ul style="list-style-type: none">• Identifica problemas, formula preguntas de carácter científico y plantea las hipótesis necesarias para responderlas.• Hace explícitas las nociones científicas que sustentan los procesos para la solución de problemas cotidianos.

Objetivo de aprendizaje:

Al finalizar la sesión, el alumno identificará las variables en los modelos matemáticos para resolver problemas relacionados con la potencia mecánica.

CONTENIDOS PRINCIPALES	
<p>Tema. Potencia mecánica.</p> <p>Subtema (s).</p> <ul style="list-style-type: none">• Definición de potencia mecánica.• Unidades de potencia mecánica en el SI (Sistema Internacional de Unidades) y otros sistemas.	<p>Resumen.</p> <p>La práctica en la solución de problemas de potencia mecánica beneficia al alumno para adquirir la habilidad en la toma de decisiones en donde sea necesario aplicar los fundamentos teóricos estudiados. Así mismo, lo prepara para el campo laboral en alguna organización u empresa donde pueda implementar una mejora en el desempeño de sus labores.</p>

RECURSOS DIDÁCTICOS

- **Pizarra.**
- **Plumones.**
- **Material impreso.**
- **Actividades de aprendizaje.**
- **Calculadora científica.**

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE

Introducción	Tiempo
Se presentan en la pizarra la definición de potencia mecánica y sus modelos matemáticos.	10 minutos
Desarrollo	
Se exponen en la pizarra al menos tres ejercicios de ejemplo sobre potencia mecánica y sus aplicaciones.	30 minutos
Integración o cierre	
Se retroalimenta lo visto en clase y se deja la ADA 5 de tarea.	5 minutos

CRITERIOS DE EVALUACIÓN

DESEMPEÑO	PRODUCTO
Reflexiona sobre la importancia de la potencia mecánica y sus aplicaciones.	Ejercicios de ejemplo resueltos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y/O INTERNET

Bibliografía:

- Tippens, P. (2010). Física y Aplicaciones. Editorial Mc Graw Hill. México.
- Pérez, H. (2010). Física General. Editorial Patria. México.
- García, E. & Domínguez, G. (2015). Física 2. Editorial Pearson. México.

TAREA

Resuelva la ADA 5.

Plan de sesión No. 05

Asignatura: Física II Nivel: Medio superior Semestre: Cuarto Bloque: I

Tiempo estimado: 45 minutos Tema: Potencia mecánica Fecha: _____

UNIDADES DE COMPETENCIA	
Principal (es) competencia (s) disciplinar (es) y atributos fundamentales de las competencias genéricas.	
Competencias genéricas (Atributos):	Competencias disciplinares.
<ul style="list-style-type: none">• Expresa ideas y conceptos mediante representaciones lingüísticas, matemáticas o gráficas.• Sigue instrucciones y procedimientos de manera reflexiva, comprendiendo cómo cada uno de sus pasos contribuye al alcance de un objetivo.• Estructura ideas y argumentos de manera clara, coherente y sintética.	<ul style="list-style-type: none">• Identifica problemas, formula preguntas de carácter científico y plantea las hipótesis necesarias para responderlas.• Hace explícitas las nociones científicas que sustentan los procesos para la solución de problemas cotidianos.

Objetivo de aprendizaje:

Al finalizar la sesión, el alumno resolverá problemas relacionados con la potencia mecánica, haciendo uso correcto de los modelos matemáticos, para aplicarlo a su vida cotidiana.

CONTENIDOS PRINCIPALES	
<p>Tema. Potencia mecánica.</p> <p>Subtema (s).</p> <ul style="list-style-type: none">• Definición de potencia mecánica.• Unidades de potencia mecánica en el SI (Sistema Internacional de Unidades) y otros sistemas.	<p>Resumen.</p> <p>La práctica en la solución de problemas de potencia mecánica beneficia al alumno para adquirir la habilidad en la toma de decisiones en donde sea necesario aplicar los fundamentos teóricos estudiados. Así mismo, lo prepara para el campo laboral en alguna organización u empresa donde pueda implementar una mejora en el desempeño de sus labores.</p>

RECURSOS DIDÁCTICOS

- **Pizarra.**
- **Plumones.**
- **Material impreso.**
- **Actividades de aprendizaje.**
- **Calculadora científica.**

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE

Introducción	Tiempo
Se retoman conocimientos previos de potencia mecánica.	5 minutos
Desarrollo	
Los alumnos le solicitan al maestro que resuelva dos problemas de la ADA 5 y posteriormente los alumnos resolverán los demás frente al grupo.	30 minutos
Integración o cierre	
Se retroalimentan las actividades y se cierra con la mención de las aplicaciones de la potencia mecánica.	5 minutos

CRITERIOS DE EVALUACIÓN

DESEMPEÑO	PRODUCTO
Es reflexivo, pregunta dudas y genera soluciones a los problemas.	Entrega la ADA 5 resuelta.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y/O INTERNET

Bibliografía:

- Tippens, P. (2010). Física y Aplicaciones. Editorial Mc Graw Hill. México.
- Pérez, H. (2010). Física General. Editorial Patria. México.
- García, E. & Domínguez, G. (2015). Física 2. Editorial Pearson. México.

TAREA

Lee el tema de energía que se encuentra en tu guía didáctica de la pág. 18 a la 21.

Plan de sesión No. 06

Asignatura: Física II Nivel: Medio superior Semestre: Cuarto Bloque: I

Tiempo estimado: 45 minutos Tema: Energía Fecha: _____

UNIDADES DE COMPETENCIA	
Principal (es) competencia (s) disciplinar (es) y atributos fundamentales de las competencias genéricas.	
Competencias genéricas (Atributos):	Competencias disciplinares.
<ul style="list-style-type: none">• Expresa ideas y conceptos mediante representaciones lingüísticas, matemáticas o gráficas.• Sigue instrucciones y procedimientos de manera reflexiva, comprendiendo cómo cada uno de sus pasos contribuye al alcance de un objetivo.• Estructura ideas y argumentos de manera clara, coherente y sintética.	<ul style="list-style-type: none">• Fundamenta opiniones sobre los impactos de la ciencia y la tecnología en su vida cotidiana, asumiendo consideraciones éticas.• Valora las preconcepciones personales o comunes sobre diversos fenómenos naturales a partir de evidencias científicas.

Objetivo de aprendizaje:

Al finalizar la sesión, el alumno identificará los diferentes tipos de energía y sus fuentes, así como las transformaciones que esta sufre, a partir de ejemplos reales de la vida cotidiana, para valorar su uso y fomentar su ahorro.

CONTENIDOS PRINCIPALES	
<p>Tema. Energía.</p> <p>Subtema (s).</p> <ul style="list-style-type: none">• Definición de energía.• Tipos de energía.• Energía cinética.• Energía potencial gravitacional.	<p>Resumen.</p> <p>Los seres humanos obtenemos energía de los alimentos que consumimos. Esta energía se almacena, se transforma y por último se utiliza como combustible para llevar a cabo muchas funciones básicas de nuestro organismo. Gracias a la energía, nuestros músculos tienen movimiento, los huesos se fortalecen y podemos realizar muchas actividades. Algo de esta energía es liberada en forma de calor para así mantener la temperatura del cuerpo.</p>

RECURSOS DIDÁCTICOS

- Laptop.
- Cañón.
- Bocinas multimedia.
- Video: https://www.youtube.com/watch?v=F_898D2ffic
- Material impreso.

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE

Introducción	Tiempo
Se presenta el tema a trabajar con las preguntas: ¿qué es la energía?, ¿puede existir trabajo sin energía? Se discuten.	10 minutos
Desarrollo	
Se expone el video sobre energía, fuentes de energía y sus transformaciones y se presta atención al contenido.	28 minutos
Integración o cierre	
Se concluye respondiendo las preguntas iniciales y se marca responder extra clase la actividad de aprendizaje del video.	7 minutos

CRITERIOS DE EVALUACIÓN

DESEMPEÑO	PRODUCTO
Identifica los tipos de energía que utiliza de manera cotidiana.	ADA 6.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y/O INTERNET

Bibliografía:

- Tippens, P. (2010). Física y Aplicaciones. Editorial Mc Graw Hill. México.
- Pérez, H. (2010). Física General. Editorial Patria. México.
- García, E. & Domínguez, G. (2015). Física 2. Editorial Pearson. México.

Sitio de internet:

- https://www.youtube.com/watch?v=F_898D2ffic

TAREA

Con base al video presentado, realiza la ADA 6.

Plan de sesión No. 07

Asignatura: Física II Nivel: Medio superior Semestre: Cuarto Bloque: I

Tiempo estimado: 45 minutos Tema: Energía Fecha: _____

UNIDADES DE COMPETENCIA	
Principal (es) competencia (s) disciplinar (es) y atributos fundamentales de las competencias genéricas.	
Competencias genéricas (Atributos):	Competencias disciplinares.
<ul style="list-style-type: none">• Expresa ideas y conceptos mediante representaciones lingüísticas, matemáticas o gráficas.• Sigue instrucciones y procedimientos de manera reflexiva, comprendiendo cómo cada uno de sus pasos contribuye al alcance de un objetivo.• Estructura ideas y argumentos de manera clara, coherente y sintética.	<ul style="list-style-type: none">• Fundamenta opiniones sobre los impactos de la ciencia y la tecnología en su vida cotidiana, asumiendo consideraciones éticas.• Valora las preconcepciones personales o comunes sobre diversos fenómenos naturales a partir de evidencias científicas.

Objetivo de aprendizaje:

Al finalizar la sesión, el alumno analizará las transformaciones que sufre la energía desde su fuente de obtención hasta su utilización final, para comprender cómo pasa de una forma a otra.

CONTENIDOS PRINCIPALES	
<p>Tema. Energía.</p> <p>Subtema (s).</p> <ul style="list-style-type: none">• Definición de energía.• Tipos de energía.• Energía cinética.• Energía potencial gravitacional.	<p>Resumen.</p> <p>Entender cómo la energía se transforma es fundamental si deseamos saber cómo usarla racionalmente y aprovechar al máximo los recursos de los que disponemos.</p>

RECURSOS DIDÁCTICOS

- **Pizarra.**
- **Plumones.**
- **Material impreso.**

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE

Introducción	Tiempo
Se revisa la ADA 6 en plenaria y se discuten las respuestas.	18 minutos
Desarrollo	
Se les solicita a los alumnos que realicen la ADA 7 y se revisará en forma de coevaluación.	17 minutos
Integración o cierre	
Se concluye revisando la actividad en plenaria.	10 minutos

CRITERIOS DE EVALUACIÓN

DESEMPEÑO	PRODUCTO
Analiza las transformaciones de la energía.	Entrega la ADA 7.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y/O INTERNET

Bibliografía:

- Tippens, P. (2010). Física y Aplicaciones. Editorial Mc Graw Hill. México.
- Pérez, H. (2010). Física General. Editorial Patria. México.
- García, E. & Domínguez, G. (2015). Física 2. Editorial Pearson. México.

TAREA

Elaborar un cartel sobre el uso de los diferentes tipos de energía: solar, eléctrica, eólica, hidráulica, atómica, térmica, química y mecánica.

El grupo se dividirá en 8 equipos y se sortearán los tipos de energía. Cada equipo expondrá en plenaria su cartel y dispondrá de 4 minutos para hacerlo.

Plan de sesión No. **08**

Asignatura: **Física II** Nivel: **Medio superior** Semestre: **Cuarto** Bloque: **I**

Tiempo estimado: **45 minutos** Tema: **Energía** Fecha: _____

UNIDADES DE COMPETENCIA	
Principal (es) competencia (s) disciplinar (es) y atributos fundamentales de las competencias genéricas.	
Competencias genéricas (Atributos):	Competencias disciplinares.
<ul style="list-style-type: none">• Expresa ideas y conceptos mediante representaciones lingüísticas, matemáticas o gráficas.• Sigue instrucciones y procedimientos de manera reflexiva, comprendiendo cómo cada uno de sus pasos contribuye al alcance de un objetivo.• Estructura ideas y argumentos de manera clara, coherente y sintética.	<ul style="list-style-type: none">• Fundamenta opiniones sobre los impactos de la ciencia y la tecnología en su vida cotidiana, asumiendo consideraciones éticas.• Valora las preconcepciones personales o comunes sobre diversos fenómenos naturales a partir de evidencias científicas.

Objetivo de aprendizaje:

Al finalizar la sesión, el alumno diferenciará los tipos de energía, para valorar su obtención y cuidar los recursos naturales.

CONTENIDOS PRINCIPALES	
<p>Tema. Energía.</p> <p>Subtema (s).</p> <ul style="list-style-type: none">• Definición de energía.• Tipos de energía.• Energía cinética.• Energía potencial gravitacional.	<p>Resumen. Entender cómo la energía se transforma es fundamental si deseamos saber cómo usarla racionalmente y aprovechar al máximo los recursos de los que disponemos.</p>

RECURSOS DIDÁCTICOS

- Pizarra.
- Plumones.
- Cartel.

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE

Introducción	Tiempo
Se solicita a los alumnos que se integren en los equipos acordados para la exposición de sus carteles.	5 minutos
Desarrollo	
Los equipos pasarán a exponer sus carteles.	32 minutos
Integración o cierre	
Se concluye repasando los tipos de energía y sus conceptos.	8 minutos

CRITERIOS DE EVALUACIÓN

DESEMPEÑO	PRODUCTO
Diferencia los tipos de energía.	Entrega el cartel (ADA 8).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y/O INTERNET

Bibliografía:

- Tippens, P. (2010). Física y Aplicaciones. Editorial Mc Graw Hill. México.
- Pérez, H. (2010). Física General. Editorial Patria. México.
- García, E. & Domínguez, G. (2015). Física 2. Editorial Pearson. México.

TAREA

Ingresa a las siguientes direcciones y repasa los conceptos de energía cinética y energía potencial gravitacional.

- Energía cinética: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/ke.html>
- Energía potencial gravitacional: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/gpot.html>

Plan de sesión No. 09

Asignatura: Física II Nivel: Medio superior Semestre: Cuarto Bloque: I

Tiempo estimado: 45 minutos Tema: Energía Fecha: _____

UNIDADES DE COMPETENCIA	
Principal (es) competencia (s) disciplinar (es) y atributos fundamentales de las competencias genéricas.	
Competencias genéricas (Atributos):	Competencias disciplinares.
<ul style="list-style-type: none">• Expresa ideas y conceptos mediante representaciones lingüísticas, matemáticas o gráficas.• Sigue instrucciones y procedimientos de manera reflexiva, comprendiendo cómo cada uno de sus pasos contribuye al alcance de un objetivo.• Estructura ideas y argumentos de manera clara, coherente y sintética.	<ul style="list-style-type: none">• Identifica problemas, formula preguntas de carácter científico y plantea las hipótesis necesarias para responderlas.• Valora las preconcepciones personales o comunes sobre diversos fenómenos naturales a partir de evidencias científicas.

Objetivo de aprendizaje:

Al finalizar la sesión, el alumno explicará cuando tiene energía potencial gravitacional o energía cinética un objeto, tomando en consideración la posición de los objetos, para aplicar su conocimiento en situaciones concretas.

CONTENIDOS PRINCIPALES	
<p>Tema. Energía.</p> <p>Subtema (s).</p> <ul style="list-style-type: none">• Definición de energía.• Tipos de energía.• Energía cinética.• Energía potencial gravitacional.	<p>Resumen.</p> <p>Las energías cinéticas y potenciales gravitacionales son esenciales en el funcionamiento de muchos objetos que conocemos hoy en día. La aplicación de estos tipos de energía nos facilitan mucho las tareas que comúnmente realizamos en nuestro hogar, por ejemplo, cuando martillamos para clavar un clavo en una pared, tendemos a alejar lo suficiente el martillo del clavo para golpearlo con más fuerza, es así como empleamos la energía potencial que se transforma en energía cinética.</p>

RECURSOS DIDÁCTICOS

- **Pizarra.**
- **Plumones.**
- **Pelota de futbolito de masa conocida.**
- **Pelota de béisbol de masa conocida.**
- **Pelota de softbol de masa conocida.**
- **Seis barras de plastilina.**
- **Flexómetro.**
- **Báscula (si no se conoce la masa de las pelotas).**

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE

Introducción	Tiempo
Se toman tres barras de plastilina y se colocan pegadas a la pared con una separación mínima de 30 cm entre cada una. Encima de cada barra de plastilina a una altura de 2 m o más si es posible, se colocan las tres pelotas a la misma altura (solicitar ayuda de los alumnos) y se hace la pregunta detonadora: ¿Cuál de las tres pelotas dejará una mayor marca en la plastilina? ¿Por qué?	10 minutos
Desarrollo	
Se realiza la actividad dejando caer las pelotas una a una y se observan las marcas en la barra de plastilina. Se explica por qué las marcas quedan con diferentes profundidades. Se exponen en la pizarra los conceptos de energías cinética y potencial gravitacional, así como los modelos matemáticos de cada uno de ellos. Se realiza el cálculo de las energías potenciales de cada una de las pelotas a la misma altura, pero con diferente masa.	30 minutos
Integración o cierre	
Se concluye la clase recordando los conceptos estudiados.	5 minutos

CRITERIOS DE EVALUACIÓN

DESEMPEÑO	PRODUCTO
Explica los conceptos de energía cinética y energía potencial gravitacional; responde cuestionamientos de carácter científico.	Apuntes de la actividad experimental.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y/O INTERNET

Bibliografía:

- Tippens, P. (2010). Física y Aplicaciones. Editorial Mc Graw Hill. México.
- Pérez, H. (2010). Física General. Editorial Patria. México.
- García, E. & Domínguez, G. (2015). Física 2. Editorial Pearson. México.

TAREA

Plan de sesión No. 10

Asignatura: Física II Nivel: Medio superior Semestre: Cuarto Bloque: I

Tiempo estimado: 45 minutos Tema: Energía Fecha: _____

UNIDADES DE COMPETENCIA	
Principal (es) competencia (s) disciplinar (es) y atributos fundamentales de las competencias genéricas.	
Competencias genéricas (Atributos):	Competencias disciplinares.
<ul style="list-style-type: none">• Expresa ideas y conceptos mediante representaciones lingüísticas, matemáticas o gráficas.• Sigue instrucciones y procedimientos de manera reflexiva, comprendiendo cómo cada uno de sus pasos contribuye al alcance de un objetivo.• Estructura ideas y argumentos de manera clara, coherente y sintética.	<ul style="list-style-type: none">• Identifica problemas, formula preguntas de carácter científico y plantea las hipótesis necesarias para responderlas.• Valora las preconcepciones personales o comunes sobre diversos fenómenos naturales a partir de evidencias científicas.

Objetivo de aprendizaje:

Al finalizar la sesión, el alumno calculará las energías cinética y potencial en situaciones diversas.

CONTENIDOS PRINCIPALES	
<p>Tema. Energía.</p> <p>Subtema (s).</p> <ul style="list-style-type: none">• Definición de energía.• Tipos de energía.• Energía cinética.• Energía potencial gravitacional.	<p>Resumen.</p> <p>El cálculo de las energías cinética y potencial sirve de base para la formación de profesionales en las distintas áreas educativas, así como formación personal en la toma de decisiones.</p>

RECURSOS DIDÁCTICOS
<ul style="list-style-type: none">• Pizarra.• Plumones.• Material impreso.• Calculadora científica.

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE

Introducción	Tiempo
Se toman conocimientos previos sobre los tipos de energía y sus modelos matemáticos.	10 minutos
Desarrollo	
Se resuelven ejercicios de ejemplo.	30 minutos
Integración o cierre	
Se retroalimenta la actividad para resolver dudas.	5 minutos

CRITERIOS DE EVALUACIÓN

DESEMPEÑO	PRODUCTO
Reflexiona acerca de la solución de problemas de energía cinética y energía potencial gravitacional y diferencia los tipos de energía.	Ejercicios resueltos de ejemplo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y/O INTERNET

Bibliografía:

- Tippens, P. (2010). Física y Aplicaciones. Editorial Mc Graw Hill. México.
- Pérez, H. (2010). Física General. Editorial Patria. México.
- García, E. & Domínguez, G. (2015). Física 2. Editorial Pearson. México.

TAREA

Resolver la ADA 9.

Plan de sesión No. 11

Asignatura: Física II Nivel: Medio superior Semestre: Cuarto Bloque: I

Tiempo estimado: 45 minutos Tema: Energía Fecha: _____

UNIDADES DE COMPETENCIA	
Principal (es) competencia (s) disciplinar (es) y atributos fundamentales de las competencias genéricas.	
Competencias genéricas (Atributos):	Competencias disciplinares.
<ul style="list-style-type: none">• Expresa ideas y conceptos mediante representaciones lingüísticas, matemáticas o gráficas.• Sigue instrucciones y procedimientos de manera reflexiva, comprendiendo cómo cada uno de sus pasos contribuye al alcance de un objetivo.• Estructura ideas y argumentos de manera clara, coherente y sintética.	<ul style="list-style-type: none">• Identifica problemas, formula preguntas de carácter científico y plantea las hipótesis necesarias para responderlas.• Valora las preconcepciones personales o comunes sobre diversos fenómenos naturales a partir de evidencias científicas.

Objetivo de aprendizaje:

Al finalizar la sesión, el alumno resolverá problemas que impliquen a las energías cinética y potencial en situaciones diversas.

CONTENIDOS PRINCIPALES	
<p>Tema. Energía.</p> <p>Subtema (s).</p> <ul style="list-style-type: none">• Definición de energía.• Tipos de energía.• Energía cinética.• Energía potencial gravitacional.	<p>Resumen.</p> <p>El cálculo de las energías cinética y potencial sirve de base para la formación de profesionales en las distintas áreas educativas, así como formación personal en la toma de decisiones.</p>

RECURSOS DIDÁCTICOS
<ul style="list-style-type: none">• Pizarra.• Plumones.• Material impreso.• Calculadora científica.

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE

Introducción	Tiempo
Se retoman los conceptos de energía cinética y potencial.	5 minutos
Desarrollo	
Los alumnos pasan a resolver algunos ejercicios frente a grupo y se explican las soluciones.	30 minutos
Integración o cierre	
Se retroalimentan las aplicaciones de las energías y se dan los resultados de los ejercicios.	10 minutos

CRITERIOS DE EVALUACIÓN

DESEMPEÑO	PRODUCTO
Resuelve problemas de energía cinética y energía potencial gravitacional y diferencia los tipos de energía.	Entrega la ADA 9 resuelta.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y/O INTERNET

Bibliografía:

- Tippens, P. (2010). Física y Aplicaciones. Editorial Mc Graw Hill. México.
- Pérez, H. (2010). Física General. Editorial Patria. México.
- García, E. & Domínguez, G. (2015). Física 2. Editorial Pearson. México.

TAREA

Leer las páginas 24 y 25 de la guía de física.

Plan de sesión No. 12

Asignatura: Física II Nivel: Medio superior Semestre: Cuarto Bloque: I

Tiempo estimado: 45 minutos Tema: Conservación de la energía Fecha: _____

UNIDADES DE COMPETENCIA	
Principal (es) competencia (s) disciplinar (es) y atributos fundamentales de las competencias genéricas.	
Competencias genéricas (Atributos):	Competencias disciplinares.
<ul style="list-style-type: none">• Expresa ideas y conceptos mediante representaciones lingüísticas, matemáticas o gráficas.• Sigue instrucciones y procedimientos de manera reflexiva, comprendiendo cómo cada uno de sus pasos contribuye al alcance de un objetivo.• Estructura ideas y argumentos de manera clara, coherente y sintética.	<ul style="list-style-type: none">• Identifica problemas, formula preguntas de carácter científico y plantea las hipótesis necesarias para responderlas.• Hace explícitas las nociones científicas que sustentan los procesos para la solución de problemas cotidianos.

Objetivo de aprendizaje:

Al finalizar la sesión, el alumno aplicará los fundamentos teóricos sobre la conservación de la energía mecánica en la solución de problemas prácticos.

CONTENIDOS PRINCIPALES	
Tema. Conservación de la energía mecánica.	Resumen. En la mayoría de los casos, la masa del cuerpo se mantiene constante, por tanto, el cambio en la energía cinética depende del cambio en la velocidad. A un aumento o disminución de la velocidad, corresponde un aumento o disminución de la energía cinética.
Subtema (s).	

RECURSOS DIDÁCTICOS
<ul style="list-style-type: none">• Pizarra.• Plumones.• Material impreso.• Calculadora científica.

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE	
Introducción	Tiempo
Se explica el tema de la conservación de la energía mecánica y se presenta un ejercicio de ejemplo.	10 minutos
Desarrollo	
Se solicita a los alumnos que realicen la actividad #10 y se acompaña durante la clase a los estudiantes en la solución de dudas.	15 minutos
Integración o cierre	
Se solicita a dos estudiantes que pasen a la pizarra para resolver los problemas y se concluye la clase.	20 minutos

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	
DESEMPEÑO	PRODUCTO
Resuelve problemas de conservación de la energía mecánica.	Entrega la ADA 10 resuelta.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y/O INTERNET
Bibliografía: <ul style="list-style-type: none"> • Tippens, P. (2010). Física y Aplicaciones. Editorial Mc Graw Hill. México. • Pérez, H. (2010). Física General. Editorial Patria. México. • García, E. & Domínguez, G. (2015). Física 2. Editorial Pearson. México.

TAREA
Resolver los ejercicios propuestos por el docente.

Plan de sesión No. 13

Asignatura: Física II Nivel: Medio superior Semestre: Cuarto Bloque: I

Tiempo estimado: 45 minutos Tema: Conservación de la energía Fecha: _____

UNIDADES DE COMPETENCIA	
Principal (es) competencia (s) disciplinar (es) y atributos fundamentales de las competencias genéricas.	
Competencias genéricas (Atributos):	Competencias disciplinares.
<ul style="list-style-type: none">• Expresa ideas y conceptos mediante representaciones lingüísticas, matemáticas o gráficas.• Sigue instrucciones y procedimientos de manera reflexiva, comprendiendo cómo cada uno de sus pasos contribuye al alcance de un objetivo.• Estructura ideas y argumentos de manera clara, coherente y sintética.	<ul style="list-style-type: none">• Identifica problemas, formula preguntas de carácter científico y plantea las hipótesis necesarias para responderlas.• Hace explícitas las nociones científicas que sustentan los procesos para la solución de problemas cotidianos.

Objetivo de aprendizaje:

Al finalizar la sesión, el alumno aplicará los fundamentos teóricos sobre la conservación de la energía mecánica en la solución de problemas prácticos.

CONTENIDOS PRINCIPALES	
Tema. Conservación de la energía mecánica.	Resumen. En la mayoría de los casos, la masa del cuerpo se mantiene constante, por tanto, el cambio en la energía cinética depende del cambio en la velocidad. A un aumento o disminución de la velocidad, corresponde un aumento o disminución de la energía cinética.
Subtema (s).	

RECURSOS DIDÁCTICOS
<ul style="list-style-type: none">• Pizarra.• Plumones.• Material impreso.• Calculadora científica.

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE

Introducción	Tiempo
Se explica el tema de la conservación de la energía mecánica y se presenta un ejercicio de ejemplo.	10 minutos
Desarrollo	
Se solicita a los alumnos que realicen la ADA 10 y se acompaña durante la clase a los estudiantes en la solución de dudas.	15 minutos
Integración o cierre	
Se solicita a dos estudiantes que pasen a la pizarra para resolver los problemas y se concluye la clase.	20 minutos

CRITERIOS DE EVALUACIÓN

DESEMPEÑO	PRODUCTO
Resuelve problemas de conservación de la energía mecánica.	Entrega la ADA 10 resuelta.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y/O INTERNET

Bibliografía:

- Tippens, P. (2010). Física y Aplicaciones. Editorial Mc Graw Hill. México.
- Pérez, H. (2010). Física General. Editorial Patria. México.
- García, E. & Domínguez, G. (2015). Física 2. Editorial Pearson. México.

TAREA

Ingresar a la siguiente dirección: <https://sites.google.com/site/487tecnologia1/5---hidraulica> y repasa los conceptos de hidráulica y su división.

Plan de sesión No. 14

Asignatura: Física II Nivel: Medio superior Semestre: Cuarto Bloque: I

Tiempo estimado: 45 minutos Tema: Hidráulica y su división Fecha: _____

UNIDADES DE COMPETENCIA	
Principal (es) competencia (s) disciplinar (es) y atributos fundamentales de las competencias genéricas.	
Competencias genéricas (Atributos):	Competencias disciplinares.
<ul style="list-style-type: none">• Expresa ideas y conceptos mediante representaciones lingüísticas, matemáticas o gráficas.• Maneja las tecnologías de la información y la comunicación para obtener información y expresar ideas.• Ordena información de acuerdo a categorías, jerarquías y relaciones.• Elige fuentes de información confiable.• Estructura ideas y argumentos de manera clara, coherente y sintética.	<ul style="list-style-type: none">• Identifica problemas, formula preguntas de carácter científico y plantea las hipótesis necesarias para responderlas.• Valora las preconcepciones personales o comunes sobre diversos fenómenos naturales a partir de evidencias científicas.

Objetivo de aprendizaje:

Al finalizar la sesión, el alumno elaborará un mapa conceptual de acuerdo a la división de la hidráulica, con la finalidad de valorar cómo las aplicaciones de esta rama de la física nos permiten tener una mejor calidad de vida.

CONTENIDOS PRINCIPALES	
<p>Tema. Hidráulica.</p> <p>Subtema (s). División de la hidráulica. Características de los líquidos. Densidad o masa específica. Peso específico o gravedad específica.</p>	<p>Resumen. La hidráulica es la rama de la física que tiene que ver con el estudio de los fluidos. Cuando hablamos de fluidos, nos referimos tanto aquellos que están en reposo como los que están en movimiento. Esta área de la física nos permite entre muchas cosas entender el comportamiento de los fluidos en diversas situaciones y así aprovechar los recursos con que se cuenten.</p>

RECURSOS DIDÁCTICOS

- **Pizarra.**
- **Plumones.**
- **Material impreso.**
- **Teléfono celular, tableta, o computadora.**
- **Papel bond cuadriculado. (2 piezas)**
- **Plumones permanentes.**
- **Cinta adhesiva tipo papel (tape).**

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE

Introducción	Tiempo
Se introduce al tema exponiendo las actividades que realizarán en la clase.	8 minutos
Desarrollo	
Se solicita a los alumnos que formen equipos de 4 integrantes para que busquen los conceptos de: hidráulica, hidrostática, hidrodinámica, fluido, fluido compresible, fluido incompresible, características de los líquidos (fluidos incompresibles) como: viscosidad, adherencia, capilaridad, tensión superficial, cohesión; características de los gases (fluido compresible) y con base a la información obtenida, elaborarán un mapa conceptual en donde se establezcan los conceptos antes mencionados.	20 minutos
Integración o cierre	
Se seleccionarán dos equipos al azar y pasarán a exponer su mapa, para retroalimentar a los demás equipos.	17 minutos

CRITERIOS DE EVALUACIÓN

DESEMPEÑO	PRODUCTO
Participa colaborativamente, se integra en el trabajo de equipo y explica con fundamento los conceptos vistos.	Entrega la ADA 11 resuelta (rotafolio con mapa conceptual).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y/O INTERNET

Bibliografía:

- Tippens, P. (2010). Física y Aplicaciones. Editorial Mc Graw Hill. México.
- Pérez, H. (2010). Física General. Editorial Patria. México.
- García, E. & Domínguez, G. (2015). Física 2. Editorial Pearson. México.

TAREA

En equipos de trabajo, diseñarán experimentos para demostrar las características de los líquidos (ADA 12).

Plan de sesión No. 15

Asignatura: Física II **Nivel:** Medio superior **Semestre:** Cuarto **Bloque:** I
Tiempo estimado: 45 minutos **Tema:** Características de los líquidos **Fecha:** _____

UNIDADES DE COMPETENCIA	
Principal (es) competencia (s) disciplinar (es) y atributos fundamentales de las competencias genéricas.	
Competencias genéricas (Atributos):	Competencias disciplinares.
<ul style="list-style-type: none">• Expresa ideas y conceptos mediante representaciones lingüísticas, matemáticas o gráficas.• Sigue instrucciones y procedimientos de manera reflexiva, comprendiendo cómo cada uno de sus pasos contribuye al alcance de un objetivo.• Estructura ideas y argumentos de manera clara, coherente y sintética.	<ul style="list-style-type: none">• Identifica problemas, formula preguntas de carácter científico y plantea las hipótesis necesarias para responderlas.• Contrasta los resultados obtenidos en una investigación o experimento con hipótesis previas y comunica sus conclusiones.• Valora las preconcepciones personales o comunes sobre diversos fenómenos naturales a partir de evidencias científicas.

Objetivo de aprendizaje:

Durante la sesión, el alumno demostrará con experimentos las características de los líquidos para facilitar al aprendizaje colectivo de sus compañeros de grupo.

CONTENIDOS PRINCIPALES	
<p>Tema. Hidráulica.</p> <p>Subtema (s). División de la hidráulica. Características de los líquidos. Densidad o masa específica. Peso específico o gravedad específica.</p>	<p>Resumen. Los líquidos también conocidos como fluidos incompresibles, tienen características propias que los identifican, como son: viscosidad, tensión superficial, capilaridad, adherencia y fuerza de cohesión; en cambio los gases poseen características distintas a los líquidos, pero en esta sesión nos centraremos a demostrar experimentalmente las características de los líquidos.</p>

RECURSOS DIDÁCTICOS

- Laboratorio.
- Recursos diversos.
- Cámara de video.

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE

Introducción	Tiempo
Se solicita a los equipos de alumnos que preparen sus materiales para realizar la demostración experimental de las características de los fluidos.	5 minutos
Desarrollo	
Se lleva a cabo la demostración experimental y mientras tanto se graban las demostraciones para contar con evidencia y poder retroalimentar.	25 minutos
Integración o cierre	
Se finaliza la sesión solicitando otros ejemplos de la vida cotidiana de las características de los líquidos.	15 minutos

CRITERIOS DE EVALUACIÓN

DESEMPEÑO	PRODUCTO
Ilustra la característica del líquido asignado.	Entrega la ADA 12.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y/O INTERNET

Bibliografía:

- Tippens, P. (2010). Física y Aplicaciones. Editorial Mc Graw Hill. México.
- Pérez, H. (2010). Física General. Editorial Patria. México.
- García, E. & Domínguez, G. (2015). Física 2. Editorial Pearson. México.

TAREA

Repasa los conceptos de densidad y peso específico en la siguiente dirección:

<http://www.fisicapractica.com/densidad.php>

Posterior a ello, observa el siguiente video:

<https://www.youtube.com/watch?v=4DXRk3j036I>

Plan de sesión No. 16

Asignatura: Física II **Nivel:** Medio superior **Semestre:** Cuarto **Bloque:** I
Tiempo estimado: 45 minutos **Tema:** Características de los líquidos **Fecha:** _____

UNIDADES DE COMPETENCIA	
Principal (es) competencia (s) disciplinar (es) y atributos fundamentales de las competencias genéricas.	
Competencias genéricas (Atributos):	Competencias disciplinares.
<ul style="list-style-type: none">• Expresa ideas y conceptos mediante representaciones lingüísticas, matemáticas o gráficas.• Sigue instrucciones y procedimientos de manera reflexiva, comprendiendo cómo cada uno de sus pasos contribuye al alcance de un objetivo.• Estructura ideas y argumentos de manera clara, coherente y sintética.	<ul style="list-style-type: none">• Identifica problemas, formula preguntas de carácter científico y plantea las hipótesis necesarias para responderlas.• Hace explícitas las nociones científicas que sustentan los procesos para la solución de problemas cotidianos.

Objetivo de aprendizaje:

Al finalizar la sesión, el alumno reconocerá las características de los líquidos, por medio del uso correcto de los modelos matemáticos, aplicados a fenómenos observables en la vida cotidiana.

CONTENIDOS PRINCIPALES	
Tema. Hidráulica. Subtema (s). División de la hidráulica. Características de los líquidos. Densidad o masa específica. Peso específico o gravedad específica.	Resumen. Si te hicieran la pregunta: ¿qué pesa más, un litro de agua o un litro de miel? ¿Qué contestarías? Muy probablemente dirías que ambas pesan igual y te habrías equivocado. Porque aun cuando ambas tengan el mismo volumen, el peso es distinto en ambos casos y esto se debe a la densidad de la sustancia.

RECURSOS DIDÁCTICOS

- **Pizarra.**
- **Plumones.**
- **Material impreso.**
- **Calculadora científica.**

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE

Introducción	Tiempo
Se redacta la información a exponer sobre los temas de densidad y peso específico (conceptos, fórmulas y significados de las variables), así como los ejercicios que servirán de ejemplo.	15 minutos
Desarrollo	
Se expone el material escrito en la pizarra, se explica un caso real de utilidad y se resuelven los ejercicios que servirán de ejemplo.	23 minutos
Integración o cierre	
Se recapitulan los aspectos relevantes del tema.	7 minutos

CRITERIOS DE EVALUACIÓN

DESEMPEÑO	PRODUCTO
Valora la utilidad del tema y sus aplicaciones.	Material expuesto por escrito.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y/O INTERNET

Bibliografía:

- Tippens, P. (2010). Física y Aplicaciones. Editorial Mc Graw Hill. México.
- Pérez, H. (2010). Física General. Editorial Patria. México.
- García, E. & Domínguez, G. (2015). Física 2. Editorial Pearson. México.

TAREA

Resolver la actividad de ADA 13.

Plan de sesión No. 17

Asignatura: Física II Nivel: Medio superior Semestre: Cuarto Bloque: I

Tiempo estimado: 45 minutos Tema: Densidad y peso específico Fecha: _____

UNIDADES DE COMPETENCIA	
Principal (es) competencia (s) disciplinar (es) y atributos fundamentales de las competencias genéricas.	
Competencias genéricas (Atributos):	Competencias disciplinares.
<ul style="list-style-type: none">• Expresa ideas y conceptos mediante representaciones lingüísticas, matemáticas o gráficas.• Sigue instrucciones y procedimientos de manera reflexiva, comprendiendo cómo cada uno de sus pasos contribuye al alcance de un objetivo.• Estructura ideas y argumentos de manera clara, coherente y sintética.	<ul style="list-style-type: none">• Identifica problemas, formula preguntas de carácter científico y plantea las hipótesis necesarias para responderlas.• Hace explícitas las nociones científicas que sustentan los procesos para la solución de problemas cotidianos.

Objetivo de aprendizaje:

Al finalizar la sesión, el alumno resolverá problemas de densidad y peso específico, por medio del uso correcto de los modelos matemáticos, aplicados a fenómenos observables en la vida cotidiana.

CONTENIDOS PRINCIPALES	
Tema. Hidráulica.	Resumen. No debe confundirse la diferencia entre masa y gravedad específica, la primera hace referencia a la cantidad de materia que posee una sustancia por unidad de volumen, mientras la otra se refiere al peso por unidad de volumen.
Subtema (s). Densidad o masa específica.	

RECURSOS DIDÁCTICOS
<ul style="list-style-type: none">• Pizarra.• Plumones.• Material impreso.• Calculadora científica.

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE

Introducción	Tiempo
Se solicita a los estudiantes que formen ternas.	2 minutos
Desarrollo	
Se solicita que pase un integrante de cada terna para resolver un ejercicio propuesto por el docente.	28 minutos
Integración o cierre	
Se revisa la ADA 13 dando los resultados y se explican las aplicaciones.	15 minutos

CRITERIOS DE EVALUACIÓN

DESEMPEÑO	PRODUCTO
Valora la utilidad del tema y sus aplicaciones.	Entrega la ADA 13 en equipo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y/O INTERNET

Bibliografía:

- Tippens, P. (2010). Física y Aplicaciones. Editorial Mc Graw Hill. México.
- Pérez, H. (2010). Física General. Editorial Patria. México.
- García, E. & Domínguez, G. (2015). Física 2. Editorial Pearson. México.

TAREA

Leer la información de la siguiente dirección acerca de los tipos de presión:

<http://sitioniche.nichese.com/presion.html>

Plan de sesión No. 18

Asignatura: Física II Nivel: Medio superior Semestre: Cuarto Bloque: I

Tiempo estimado: 45 minutos Tema: Tipos de presión Fecha: _____

UNIDADES DE COMPETENCIA	
Principal (es) competencia (s) disciplinar (es) y atributos fundamentales de las competencias genéricas.	
Competencias genéricas (Atributos):	Competencias disciplinares.
<ul style="list-style-type: none">• Expresa ideas y conceptos mediante representaciones lingüísticas, matemáticas o gráficas.• Estructura ideas y argumentos de manera clara, coherente y sintética.	<ul style="list-style-type: none">• Identifica problemas, formula preguntas de carácter científico y plantea las hipótesis necesarias para responderlas.• Valora las preconcepciones personales o comunes sobre diversos fenómenos naturales a partir de evidencias científicas.

Objetivo de aprendizaje:

Al finalizar la sesión, el alumno diferenciará entre los tipos de presión que existen en su entorno para predecir situaciones que ocurrirían a través de los fenómenos observables.

CONTENIDOS PRINCIPALES	
<p>Tema. Tipos de presión.</p> <p>Subtema (s). Presión superficial. Presión hidrostática. Mediciones de presión.</p>	<p>Resumen. Los tipos de presión son muy importantes para nosotros y el entorno que nos rodea, ya que se encuentran presentes en muchos aspectos de la naturaleza y la vida misma. Cuando estamos de pie ejercemos presión sobre el suelo, cuando nos sumergimos en una piscina el agua ejerce presión sobre nuestro cuerpo y hasta el aire que nos rodea está ejerciendo presión sobre todas las cosas que se encuentran en la Tierra.</p>

RECURSOS DIDÁCTICOS

- **Globos.**
- **Cama de clavos modelo a escala pequeña. (cartulina con chinchetas).**
- **Chinchetas.**
- **Cartulina.**
- **Botella de plástico con agujeros.**
- **Cinta adhesiva.**
- **Agua.**
- **Frasco de vidrio o plástico con boca ancha (aprox. 1.5 cm de diámetro).**
- **Hoja de papel.**
- **Pizarra.**
- **Plumones.**

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE

Introducción	Tiempo
Se escriben en la pizarra los conceptos de presión superficial, hidrostática, atmosférica y sus variantes.	8 minutos
Desarrollo	
Se realizan demostraciones de los tipos de presión y se solicita a los alumnos que resuelvan la ADA 14.	20 minutos
Integración o cierre	
Se concluye con la retroalimentación de lo visto en clase y de los conceptos estudiados.	17 minutos

CRITERIOS DE EVALUACIÓN

DESEMPEÑO	PRODUCTO
Participa atentamente en clase y responde preguntas de carácter científico.	ADA 14.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y/O INTERNET

Bibliografía:

- Tippens, P. (2010). Física y Aplicaciones. Editorial Mc Graw Hill. México.
- Pérez, H. (2010). Física General. Editorial Patria. México.
- García, E. & Domínguez, G. (2015). Física 2. Editorial Pearson. México.

TAREA

Observa los siguientes videos:

- Presión superficial: <https://www.youtube.com/watch?v=XX3iPyK553I>
- Presión hidrostática: https://www.youtube.com/watch?v=S4zAkHA_AkQ
- Presión atmosférica: <https://www.youtube.com/watch?v=u110nSZSZ3U>

Y repasa los conceptos estudiados.

Plan de sesión No. 19

Asignatura: Física II Nivel: Medio superior Semestre: Cuarto Bloque: I

Tiempo estimado: 45 minutos Tema: Presión superficial e hidrostática Fecha: _____

UNIDADES DE COMPETENCIA	
Principal (es) competencia (s) disciplinar (es) y atributos fundamentales de las competencias genéricas.	
Competencias genéricas (Atributos):	Competencias disciplinares.
<ul style="list-style-type: none">• Expresa ideas y conceptos mediante representaciones lingüísticas, matemáticas o gráficas.	<ul style="list-style-type: none">• Identifica problemas, formula preguntas de carácter científico y plantea las hipótesis necesarias para responderlas.• Hace explícitas las nociones científicas que sustentan los procesos para la solución de problemas cotidianos.

Objetivo de aprendizaje:

Al finalizar la sesión, el alumno resolverá mediante el razonamiento lógico de conceptos y modelos matemáticos, problemas relacionados con los diferentes tipos de presión.

CONTENIDOS PRINCIPALES	
<p>Tema. Tipos de presión.</p> <p>Subtema (s). Presión superficial. Presión hidrostática. Mediciones de presión.</p>	<p>Resumen. Los tipos de presión nos permiten comprender cómo funciona la naturaleza en cuanto a los fenómenos naturales y además nos facilita el uso de muchas herramientas que conocemos en la vida cotidiana.</p>

RECURSOS DIDÁCTICOS
<ul style="list-style-type: none">• Material impreso (ejercicios).• Pizarra.• Plumones.• Calculadora científica.

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE	
Introducción	Tiempo
Se induce con la redacción en la pizarra toda la información pertinente a los temas de presión superficial, hidrostática.	10 minutos
Desarrollo	
Se explica un ejercicio de cada tipo de presión y se comienza la realización de la ADA 15 en equipo de 5 integrantes.	20 minutos
Integración o cierre	
Se le solicita al alumno que le mencione al docente el ejercicio que desea resuelva para su deleite.	15 minutos

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	
DESEMPEÑO	PRODUCTO
Participa atentamente en clase y colabora en el trabajo colectivo.	Avance de la ADA 15 en un 50%.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y/O INTERNET
Bibliografía: <ul style="list-style-type: none"> • Tippens, P. (2010). Física y Aplicaciones. Editorial Mc Graw Hill. México. • Pérez, H. (2010). Física General. Editorial Patria. México. • García, E. & Domínguez, G. (2015). Física 2. Editorial Pearson. México.

TAREA
Resolver los ejercicios del 1 al 8 de la ADA 15.

Plan de sesión No. 20

Asignatura: Física II Nivel: Medio superior Semestre: Cuarto Bloque: I

Tiempo estimado: 45 minutos Tema: Mediciones de presión Fecha: _____

UNIDADES DE COMPETENCIA	
Principal (es) competencia (s) disciplinar (es) y atributos fundamentales de las competencias genéricas.	
Competencias genéricas (Atributos):	Competencias disciplinares.
<ul style="list-style-type: none">Expresa ideas y conceptos mediante representaciones lingüísticas, matemáticas o gráficas.	<ul style="list-style-type: none">Identifica problemas, formula preguntas de carácter científico y plantea las hipótesis necesarias para responderlas.Hace explícitas las nociones científicas que sustentan los procesos para la solución de problemas cotidianos.

Objetivo de aprendizaje:

Al finalizar la sesión, el alumno comprenderá la importancia de medir y controlar la presión en diversas situaciones y/o aparatos, con la finalidad de emplear el método más adecuado.

CONTENIDOS PRINCIPALES	
<p>Tema. Tipos de presión.</p> <p>Subtema (s). Presión superficial. Presión hidrostática. Mediciones de presión.</p>	<p>Resumen. Los tipos de presión nos permiten comprender cómo funciona la naturaleza en cuanto a los fenómenos naturales y además nos facilita el uso de muchas herramientas que conocemos en la vida cotidiana.</p>

RECURSOS DIDÁCTICOS
<ul style="list-style-type: none">Material impreso (ejercicios).Pizarra.Plumones.

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE	
Introducción	Tiempo
Se induce con la redacción en la pizarra toda la información pertinente a los temas de mediciones de la presión (conceptos, fórmulas y variables).	15 minutos
Desarrollo	
Se explican los tipos de presión que se controlan, así como los instrumentos adecuados para tal efecto.	20 minutos
Integración o cierre	
Se retroalimenta la ADA.	10 minutos

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	
DESEMPEÑO	PRODUCTO
Participa atentamente en clase y reflexiona con vivencias.	ADA 15 resuelta totalmente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y/O INTERNET
Bibliografía: <ul style="list-style-type: none"> • Tippens, P. (2010). Física y Aplicaciones. Editorial Mc Graw Hill. México. • Pérez, H. (2010). Física General. Editorial Patria. México. • García, E. & Domínguez, G. (2015). Física 2. Editorial Pearson. México.

TAREA
Leer las páginas 39 y 40 del libro de física II de la autora Estelita García.

Plan de sesión No. 21

Asignatura: Física II Nivel: Medio superior Semestre: Cuarto Bloque: I

Tiempo estimado: 45 minutos Tema: Principio de Pascal Fecha: _____

UNIDADES DE COMPETENCIA	
Principal (es) competencia (s) disciplinar (es) y atributos fundamentales de las competencias genéricas.	
Competencias genéricas (Atributos):	Competencias disciplinares.
<ul style="list-style-type: none">• Expresa ideas y conceptos mediante representaciones lingüísticas, matemáticas o gráficas.	<ul style="list-style-type: none">• Identifica problemas, formula preguntas de carácter científico y plantea las hipótesis necesarias para responderlas.• Hace explícitas las nociones científicas que sustentan los procesos para la solución de problemas cotidianos.

Objetivo de aprendizaje:

Al finalizar la sesión, el alumno comprenderá la expresión del principio de pascal con sus propias palabras con la finalidad de explicarlo con sus propias palabras.

CONTENIDOS PRINCIPALES	
Tema. Principio de Pascal.	Resumen. En el siglo XVII, el físico y matemático Blaise Pascal descubrió uno de los principios más importantes de la hidrostática; dicho principio lleva su nombre y tiene muchas aplicaciones en la actualidad.
Subtema (s).	

RECURSOS DIDÁCTICOS
<ul style="list-style-type: none">• Pizarra.• Plumones.

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE	
Introducción	Tiempo
Se retoman conocimientos previos dando a conocer algunos aparatos que funcionen con el principio de Pascal con una lluvia de ideas.	20 minutos
Desarrollo	
Se escribe en la pizarra el principio de Pascal y se explica.	15 minutos
Integración o cierre	
Se le retroalimenta preguntando a los alumnos el principio de Pascal explicado con sus propias palabras.	10 minutos

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	
DESEMPEÑO	PRODUCTO
Participa activamente en clase y aporta opiniones con base al tema.	Muestra el principio de Pascal escrito en su libreta.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y/O INTERNET
Bibliografía: <ul style="list-style-type: none"> • Tippens, P. (2010). Física y Aplicaciones. Editorial Mc Graw Hill. México. • Pérez, H. (2010). Física General. Editorial Patria. México. • García, E. & Domínguez, G. (2015). Física 2. Editorial Pearson. México.

TAREA
Leer las páginas 39 y 40 del libro de física II de la autora Estelita García hasta antes del principio de Arquímedes.

Plan de sesión No. 22

Asignatura: Física II Nivel: Medio superior Semestre: Cuarto Bloque: I

Tiempo estimado: 45 minutos Tema: Principio de Pascal Fecha: _____

UNIDADES DE COMPETENCIA	
Principal (es) competencia (s) disciplinar (es) y atributos fundamentales de las competencias genéricas.	
Competencias genéricas (Atributos):	Competencias disciplinares.
<ul style="list-style-type: none">• Expresa ideas y conceptos mediante representaciones lingüísticas, matemáticas o gráficas.	<ul style="list-style-type: none">• Identifica problemas, formula preguntas de carácter científico y plantea las hipótesis necesarias para responderlas.• Hace explícitas las nociones científicas que sustentan los procesos para la solución de problemas cotidianos.

Objetivo de aprendizaje:

Al finalizar la sesión, el alumno identificará por medio de un video educativo, las variables que intervienen en el modelo matemático del principio de Pascal.

CONTENIDOS PRINCIPALES	
Tema. Principio de Pascal.	Resumen. Una aplicación del principio de Pascal se conoce como la prensa hidráulica, también conocida como “el gato hidráulico”.
Subtema (s).	

RECURSOS DIDÁCTICOS
<ul style="list-style-type: none">• Laptop.• Cañón.• Bocinas.• Pizarra.• Plumones.

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE	
Introducción	Tiempo
Se presenta el siguiente video: https://www.youtube.com/watch?v=q32BKfuXDU0	10 minutos
Desarrollo	
Se induce al alumno a identificar las variables que intervienen en la ecuación de pascal mediante el método interrogativo y se da a conocer las partes de una prensa hidráulica explicado en la pizarra.	25 minutos
Integración o cierre	
Se retroalimenta la actividad preguntando las partes que conforman a la prensa hidráulica y sus variables.	10 minutos

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	
DESEMPEÑO	PRODUCTO
Atiende y reflexiona sobre las variables que intervienen en el modelo de Pascal.	Toma notas acerca del tema.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y/O INTERNET
Bibliografía: <ul style="list-style-type: none"> • Tippens, P. (2010). Física y Aplicaciones. Editorial Mc Graw Hill. México. • Pérez, H. (2010). Física General. Editorial Patria. México. • García, E. & Domínguez, G. (2015). Física 2. Editorial Pearson. México.

TAREA
Estudia los ejemplos 1 y 2 de la página 41 y 42 del libro de García, E. & Domínguez, G. (2015). Física 2.

Plan de sesión No. 23

Asignatura: Física II Nivel: Medio superior Semestre: Cuarto Bloque: I

Tiempo estimado: 45 minutos Tema: Principio de Pascal Fecha: _____

UNIDADES DE COMPETENCIA	
Principal (es) competencia (s) disciplinar (es) y atributos fundamentales de las competencias genéricas.	
Competencias genéricas (Atributos):	Competencias disciplinares.
<ul style="list-style-type: none">• Expresa ideas y conceptos mediante representaciones lingüísticas, matemáticas o gráficas.• Sigue instrucciones y procedimientos de manera reflexiva, comprendiendo cómo cada uno de sus pasos contribuye al alcance de un objetivo.	<ul style="list-style-type: none">• Identifica problemas, formula preguntas de carácter científico y plantea las hipótesis necesarias para responderlas.• Hace explícitas las nociones científicas que sustentan los procesos para la solución de problemas cotidianos.

Objetivo de aprendizaje:

Al finalizar la sesión, el alumno resolverá mediante el razonamiento lógico de conceptos y modelos matemáticos, problemas relacionados con el principio de Pascal.

CONTENIDOS PRINCIPALES	
Tema. Principio de Pascal.	Resumen. La aplicación de la prensa hidráulica en la actualidad nos ha facilitado algunas de las tareas que no podríamos realizar sin esta herramienta, como por ejemplo, cambiar la llanta de un automóvil con la ayuda de un gato hidráulico.
Subtema (s).	

RECURSOS DIDÁCTICOS
<ul style="list-style-type: none">• Material impreso (ejercicios).• Pizarra.• Plumones.• Calculadora científica.

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE

Introducción	Tiempo
Se retoman conocimientos previos sobre la utilidad de la prensa hidráulica.	10 minutos
Desarrollo	
Se explican dos ejercicios en la pizarra con la participación del estudiante para resolver dudas.	20 minutos
Integración o cierre	
Se retroalimenta la actividad, pasando a un estudiante para resolver un problema en plenaria.	15 minutos

CRITERIOS DE EVALUACIÓN

DESEMPEÑO	PRODUCTO
Comprueba sus resultados con sus compañeros.	Ejercicio de evaluación resuelto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y/O INTERNET

Bibliografía:

- Tippens, P. (2010). Física y Aplicaciones. Editorial Mc Graw Hill. México.
- Pérez, H. (2010). Física General. Editorial Patria. México.
- García, E. & Domínguez, G. (2015). Física 2. Editorial Pearson. México.

TAREA

Resolver la ADA 16 en equipos de 4 integrantes.

Plan de sesión No. 24

Asignatura: Física II Nivel: Medio superior Semestre: Cuarto Bloque: I

Tiempo estimado: 45 minutos Tema: Principio de Pascal Fecha: _____

UNIDADES DE COMPETENCIA	
Principal (es) competencia (s) disciplinar (es) y atributos fundamentales de las competencias genéricas.	
Competencias genéricas (Atributos):	Competencias disciplinares.
<ul style="list-style-type: none">• Expresa ideas y conceptos mediante representaciones lingüísticas, matemáticas o gráficas.• Sigue instrucciones y procedimientos de manera reflexiva, comprendiendo cómo cada uno de sus pasos contribuye al alcance de un objetivo.	<ul style="list-style-type: none">• Identifica problemas, formula preguntas de carácter científico y plantea las hipótesis necesarias para responderlas.• Hace explícitas las nociones científicas que sustentan los procesos para la solución de problemas cotidianos.

Objetivo de aprendizaje:

Al finalizar la sesión, el alumno resolverá mediante el razonamiento lógico de conceptos y modelos matemáticos, problemas relacionados con el principio de Pascal.

CONTENIDOS PRINCIPALES	
Tema. Principio de Pascal.	Resumen. Solución de problemas de prensa hidráulica.
Subtema (s).	

RECURSOS DIDÁCTICOS
<ul style="list-style-type: none">• Material impreso (ejercicios).• Pizarra.• Plumones.• Calculadora científica.

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE

Introducción	Tiempo
Se forman en equipos de trabajo para resolver la ADA 16.	15 minutos
Desarrollo	
Un equipo expone la solución del ejercicio que el docente considere.	20 minutos
Integración o cierre	
Se retroalimenta la solución y se revelan los resultados.	10 minutos

CRITERIOS DE EVALUACIÓN

DESEMPEÑO	PRODUCTO
Explica la solución de los ejercicios y compara resultados con sus compañeros.	ADA 16 resuelta.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y/O INTERNET

Bibliografía:

- Tippens, P. (2010). Física y Aplicaciones. Editorial Mc Graw Hill. México.
- Pérez, H. (2010). Física General. Editorial Patria. México.
- García, E. & Domínguez, G. (2015). Física 2. Editorial Pearson. México.

TAREA

Leer las páginas 40 y 41 del libro García, E. & Domínguez, G. (2015). Física 2.

Plan de sesión No. 25

Asignatura: Física II Nivel: Medio superior Semestre: Cuarto Bloque: I

Tiempo estimado: 45 minutos Tema: Principio de Arquímedes Fecha: _____

UNIDADES DE COMPETENCIA	
Principal (es) competencia (s) disciplinar (es) y atributos fundamentales de las competencias genéricas.	
Competencias genéricas (Atributos):	Competencias disciplinares.
<ul style="list-style-type: none">• Expresa ideas y conceptos mediante representaciones lingüísticas, matemáticas o gráficas.• Estructura ideas y argumentos de manera clara, coherente y sintética.	<ul style="list-style-type: none">• Fundamenta opiniones sobre los impactos de la ciencia y la tecnología en su vida cotidiana, asumiendo consideraciones éticas.• Identifica problemas, formula preguntas de carácter científico y plantea las hipótesis necesarias para responderlas.

Objetivo de aprendizaje:

Al finalizar la sesión, el alumno explicará con sus palabras el principio de Arquímedes.

CONTENIDOS PRINCIPALES	
Tema. Principio de Arquímedes.	Resumen. Arquímedes experimentó siglos antes que pascal con los fluidos y se cuenta en algunos textos de historia que mientras se bañaba observó que algunos cuerpos “perdían” peso al sumergirlos en agua.
Subtema (s).	

RECURSOS DIDÁCTICOS
<ul style="list-style-type: none">• Pizarra.• Plumones.

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE	
Introducción	Tiempo
Se realiza una lluvia de ideas con la pregunta: ¿Qué objetos conoces que floten en agua y porqué crees que flota?	20 minutos
Desarrollo	
Se explica el principio de Arquímedes y se cuenta la historia de su descubrimiento.	15 minutos
Integración o cierre	
Se menciona nuevamente el principio de Arquímedes y se le solicita a algunos estudiantes que lo expliquen con sus palabras.	10 minutos

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	
DESEMPEÑO	PRODUCTO
Explican el principio de Arquímedes y participa activamente en plenaria.	Redacta el principio de Arquímedes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y/O INTERNET
Bibliografía: <ul style="list-style-type: none"> • Tippens, P. (2010). Física y Aplicaciones. Editorial Mc Graw Hill. México. • Pérez, H. (2010). Física General. Editorial Patria. México. • García, E. & Domínguez, G. (2015). Física 2. Editorial Pearson. México.

TAREA
Redactar 5 ejemplos de aplicación del principio de Arquímedes en su contexto escolar o lugar por donde viven.

Plan de sesión No. 26

Asignatura: Física II Nivel: Medio superior Semestre: Cuarto Bloque: I

Tiempo estimado: 45 minutos Tema: Principio de Arquímedes Fecha: _____

UNIDADES DE COMPETENCIA	
Principal (es) competencia (s) disciplinar (es) y atributos fundamentales de las competencias genéricas.	
Competencias genéricas (Atributos):	Competencias disciplinares.
<ul style="list-style-type: none">• Expresa ideas y conceptos mediante representaciones lingüísticas, matemáticas o gráficas.• Estructura ideas y argumentos de manera clara, coherente y sintética.	<ul style="list-style-type: none">• Fundamenta opiniones sobre los impactos de la ciencia y la tecnología en su vida cotidiana, asumiendo consideraciones éticas.• Identifica problemas, formula preguntas de carácter científico y plantea las hipótesis necesarias para responderlas.

Objetivo de aprendizaje:

Al finalizar la sesión, el alumno ejemplificará el principio de Arquímedes a través de vivencias que demuestren su desempeño.

CONTENIDOS PRINCIPALES	
Tema. Principio de Arquímedes.	Resumen. Arquímedes experimentó siglos antes que pascal con los fluidos y se cuenta en algunos textos de historia que mientras se bañaba observó que algunos cuerpos “perdían” peso al sumergirlos en agua.
Subtema (s).	

RECURSOS DIDÁCTICOS
<ul style="list-style-type: none">• Pizarra.• Plumones.• Dibujos o imágenes.

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE	
Introducción	Tiempo
Se retoman los conocimientos previos de lo visto con respecto al principio de Arquímedes.	10 minutos
Desarrollo	
Se solicitan a los estudiantes que pasen a escribir sus ejemplos en la pizarra. Y se les pide que expliquen qué objeto es el que utiliza el principio. Se explica cuándo flota un cuerpo.	25 minutos
Integración o cierre	
Se retroalimenta la actividad con base a los ejemplos presentados.	10 minutos

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	
DESEMPEÑO	PRODUCTO
Explican el principio de Arquímedes y participa activamente en plenaria.	5 ejemplos del principio de Arquímedes redactados en la libreta.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y/O INTERNET
Bibliografía: <ul style="list-style-type: none"> • Tippens, P. (2010). Física y Aplicaciones. Editorial Mc Graw Hill. México. • Pérez, H. (2010). Física General. Editorial Patria. México. • García, E. & Domínguez, G. (2015). Física 2. Editorial Pearson. México.

TAREA
Resuelve la ADA 17 sección 1 y observa el siguiente video sobre Arquímedes: https://www.youtube.com/watch?v=izwiA_02ixU

Plan de sesión No. 27

Asignatura: Física II Nivel: Medio superior Semestre: Cuarto Bloque: I

Tiempo estimado: 45 minutos Tema: Principio de Arquímedes Fecha: _____

UNIDADES DE COMPETENCIA	
Principal (es) competencia (s) disciplinar (es) y atributos fundamentales de las competencias genéricas.	
Competencias genéricas (Atributos):	Competencias disciplinares.
<ul style="list-style-type: none">• Expresa ideas y conceptos mediante representaciones lingüísticas, matemáticas o gráficas.• Estructura ideas y argumentos de manera clara, coherente y sintética.	<ul style="list-style-type: none">• Fundamenta opiniones sobre los impactos de la ciencia y la tecnología en su vida cotidiana, asumiendo consideraciones éticas.• Identifica problemas, formula preguntas de carácter científico y plantea las hipótesis necesarias para responderlas.

Objetivo de aprendizaje:

Al finalizar la sesión, el alumno deducirá las variables que intervienen en el modelo matemático del principio de Arquímedes por medio de la observación de un video para resolver problemas aplicativos en el futuro.

CONTENIDOS PRINCIPALES	
Tema. Principio de Arquímedes.	Resumen. Una de las anécdotas de Arquímedes cuenta cómo inventó un método para determinar el volumen de un objeto con una forma irregular.
Subtema (s).	

RECURSOS DIDÁCTICOS
<ul style="list-style-type: none">• Pizarra.• Plumones.• Laptop.• Cañón.• Bocinas.

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE	
Introducción	Tiempo
Se mencionan aspectos importantes del video que quedó de tarea y se presenta el siguiente video: https://www.youtube.com/watch?v=JxrwpyywpOs	15 minutos
Desarrollo	
Se explica en la pizarra mediante representaciones gráficas el método empleado por Arquímedes. Y se deducen las variables.	25 minutos
Integración o cierre	
Se retroalimenta la actividad y se mencionan las variables del modelo matemático de Arquímedes.	5 minutos

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	
DESEMPEÑO	PRODUCTO
Se interesa en la proyección del video y participa activamente.	La ecuación de Arquímedes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y/O INTERNET
Bibliografía: <ul style="list-style-type: none"> • Tippens, P. (2010). Física y Aplicaciones. Editorial Mc Graw Hill. México. • Pérez, H. (2010). Física General. Editorial Patria. México. • García, E. & Domínguez, G. (2015). Física 2. Editorial Pearson. México.

TAREA
Estudia los ejercicios resueltos de las páginas 42 y 43 del libro de García, E. & Domínguez, G. (2015). Física 2.

Plan de sesión No. 28

Asignatura: Física II Nivel: Medio superior Semestre: Cuarto Bloque: I

Tiempo estimado: 45 minutos Tema: Principio de Arquímedes Fecha: _____

UNIDADES DE COMPETENCIA	
Principal (es) competencia (s) disciplinar (es) y atributos fundamentales de las competencias genéricas.	
Competencias genéricas (Atributos):	Competencias disciplinares.
<ul style="list-style-type: none">• Expresa ideas y conceptos mediante representaciones lingüísticas, matemáticas o gráficas.• Sigue instrucciones y procedimientos de manera reflexiva, comprendiendo cómo cada uno de sus pasos contribuye al alcance de un objetivo.	<ul style="list-style-type: none">• Identifica problemas, formula preguntas de carácter científico y plantea las hipótesis necesarias para responderlas.• Hace explícitas las nociones científicas que sustentan los procesos para la solución de problemas cotidianos.

Objetivo de aprendizaje:

Al finalizar la sesión, el alumno resolverá problemas aplicando el modelo matemático de Arquímedes para demostrar si un cuerpo flota o se hunde en un líquido.

CONTENIDOS PRINCIPALES	
Tema. Principio de Arquímedes.	Resumen. La fuerza de empuje es aquella que se presenta en un cuerpo sumergido en un fluido, de tal manera, que el objeto flota en el líquido.
Subtema (s).	

RECURSOS DIDÁCTICOS
<ul style="list-style-type: none">• Pizarra.• Plumones.

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE

Introducción	Tiempo
Se recuerdan las variables del modelo matemático de Arquímedes y se presenta un ejercicio.	10 minutos
Desarrollo	
Se explica el desarrollo del ejercicio.	20 minutos
Integración o cierre	
Se solicita un estudiante para resolver un ejercicio y se retroalimenta.	15 minutos

CRITERIOS DE EVALUACIÓN

DESEMPEÑO	PRODUCTO
Participa en la solución del ejercicio y comparte su conocimiento.	Ejercicio de coevaluación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y/O INTERNET

Bibliografía:

- Tippens, P. (2010). Física y Aplicaciones. Editorial Mc Graw Hill. México.
- Pérez, H. (2010). Física General. Editorial Patria. México.
- García, E. & Domínguez, G. (2015). Física 2. Editorial Pearson. México.

TAREA

Resolver la ADA 17 sección 2 en equipos de 5 integrantes.

Plan de sesión No. 29

Asignatura: Física II Nivel: Medio superior Semestre: Cuarto Bloque: I

Tiempo estimado: 45 minutos Tema: Principio de Arquímedes Fecha: _____

UNIDADES DE COMPETENCIA	
Principal (es) competencia (s) disciplinar (es) y atributos fundamentales de las competencias genéricas.	
Competencias genéricas (Atributos):	Competencias disciplinares.
<ul style="list-style-type: none">• Expresa ideas y conceptos mediante representaciones lingüísticas, matemáticas o gráficas.• Sigue instrucciones y procedimientos de manera reflexiva, comprendiendo cómo cada uno de sus pasos contribuye al alcance de un objetivo.	<ul style="list-style-type: none">• Identifica problemas, formula preguntas de carácter científico y plantea las hipótesis necesarias para responderlas.• Hace explícitas las nociones científicas que sustentan los procesos para la solución de problemas cotidianos.

Objetivo de aprendizaje:

Al finalizar la sesión, el alumno resolverá problemas aplicando el modelo matemático de Arquímedes para demostrar si un cuerpo flota o se hunde en un líquido.

CONTENIDOS PRINCIPALES	
Tema. Principio de Arquímedes.	Resumen. La fuerza de empuje es aquella que se presenta en un cuerpo sumergido en un fluido, de tal manera, que el objeto flota en el líquido.
Subtema (s).	

RECURSOS DIDÁCTICOS
<ul style="list-style-type: none">• Pizarra.• Plumones.• Material impreso (ejercicios).• Calculadora científica.

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE	
---	--

Introducción	Tiempo
Se solicitan a los estudiantes pasen a resolver los ejercicios de la ADA 17.	15 minutos
Desarrollo	
Los estudiantes explican los ejercicios solicitados.	20 minutos
Integración o cierre	
Se retroalimenta la actividad.	10 minutos

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	
--------------------------------	--

DESEMPEÑO	PRODUCTO
Participa en la solución de los ejercicios y colabora en equipo.	ADA 17.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y/O INTERNET
--

Bibliografía:

- Tippens, P. (2010). Física y Aplicaciones. Editorial Mc Graw Hill. México.
- Pérez, H. (2010). Física General. Editorial Patria. México.
- García, E. & Domínguez, G. (2015). Física 2. Editorial Pearson. México.

TAREA

Construir un modelo didáctico que represente la aplicación del principio de Arquímedes. Los equipos serán de 9 integrantes. ADA 18.

Plan de sesión No. 30

Asignatura: Física II Nivel: Medio superior Semestre: Cuarto Bloque: I

Tiempo estimado: 45 minutos Tema: Principio de Arquímedes Fecha: _____

UNIDADES DE COMPETENCIA	
Principal (es) competencia (s) disciplinar (es) y atributos fundamentales de las competencias genéricas.	
Competencias genéricas (Atributos):	Competencias disciplinares.
<ul style="list-style-type: none">• Maneja las tecnologías de la información y la comunicación para obtener información y expresar ideas.• Sigue instrucciones y procedimientos de manera reflexiva, comprendiendo cómo cada uno de sus pasos contribuye al alcance de un objetivo.	<ul style="list-style-type: none">• Diseña modelos o prototipos para resolver problemas, satisfacer necesidades o demostrar principios científicos.• Explica el funcionamiento de máquinas de uso común a partir de nociones científicas.

Objetivo de aprendizaje:

Al finalizar la sesión, el alumno construirá un modelo tridimensional que ejemplifique o demuestre el principio de Arquímedes con materiales reciclables.

CONTENIDOS PRINCIPALES	
Tema. Principio de Arquímedes.	Resumen. Las fuerzas que actúan sobre un cuerpo sumergido en un líquido, en ausencia de una fuerza externa, son su peso y la fuerza de empuje. La relación entre estas dos fuerzas determina el comportamiento que tendrá el cuerpo dentro del líquido.
Subtema (s).	

RECURSOS DIDÁCTICOS
<ul style="list-style-type: none">• Materiales diversos.• Grabación por celular u otro medio digital.

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE	
Introducción	Tiempo
En plenaria expondrán su modelo tridimensional del principio de Arquímedes.	20 minutos
Desarrollo	
El profesor y/o los alumnos realizarán al menos una pregunta por equipo acerca del modelo construido que los expositores deberán contestar.	17 minutos
Integración o cierre	
Se retroalimenta la actividad.	8 minutos

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	
DESEMPEÑO	PRODUCTO
Participa colaborativamente y aporta ideas u opiniones, responde preguntas.	Grabación de la elaboración del prototipo y fotografía de la exposición. ADA 18.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y/O INTERNET
Bibliografía: <ul style="list-style-type: none"> • Tippens, P. (2010). Física y Aplicaciones. Editorial Mc Graw Hill. México. • Pérez, H. (2010). Física General. Editorial Patria. México. • García, E. & Domínguez, G. (2015). Física 2. Editorial Pearson. México.

TAREA
Realizar una reflexión de media cuartilla acerca de lo aprendido en el bloque I de cómo la física me ayudaría a resolver problemas de mi contexto.

Plan de sesión No. 31

Asignatura: Física II Nivel: Medio superior Semestre: Cuarto Bloque: II

Tiempo estimado: 45 minutos Tema: Termodinámica Fecha: _____

UNIDADES DE COMPETENCIA	
Principal (es) competencia (s) disciplinar (es) y atributos fundamentales de las competencias genéricas.	
Competencias genéricas (Atributos):	Competencias disciplinares.
<ul style="list-style-type: none">• Expresa ideas y conceptos mediante representaciones lingüísticas, matemáticas o gráficas.• Estructura ideas y argumentos de manera clara, coherente y sintética.• Aporta puntos de vista con apertura y considera los de otras personas de manera reflexiva.	<ul style="list-style-type: none">• Establece la interrelación entre la ciencia, la tecnología, la sociedad y el ambiente en contextos históricos y sociales específicos.• Valora las preconcepciones personales o comunes sobre diversos fenómenos naturales a partir de evidencias científicas.

Objetivo de aprendizaje:

Al finalizar la sesión, el alumno explicará por medio de la observación científica los conceptos de calor y termodinámica, así como los efectos que produce sobre los cuerpos.

CONTENIDOS PRINCIPALES	
Tema. Termodinámica.	Resumen. Uno de los primeros logros del ser humano fue la conquista del fuego. En los primeros tiempos el ser humano cuidaba celosamente el fuego obtenido de algún incendio natural y lo mantenía dentro de cuevas o templos donde era conservado como algo sagrado.
Subtema (s).	

RECURSOS DIDÁCTICOS
<ul style="list-style-type: none">• Material de lectura.• Actividad impresa.

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE	
Introducción	Tiempo
Lluvia de ideas: ¿cómo se inicia el fuego? ¿Qué elementos intervienen en su creación?	10 minutos
Desarrollo	
Los estudiantes realizarán la lectura de la ADA 1 y la contestarán con base a las preguntas que se realizan (formar 7 equipos).	18 minutos
Integración o cierre	
Cada equipo responde una pregunta y se comenta en plenaria.	17 minutos

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	
DESEMPEÑO	PRODUCTO
Participa cooperativamente y aporta ideas u opiniones, responde preguntas.	ADA 1

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y/O INTERNET
<p>Bibliografía:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tippens, P. (2010). Física y Aplicaciones. Editorial Mc Graw Hill. México. • Pérez, H. (2010). Física General. Editorial Patria. México. • García, E. & Domínguez, G. (2015). Física 2. Editorial Pearson. México. • http://www.muyinteresante.es/curiosidades/preguntas-respuestas/por-que-cuando-nos-estamos-congelando-sentimos-calor

TAREA
Investiga los conceptos de: termodinámica, temperatura, calor y energía interna. Redáctalos en tu libreta.

Plan de sesión No. 32

Asignatura: Física II Nivel: Medio superior Semestre: Cuarto Bloque: II

Tiempo estimado: 45 minutos Tema: Equilibrio térmico Fecha: _____

UNIDADES DE COMPETENCIA	
Principal (es) competencia (s) disciplinar (es) y atributos fundamentales de las competencias genéricas.	
Competencias genéricas (Atributos):	Competencias disciplinares.
<ul style="list-style-type: none">• Expresa ideas y conceptos mediante representaciones lingüísticas, matemáticas o gráficas.• Sigue instrucciones y procedimientos de manera reflexiva, comprendiendo cómo cada uno de sus pasos contribuye al alcance de un objetivo.• Estructura ideas y argumentos de manera clara, coherente y sintética.• Aporta puntos de vista con apertura y considera los de otras personas de manera reflexiva.	<ul style="list-style-type: none">• Valora las preconcepciones personales o comunes sobre diversos fenómenos naturales a partir de evidencias científicas.

Objetivo de aprendizaje:

Al finalizar la sesión, el alumno explicará por medio de actividades experimentales los conceptos de temperatura y energía interna, así como los efectos que produce sobre los cuerpos.

CONTENIDOS PRINCIPALES	
Tema. Equilibrio térmico.	Resumen. La temperatura es una magnitud física, es decir, una medida asociada con el promedio de la energía cinética de las partículas de un cuerpo.
Subtema (s).	

RECURSOS DIDÁCTICOS
<ul style="list-style-type: none">• Goma de borrar.• Clip de metal.• Material impreso.

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE

Introducción	Tiempo
Lluvia de ideas: ¿Qué diferencia hay entre calor y temperatura?	7 minutos
Desarrollo	
Se realizará la ADA 2 (formar 5 equipos)	15 minutos
Integración o cierre	
Se revisará en plenaria la actividad como coevaluación, cada equipo responde una pregunta y se comenta.	23 minutos

CRITERIOS DE EVALUACIÓN

DESEMPEÑO	PRODUCTO
Participa cooperativamente y aporta ideas u opiniones, responde preguntas.	ADA 2

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y/O INTERNET

Bibliografía:

- Tippens, P. (2010). Física y Aplicaciones. Editorial Mc Graw Hill. México.
- Pérez, H. (2010). Física General. Editorial Patria. México.
- García, E. & Domínguez, G. (2015). Física 2. Editorial Pearson. México.

TAREA

Repasa los conceptos estudiados en la siguiente dirección web:

http://www.profesorenlinea.com.mx/fisica/Calor_y_Temperatura.htm y busca las escalas de temperatura.

Plan de sesión No. 33

Asignatura: Física II Nivel: Medio superior Semestre: Cuarto Bloque: II

Tiempo estimado: 45 minutos Tema: Equilibrio térmico Fecha: _____

UNIDADES DE COMPETENCIA	
Principal (es) competencia (s) disciplinar (es) y atributos fundamentales de las competencias genéricas.	
Competencias genéricas (Atributos):	Competencias disciplinares.
<ul style="list-style-type: none">• Expresa ideas y conceptos mediante representaciones lingüísticas, matemáticas o gráficas.• Sigue instrucciones y procedimientos de manera reflexiva, comprendiendo cómo cada uno de sus pasos contribuye al alcance de un objetivo.• Estructura ideas y argumentos de manera clara, coherente y sintética.• Aporta puntos de vista con apertura y considera los de otras personas de manera reflexiva.	<ul style="list-style-type: none">• Valora las preconcepciones personales o comunes sobre diversos fenómenos naturales a partir de evidencias científicas.

Objetivo de aprendizaje:

Al finalizar la sesión, el alumno contrastará las diferentes escalas de temperatura y sus unidades de medida por medio de un organizador gráfico.

CONTENIDOS PRINCIPALES	
Tema. Equilibrio térmico.	Resumen. La necesidad de medir la temperatura llevó a desarrollar, lo que hoy se conoce como escalas termométricas. Las escalas termométricas tienen el mismo principio para medir, pero sus formas de hacerlo son distintas.
Subtema (s).	

RECURSOS DIDÁCTICOS
<ul style="list-style-type: none">• Pizarra.• Plumones.• Material impreso.

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE

Introducción	Tiempo
Se induce al tema escribiendo y realizando el organizador gráfico de las escalas de temperatura.	10 minutos
Desarrollo	
Se explican las escalas termométricas, se escriben las ecuaciones que relacionan a las escalas unas con otras y se practican ejemplos de conversión.	20 minutos
Integración o cierre	
Se retroalimenta la actividad y se pasa a algunos estudiantes a realizar conversiones de temperatura.	15 minutos

CRITERIOS DE EVALUACIÓN

DESEMPEÑO	PRODUCTO
Participa cooperativamente y aporta ideas u opiniones, responde preguntas.	Ejercicios resueltos en la libreta.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y/O INTERNET

Bibliografía:

- Tippens, P. (2010). Física y Aplicaciones. Editorial Mc Graw Hill. México.
- Pérez, H. (2010). Física General. Editorial Patria. México.
- García, E. & Domínguez, G. (2015). Física 2. Editorial Pearson. México.

TAREA

Realizar la ADA 3 en equipos de 4 integrantes (13 equipos)

Plan de sesión No. 34

Asignatura: Física II Nivel: Medio superior Semestre: Cuarto Bloque: II

Tiempo estimado: 45 minutos Tema: Equilibrio térmico Fecha: _____

UNIDADES DE COMPETENCIA	
Principal (es) competencia (s) disciplinar (es) y atributos fundamentales de las competencias genéricas.	
Competencias genéricas (Atributos):	Competencias disciplinares.
<ul style="list-style-type: none">• Expresa ideas y conceptos mediante representaciones lingüísticas, matemáticas o gráficas.• Sigue instrucciones y procedimientos de manera reflexiva, comprendiendo cómo cada uno de sus pasos contribuye al alcance de un objetivo.•	<ul style="list-style-type: none">• Valora las preconcepciones personales o comunes sobre diversos fenómenos naturales a partir de evidencias científicas.

Objetivo de aprendizaje:

Al finalizar la sesión, el alumno practicará las conversiones de temperatura por medio de los modelos matemáticos, para tomar conciencia de las diferentes escalas de temperatura que se utilizan en otros países.

CONTENIDOS PRINCIPALES	
<p>Tema. Equilibrio térmico.</p> <p>Subtema (s).</p>	<p>Resumen. Las escalas de temperatura son diferentes de acuerdo al país donde se ubique uno mismo. En alguna ocasión se realizó una convención para que los países adoptaran una sola escala de temperatura con el fin de homologar esta magnitud física, sin embargo, no todos respetaron el acuerdo y es por ello que debemos aprender a pasar de una unidad a otra.</p>

RECURSOS DIDÁCTICOS

- **Pizarra.**
- **Plumones.**
- **Material impreso.**
- **Ejercicios.**

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE

Introducción	Tiempo
Se solicita a los estudiantes que formen los equipos predestinados.	5 minutos
Desarrollo	
Una persona de cada equipo pasará a resolver un ejercicio y lo expondrá frente a grupo.	25 minutos
Integración o cierre	
Se retroalimenta la actividad.	15 minutos

CRITERIOS DE EVALUACIÓN

DESEMPEÑO	PRODUCTO
Expone su trabajo frente a grupo y es tolerante a la crítica.	Actividad de ADA 3.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y/O INTERNET

Bibliografía:

- Tippens, P. (2010). Física y Aplicaciones. Editorial Mc Graw Hill. México.
- Pérez, H. (2010). Física General. Editorial Patria. México.
- García, E. & Domínguez, G. (2015). Física 2. Editorial Pearson. México.

TAREA

Realizar la ADA 4 en equipos de trabajo

Plan de sesión No. 35

Asignatura: Física II Nivel: Medio superior Semestre: Cuarto Bloque: II

Tiempo estimado: 45 minutos Tema: Equilibrio térmico Fecha: _____

UNIDADES DE COMPETENCIA	
Principal (es) competencia (s) disciplinar (es) y atributos fundamentales de las competencias genéricas.	
Competencias genéricas (Atributos):	Competencias disciplinares.
<ul style="list-style-type: none">• Expresa ideas y conceptos mediante representaciones lingüísticas, matemáticas o gráficas.• Sigue instrucciones y procedimientos de manera reflexiva, comprendiendo cómo cada uno de sus pasos contribuye al alcance de un objetivo.• Estructura ideas y argumentos de manera clara, coherente y sintética.• Aporta puntos de vista con apertura y considera los de otras personas de manera reflexiva.	<ul style="list-style-type: none">• Valora las preconcepciones personales o comunes sobre diversos fenómenos naturales a partir de evidencias científicas.

Objetivo de aprendizaje:

Al finalizar la sesión, el alumno experimentará los cambios físicos de temperatura para comprender como ésta afecta a los cuerpos.

CONTENIDOS PRINCIPALES	
Tema. Equilibrio térmico.	Resumen. Los cambios de temperatura influyen en la resistencia de los materiales, de tal manera que algunos cuerpos son protegidos con cubiertas especiales para resistir dichos factores.
Subtema (s).	

RECURSOS DIDÁCTICOS
<ul style="list-style-type: none">• 3 cubos.• Agua caliente, fría y de la llave (templada).• Material impreso (preguntas de la actividad #4)

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE	
Introducción	Tiempo
Se platica el procedimiento que realizaron en casa.	5 minutos
Desarrollo	
Se le pregunta a los estudiantes acerca de las experiencias que obtuvieron con la actividad y se escuchan las respuestas a las preguntas de la ADA 4.	25 minutos
Integración o cierre	
Se retroalimenta la actividad.	15 minutos

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	
DESEMPEÑO	PRODUCTO
Interactúa con sus compañeros y argumenta opiniones.	ADA 4

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y/O INTERNET
Bibliografía: <ul style="list-style-type: none"> • Tippens, P. (2010). Física y Aplicaciones. Editorial Mc Graw Hill. México. • Pérez, H. (2010). Física General. Editorial Patria. México. • García, E. & Domínguez, G. (2015). Física 2. Editorial Pearson. México.

TAREA
Buscar en internet los conceptos de dilatación y tipos de dilatación.

Plan de sesión No. 36

Asignatura: Física II Nivel: Medio superior Semestre: Cuarto Bloque: II

Tiempo estimado: 45 minutos Tema: Dilatación térmica Fecha: _____

UNIDADES DE COMPETENCIA	
Principal (es) competencia (s) disciplinar (es) y atributos fundamentales de las competencias genéricas.	
Competencias genéricas (Atributos):	Competencias disciplinares.
<ul style="list-style-type: none">• Expresa ideas y conceptos mediante representaciones lingüísticas, matemáticas o gráficas.• Maneja las tecnologías de la información y la comunicación para obtener información y expresar ideas.• Estructura ideas y argumentos de manera clara, coherente y sintética.	<ul style="list-style-type: none">• Valora las preconcepciones personales o comunes sobre diversos fenómenos naturales a partir de evidencias científicas.• Identifica problemas, formula preguntas de carácter científico y plantea las hipótesis necesarias para responderlas.

Objetivo de aprendizaje:

Al finalizar la sesión, el alumno diferenciará los tipos de dilatación térmica para explicar estos fenómenos térmicos a través de vivencias expuestas en videos.

CONTENIDOS PRINCIPALES	
<p>Tema. Dilatación térmica.</p> <p>Subtema (s). Dilatación lineal. Dilatación superficial o de área. Dilatación volumétrica o cúbica.</p>	<p>Resumen. ¿Sabes por qué los puentes del periférico de la ciudad de Mérida tienen unas uniones metálicas? ¿Te has preguntado para qué sirven? ¿Por qué las rieles de las vías férreas tienen una ligera separación entre cada una de ellas? Pues eso responderemos en esta sesión.</p>

RECURSOS DIDÁCTICOS
<ul style="list-style-type: none">• Pizarra.• Plumones.• Laptop y cañón multimedia.• Bocinas.• Video: https://www.youtube.com/watch?v=RUsnIGbpYhg

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE	
Introducción	Tiempo
Se induce al tema con una lluvia de ideas sobre el porqué existen separaciones metálicas en los puentes del periférico y vías férreas.	15 minutos
Desarrollo	
Se proyecta un video sobre la dilatación térmica y se escriben las variables de cada uno de los tipos.	25 minutos
Integración o cierre	
Se retroalimenta con la participación de los estudiantes el tema.	5 minutos

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	
DESEMPEÑO	PRODUCTO
Justifica con ejemplos de la vida cotidiana los tipos de dilatación térmica.	

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y/O INTERNET
Bibliografía: <ul style="list-style-type: none"> • Tippens, P. (2010). Física y Aplicaciones. Editorial Mc Graw Hill. México. • Pérez, H. (2010). Física General. Editorial Patria. México. • García, E. & Domínguez, G. (2015). Física 2. Editorial Pearson. México.

TAREA
Considera el siguiente enlace y observa el siguiente video: https://www.youtube.com/watch?v=pX7fUUiZb0g , luego resuelve la ADA 5.

Plan de sesión No. 37

Asignatura: Física II Nivel: Medio superior Semestre: Cuarto Bloque: II

Tiempo estimado: 45 minutos Tema: Dilatación térmica Fecha: _____

UNIDADES DE COMPETENCIA	
Principal (es) competencia (s) disciplinar (es) y atributos fundamentales de las competencias genéricas.	
Competencias genéricas (Atributos):	Competencias disciplinares.
<ul style="list-style-type: none">• Expresa ideas y conceptos mediante representaciones lingüísticas, matemáticas o gráficas.• Maneja las tecnologías de la información y la comunicación para obtener información y expresar ideas.• Estructura ideas y argumentos de manera clara, coherente y sintética.	<ul style="list-style-type: none">• Valora las preconcepciones personales o comunes sobre diversos fenómenos naturales a partir de evidencias científicas.• Identifica problemas, formula preguntas de carácter científico y plantea las hipótesis necesarias para responderlas.

Objetivo de aprendizaje:

Al finalizar la sesión, el alumno explicará las causas por las cuales los cuerpos se dilatan o se contraen, a través de experiencias observadas en medios audiovisuales para resolver problemas de los diferentes tipos de dilatación.

CONTENIDOS PRINCIPALES	
<p>Tema. Dilatación térmica.</p> <p>Subtema (s). Dilatación lineal. Dilatación superficial o de área. Dilatación volumétrica o cúbica.</p>	<p>Resumen. La temperatura modifica algunas propiedades de los cuerpos, tales como: densidad, presión, estado físico, resistencia eléctrica. Y un efecto de la temperatura en los cuerpos, es precisamente el aumento o disminución de su tamaño.</p>

RECURSOS DIDÁCTICOS
<ul style="list-style-type: none">• Material impreso.• Cañón y laptop.• Bocinas multimedia.• https://www.youtube.com/watch?v=pX7fUUiZb0g• Material impreso.

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE	
Introducción	Tiempo
Se proyecta el video: “dilatación de sólidos, líquidos y gases”.	5 minutos
Desarrollo	
En equipos de trabajo, responden la ADA 5 y se discute en plenaria. Se resolverán ejemplos de los tres tipos de dilatación.	30 minutos
Integración o cierre	
Se retroalimentan los conceptos más relevantes del tema con ayuda de los estudiantes.	10 minutos

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	
DESEMPEÑO	PRODUCTO
Justifica sus respuestas con argumentos científicos y participa cooperativamente en equipos de trabajo.	ADA 5.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y/O INTERNET
Bibliografía: <ul style="list-style-type: none"> • Tippens, P. (2010). Física y Aplicaciones. Editorial Mc Graw Hill. México. • Pérez, H. (2010). Física General. Editorial Patria. México. • García, E. & Domínguez, G. (2015). Física 2. Editorial Pearson. México.

TAREA
Realiza la ADA 6 en equipos de 4 integrantes

Plan de sesión No. 38

Asignatura: Física II Nivel: Medio superior Semestre: Cuarto Bloque: II

Tiempo estimado: 45 minutos Tema: Dilatación térmica Fecha: _____

UNIDADES DE COMPETENCIA	
Principal (es) competencia (s) disciplinar (es) y atributos fundamentales de las competencias genéricas.	
Competencias genéricas (Atributos):	Competencias disciplinares.
<ul style="list-style-type: none">• Expresa ideas y conceptos mediante representaciones lingüísticas, matemáticas o gráficas.• Maneja las tecnologías de la información y la comunicación para obtener información y expresar ideas.• Estructura ideas y argumentos de manera clara, coherente y sintética.	<ul style="list-style-type: none">• Valora las preconcepciones personales o comunes sobre diversos fenómenos naturales a partir de evidencias científicas.• Identifica problemas, formula preguntas de carácter científico y plantea las hipótesis necesarias para responderlas.

Objetivo de aprendizaje:

Al finalizar la sesión, el alumno resolverá ejercicios de dilatación térmica para aplicarlo a situaciones de la vida cotidiana, mediante sus modelos matemáticos.

CONTENIDOS PRINCIPALES	
<p>Tema. Dilatación térmica.</p> <p>Subtema (s). Dilatación lineal. Dilatación superficial o de área. Dilatación volumétrica o cúbica.</p>	<p>Resumen. La temperatura modifica algunas propiedades de los cuerpos, tales como: densidad, presión, estado físico, resistencia eléctrica. Y un efecto de la temperatura en los cuerpos, es precisamente el aumento o disminución de su tamaño.</p>

RECURSOS DIDÁCTICOS
<ul style="list-style-type: none">• Pizarra.• Plumones.• Material impreso.• Calculadora científica.

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE	
Introducción	Tiempo
Se forman en equipos de 4 integrantes para la realización de los ejercicios.	5 minutos
Desarrollo	
Se verifica que los equipos trabajen cooperativamente y se asesora en caso de ser necesario. Pasarán a la pizarra a explicarlos.	30 minutos
Integración o cierre	
Se retroalimenta la actividad y se dan las respuestas de los primeros 5 ejercicios..	10 minutos

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	
DESEMPEÑO	PRODUCTO
Participa cooperativamente y aporta ideas u opiniones, responde preguntas.	ADA 6.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y/O INTERNET
Bibliografía: <ul style="list-style-type: none"> • Tippens, P. (2010). Física y Aplicaciones. Editorial Mc Graw Hill. México. • Pérez, H. (2010). Física General. Editorial Patria. México. • García, E. & Domínguez, G. (2015). Física 2. Editorial Pearson. México.

TAREA
Terminar de resolver la ADA 6.

Plan de sesión No. 39

Asignatura: Física II Nivel: Medio superior Semestre: Cuarto Bloque: II

Tiempo estimado: 45 minutos Tema: Equilibrio térmico Fecha: _____

UNIDADES DE COMPETENCIA	
Principal (es) competencia (s) disciplinar (es) y atributos fundamentales de las competencias genéricas.	
Competencias genéricas (Atributos):	Competencias disciplinares.
<ul style="list-style-type: none">• Expresa ideas y conceptos mediante representaciones lingüísticas, matemáticas o gráficas.• Maneja las tecnologías de la información y la comunicación para obtener información y expresar ideas.• Estructura ideas y argumentos de manera clara, coherente y sintética.	<ul style="list-style-type: none">• Valora las preconcepciones personales o comunes sobre diversos fenómenos naturales a partir de evidencias científicas.• Identifica problemas, formula preguntas de carácter científico y plantea las hipótesis necesarias para responderlas.

Objetivo de aprendizaje:

Al finalizar la sesión, el alumno resolverá ejercicios de dilatación térmica para aplicarlo a situaciones de la vida cotidiana, mediante sus modelos matemáticos.

CONTENIDOS PRINCIPALES	
<p>Tema. Dilatación térmica.</p> <p>Subtema (s). Dilatación lineal. Dilatación superficial o de área. Dilatación volumétrica o cúbica.</p>	<p>Resumen. La temperatura modifica algunas propiedades de los cuerpos, tales como: densidad, presión, estado físico, resistencia eléctrica. Y un efecto de la temperatura en los cuerpos, es precisamente el aumento o disminución de su tamaño.</p>

RECURSOS DIDÁCTICOS
<ul style="list-style-type: none">• Pizarra.• Plumones.• Material impreso.• Calculadora científica.

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE	
Introducción	Tiempo
Se forman en equipos de 4 integrantes para la realización de los ejercicios.	5 minutos
Desarrollo	
Se verifica que los equipos trabajen cooperativamente y se asesora en caso de ser necesario. Pasarán a la pizarra a explicarlos.	30 minutos
Integración o cierre	
Se retroalimenta la actividad y se dan las respuestas de los segundos 5 ejercicios..	10 minutos

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	
DESEMPEÑO	PRODUCTO
Participa cooperativamente y aporta ideas u opiniones, responde preguntas.	ADA 6.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y/O INTERNET
Bibliografía: <ul style="list-style-type: none"> • Tippens, P. (2010). Física y Aplicaciones. Editorial Mc Graw Hill. México. • Pérez, H. (2010). Física General. Editorial Patria. México. • García, E. & Domínguez, G. (2015). Física 2. Editorial Pearson. México.

TAREA
Describir dos ejemplos de cada uno de los tipos de dilatación (lineal, superficial y volumétrica) diferentes a los que se hayan comentado en clase que observen en su contexto.

Plan de sesión No. 40

Asignatura: Física II Nivel: Medio superior Semestre: Cuarto Bloque: II

Tiempo estimado: 45 minutos Tema: Calor Fecha: _____

UNIDADES DE COMPETENCIA	
Principal (es) competencia (s) disciplinar (es) y atributos fundamentales de las competencias genéricas.	
Competencias genéricas (Atributos):	Competencias disciplinares.
<ul style="list-style-type: none">• Expresa ideas y conceptos mediante representaciones lingüísticas, matemáticas o gráficas.• Estructura ideas y argumentos de manera clara, coherente y sintética.	<ul style="list-style-type: none">• Hace explícitas las nociones científicas que sustentan los procesos para la solución de problemas cotidianos.• Valora las preconcepciones personales o comunes sobre diversos fenómenos naturales a partir de evidencias científicas.

Objetivo de aprendizaje:

Al finalizar la sesión, el alumno explicará el concepto de calor, así como las unidades empleadas en su medición para comprender su uso en diferentes contextos.

CONTENIDOS PRINCIPALES	
<p>Tema. Calor.</p> <p>Subtema (s). Concepto de calor. Formas de propagación del calor.</p> <ul style="list-style-type: none">• Conducción.• Convección.• Radiación.	<p>Resumen. Los rayos solares y la nieve han estado presentes en la vida del ser humano desde sus inicios. Al dominar el fuego, el hombre logró una comprensión significativa del calor y sus efectos sobre el cuerpo humano y el ambiente.</p>

RECURSOS DIDÁCTICOS
<ul style="list-style-type: none">• Pizarra.• Plumones.• Material impreso.

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE	
Introducción	Tiempo
Se induce al tema escribiendo en la pizarra el objetivo de aprendizaje. Posteriormente con una lluvia de ideas se busca el concepto de calor.	15 minutos
Desarrollo	
Se explica el concepto de calor y las unidades de calor en los distintos sistemas.	20 minutos
Integración o cierre	
Se retroalimenta la información presentada en clase con ayuda de los estudiantes.	10 minutos

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	
DESEMPEÑO	PRODUCTO
Participa cooperativamente y aporta ideas u opiniones, responde preguntas.	

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y/O INTERNET
Bibliografía: <ul style="list-style-type: none"> • Tippens, P. (2010). Física y Aplicaciones. Editorial Mc Graw Hill. México. • Pérez, H. (2010). Física General. Editorial Patria. México. • García, E. & Domínguez, G. (2015). Física 2. Editorial Pearson. México.

TAREA
Investigar las tres formas de propagación de calor y sus definiciones.

Plan de sesión No. **41**

Asignatura: **Física II** Nivel: **Medio superior** Semestre: **Cuarto** Bloque: **II**

Tiempo estimado: **45 minutos** Tema: **Calor** Fecha: _____

UNIDADES DE COMPETENCIA	
Principal (es) competencia (s) disciplinar (es) y atributos fundamentales de las competencias genéricas.	
Competencias genéricas (Atributos):	Competencias disciplinares.
<ul style="list-style-type: none">• Expresa ideas y conceptos mediante representaciones lingüísticas, matemáticas o gráficas.• Estructura ideas y argumentos de manera clara, coherente y sintética.	<ul style="list-style-type: none">• Hace explícitas las nociones científicas que sustentan los procesos para la solución de problemas cotidianos.• Valora las preconcepciones personales o comunes sobre diversos fenómenos naturales a partir de evidencias científicas.

Objetivo de aprendizaje:

Al finalizar la sesión, el alumno distinguirá las formas de transferencia de calor, a través de imágenes presentadas en copias, para explicar las formas en cómo se propaga.

CONTENIDOS PRINCIPALES	
<p>Tema. Calor.</p> <p>Subtema (s). Concepto de calor. Formas de propagación del calor.</p> <ul style="list-style-type: none">• Conducción.• Convección.• Radiación.	<p>Resumen. El calor es energía que se transfiere y constantemente se observan sus efectos en nuestra vida diaria: al cocer los alimentos, en los calentadores de agua y los sistemas de enfriamiento, entre otros.</p>

RECURSOS DIDÁCTICOS
<ul style="list-style-type: none">• Pizarra.• Plumones.• Material impreso.

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE	
Introducción	Tiempo
Se induce al tema escribiendo en la pizarra mapa conceptual de las formas de transferencia de calor.	10 minutos
Desarrollo	
Se realiza una lluvia de ideas sobre cuando se dan las formas de transferencia de calor en la vida diaria bajo la conducción del docente. Se realiza la ADA 7, instrucción 1.	20 minutos
Integración o cierre	
Se revisa la actividad y se repasan los conceptos aprendidos.	15 minutos

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	
DESEMPEÑO	PRODUCTO
Participa activamente y aporta ideas u opiniones, responde preguntas.	ADA 7, instrucción 1.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y/O INTERNET
Bibliografía: <ul style="list-style-type: none"> • Tippens, P. (2010). Física y Aplicaciones. Editorial Mc Graw Hill. México. • Pérez, H. (2010). Física General. Editorial Patria. México. • García, E. & Domínguez, G. (2015). Física 2. Editorial Pearson. México.

TAREA
Realiza la ADA 7, instrucción 2, 3 y 4.

Plan de sesión No. 42

Asignatura: Física II Nivel: Medio superior Semestre: Cuarto Bloque: II

Tiempo estimado: 45 minutos Tema: Calor Fecha: _____

UNIDADES DE COMPETENCIA	
Principal (es) competencia (s) disciplinar (es) y atributos fundamentales de las competencias genéricas.	
Competencias genéricas (Atributos):	Competencias disciplinares.
<ul style="list-style-type: none">• Expresa ideas y conceptos mediante representaciones lingüísticas, matemáticas o gráficas.• Estructura ideas y argumentos de manera clara, coherente y sintética.	<ul style="list-style-type: none">• Hace explícitas las nociones científicas que sustentan los procesos para la solución de problemas cotidianos.• Valora las preconcepciones personales o comunes sobre diversos fenómenos naturales a partir de evidencias científicas.

Objetivo de aprendizaje:

Al finalizar la sesión, el alumno analizará las situaciones en las cuales se dan las tres formas de transferencia de calor, a través de una serie de imágenes, para explicar cómo estas afectan a los cuerpos en su entorno.

CONTENIDOS PRINCIPALES	
<p>Tema. Calor.</p> <p>Subtema (s). Concepto de calor. Formas de propagación del calor.</p> <ul style="list-style-type: none">• Conducción.• Convección.• Radiación.	<p>Resumen. El conocer las formas de transferencia de calor nos puede ayudar a mejorar la eficiencia de muchos aparatos que tienen el objetivo de proporcionar o extraer calor, como por ejemplo, ubicar adecuadamente el refrigerador en la cocina o el aire acondicionado en el cuarto.</p>

RECURSOS DIDÁCTICOS
<ul style="list-style-type: none">• Pizarra.• Plumones.• Material impreso.

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE

Introducción	Tiempo
Se retoman conocimientos previos y se les solicita a los alumnos que preparen su actividad para revisión.	5 minutos
Desarrollo	
Se revisan las actividades de ADA 7 instrucción 2, 3 y 4.	25 minutos
Integración o cierre	
Se retroalimenta la actividad.	15 minutos

CRITERIOS DE EVALUACIÓN

DESEMPEÑO	PRODUCTO
Responde preguntas de carácter científico.	ADA 7, instrucciones 2, 3 y 4.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y/O INTERNET

Bibliografía:

- Tippens, P. (2010). Física y Aplicaciones. Editorial Mc Graw Hill. México.
- Pérez, H. (2010). Física General. Editorial Patria. México.
- García, E. & Domínguez, G. (2015). Física 2. Editorial Pearson. México.

TAREA

Realiza la ADA 7, instrucción 5 y en equipos de 6 integrantes construye un prototipo casero que evidencie las formas de propagación de calor.

Plan de sesión No. 43

Asignatura: Física II Nivel: Medio superior Semestre: Cuarto Bloque: II

Tiempo estimado: 45 minutos Tema: Calor Fecha: _____

UNIDADES DE COMPETENCIA	
Principal (es) competencia (s) disciplinar (es) y atributos fundamentales de las competencias genéricas.	
Competencias genéricas (Atributos):	Competencias disciplinares.
<ul style="list-style-type: none">• Expresa ideas y conceptos mediante representaciones lingüísticas, matemáticas o gráficas.• Estructura ideas y argumentos de manera clara, coherente y sintética.	<ul style="list-style-type: none">• Hace explícitas las nociones científicas que sustentan los procesos para la solución de problemas cotidianos.• Valora las preconcepciones personales o comunes sobre diversos fenómenos naturales a partir de evidencias científicas.

Objetivo de aprendizaje:

Durante la sesión, el alumno discutirá sobre los materiales aislantes y conductores de calor, por medio de preguntas expuestas, para que reflexione sobre la aplicación de estos recursos en su contexto.

CONTENIDOS PRINCIPALES	
<p>Tema. Calor.</p> <p>Subtema (s). Concepto de calor. Formas de propagación del calor.</p> <ul style="list-style-type: none">• Conducción.• Convección.• Radiación.	<p>Resumen. El conocer las formas de transferencia de calor nos puede ayudar a mejorar la eficiencia de muchos aparatos que tienen el objetivo de proporcionar o extraer calor, como por ejemplo, ubicar adecuadamente el refrigerador en la cocina o el aire acondicionado en el cuarto.</p>

RECURSOS DIDÁCTICOS
<ul style="list-style-type: none">• Pizarra.• Plumones.• Material impreso.

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE

Introducción	Tiempo
Se solicita a los alumnos que preparen su ADA 7, instrucción 5 para su revisión en plenaria.	5 minutos
Desarrollo	
Se revisa la ADA 7, instrucción 5 en plenaria y se solicita que expongan sus prototipos.	35 minutos
Integración o cierre	
Se retroalimenta la actividad.	5 minutos

CRITERIOS DE EVALUACIÓN

DESEMPEÑO	PRODUCTO
Explica sin titubeos su prototipo y responde preguntas.	ADA 7 completa y prototipo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y/O INTERNET

Bibliografía:

- Tippens, P. (2010). Física y Aplicaciones. Editorial Mc Graw Hill. México.
- Pérez, H. (2010). Física General. Editorial Patria. México.
- García, E. & Domínguez, G. (2015). Física 2. Editorial Pearson. México.

TAREA

Investiga en internet sobre los cambios de fase que sufre la materia.

Plan de sesión No. 44

Asignatura: Física II Nivel: Medio superior Semestre: Cuarto Bloque: II

Tiempo estimado: 45 minutos Tema: Cambios de fase Fecha: _____

UNIDADES DE COMPETENCIA	
Principal (es) competencia (s) disciplinar (es) y atributos fundamentales de las competencias genéricas.	
Competencias genéricas (Atributos):	Competencias disciplinares.
<ul style="list-style-type: none">• Expresa ideas y conceptos mediante representaciones lingüísticas, matemáticas o gráficas.• Maneja las tecnologías de la información y la comunicación para obtener información y expresar ideas.• Estructura ideas y argumentos de manera clara, coherente y sintética.	<ul style="list-style-type: none">• Valora las preconcepciones personales o comunes sobre diversos fenómenos naturales a partir de evidencias científicas.

Objetivo de aprendizaje:

Al finalizar la sesión, el alumno reconocerá los cambios de fase por medio de ejemplos, para explicarlos adecuadamente.

CONTENIDOS PRINCIPALES	
<p>Tema. Cambios de fase.</p> <p>Subtema (s). Estados de la materia: fusión, solidificación, vaporización, ebullición, condensación, sublimación, sublimación inversa o regresiva o deposición, desionización, ionización.</p>	<p>Resumen. En física y química se observa que, para cualquier sustancia o elemento material, modificando las condiciones de temperatura o presión, pueden obtenerse distintos estados o fases, denominados estados de agregación de la materia.</p>

RECURSOS DIDÁCTICOS
<ul style="list-style-type: none">• Pizarra.• Plumones.• Material impreso.• Laptop y cañón.

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE	
Introducción	Tiempo
Se detona la actividad con las preguntas: ¿Qué son los cambios de fase? ¿Cuáles son?	10 minutos
Desarrollo	
Se presentan láminas de información de los cambios de fase. Y van realizando la ADA 8.	30 minutos
Integración o cierre	
Se retroalimenta la actividad preguntando a los estudiantes lo visto en clase.	5 minutos

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	
DESEMPEÑO	PRODUCTO
Escucha opiniones y participa críticamente.	ADA 8.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y/O INTERNET
Bibliografía: <ul style="list-style-type: none"> • Tippens, P. (2010). Física y Aplicaciones. Editorial Mc Graw Hill. México. • Pérez, H. (2010). Física General. Editorial Patria. México. • García, E. & Domínguez, G. (2015). Física 2. Editorial Pearson. México.

TAREA
Elaborar un cartel en dónde con imágenes se representen los cambios de fase. Esta actividad se realizará por equipos y cada uno expondrá un cambio de fase.

Plan de sesión No. 45

Asignatura: Física II Nivel: Medio superior Semestre: Cuarto Bloque: II

Tiempo estimado: 45 minutos Tema: Cambios de fase Fecha: _____

UNIDADES DE COMPETENCIA	
Principal (es) competencia (s) disciplinar (es) y atributos fundamentales de las competencias genéricas.	
Competencias genéricas (Atributos):	Competencias disciplinares.
<ul style="list-style-type: none">• Expresa ideas y conceptos mediante representaciones lingüísticas, matemáticas o gráficas.• Maneja las tecnologías de la información y la comunicación para obtener información y expresar ideas.• Estructura ideas y argumentos de manera clara, coherente y sintética.	<ul style="list-style-type: none">• Valora las preconcepciones personales o comunes sobre diversos fenómenos naturales a partir de evidencias científicas.

Objetivo de aprendizaje:

Durante la sesión, el alumno explicará por medio de un cartel con imágenes los cambios de fase que sufre la materia con la finalidad de ejemplificarlo en situaciones de la vida real.

CONTENIDOS PRINCIPALES	
<p>Tema. Cambios de fase.</p> <p>Subtema (s). Estados de la materia: fusión, solidificación, vaporización, ebullición, condensación, sublimación, sublimación inversa o regresiva o deposición, desionización, ionización.</p>	<p>Resumen. En física y química se observa que, para cualquier sustancia o elemento material, modificando las condiciones de temperatura o presión, pueden obtenerse distintos estados o fases, denominados estados de agregación de la materia.</p>

RECURSOS DIDÁCTICOS
<ul style="list-style-type: none">• Pizarra.• Plumones.• Material impreso.• Cartel.

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE

Introducción	Tiempo
Se retoman los conceptos de la sesión anterior por medio de una lluvia de ideas.	5 minutos
Desarrollo	
Cada equipo expondrá su cartel, pasará sólo la mitad de los equipos.	30 minutos
Integración o cierre	
Al término, se retomarán los conceptos aprendidos.	10 minutos

CRITERIOS DE EVALUACIÓN

DESEMPEÑO	PRODUCTO
Explica conceptos y expresa ideas.	Cartel sobre los cambios de fase (ADA 9).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y/O INTERNET

Bibliografía:

- Tippens, P. (2010). Física y Aplicaciones. Editorial Mc Graw Hill. México.
- Pérez, H. (2010). Física General. Editorial Patria. México.
- García, E. & Domínguez, G. (2015). Física 2. Editorial Pearson. México.

TAREA

Plan de sesión No. 46

Asignatura: Física II Nivel: Medio superior Semestre: Cuarto Bloque: II

Tiempo estimado: 45 minutos Tema: Cambios de fase Fecha: _____

UNIDADES DE COMPETENCIA	
Principal (es) competencia (s) disciplinar (es) y atributos fundamentales de las competencias genéricas.	
Competencias genéricas (Atributos):	Competencias disciplinares.
<ul style="list-style-type: none">• Expresa ideas y conceptos mediante representaciones lingüísticas, matemáticas o gráficas.• Maneja las tecnologías de la información y la comunicación para obtener información y expresar ideas.• Estructura ideas y argumentos de manera clara, coherente y sintética.	<ul style="list-style-type: none">• Valora las preconcepciones personales o comunes sobre diversos fenómenos naturales a partir de evidencias científicas.

Objetivo de aprendizaje:

Durante la sesión, el alumno explicará por medio de un cartel con imágenes los cambios de fase que sufre la materia con la finalidad de ejemplificarlo en situaciones de la vida real.

CONTENIDOS PRINCIPALES	
<p>Tema. Cambios de fase.</p> <p>Subtema (s). Estados de la materia: fusión, solidificación, vaporización, ebullición, condensación, sublimación, sublimación inversa o regresiva o deposición, desionización, ionización.</p>	<p>Resumen. En física y química se observa que, para cualquier sustancia o elemento material, modificando las condiciones de temperatura o presión, pueden obtenerse distintos estados o fases, denominados estados de agregación de la materia.</p>

RECURSOS DIDÁCTICOS
<ul style="list-style-type: none">• Pizarra.• Plumones.• Material impreso.• Cartel.

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE

Introducción	Tiempo
Se retoman los conceptos de la sesión anterior por medio de una lluvia de ideas.	5 minutos
Desarrollo	
Cada equipo expondrá su cartel, pasará la otra mitad de los equipos.	30 minutos
Integración o cierre	
Al término, se retomarán los conceptos aprendidos.	10 minutos

CRITERIOS DE EVALUACIÓN

DESEMPEÑO	PRODUCTO
Explica conceptos y expresa ideas.	Cartel sobre los cambios de fase (ADA 9).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y/O INTERNET

Bibliografía:

- Tippens, P. (2010). Física y Aplicaciones. Editorial Mc Graw Hill. México.
- Pérez, H. (2010). Física General. Editorial Patria. México.
- García, E. & Domínguez, G. (2015). Física 2. Editorial Pearson. México.

TAREA

Para terminar de comprender los conceptos, observa el video con este link:

<https://www.youtube.com/watch?v=-zB5mPADaFY>

Plan de sesión No. 47

Asignatura: Física II Nivel: Medio superior Semestre: Cuarto Bloque: II

Tiempo estimado: 45 minutos Tema: Cantidad de calor Fecha: _____

UNIDADES DE COMPETENCIA	
Principal (es) competencia (s) disciplinar (es) y atributos fundamentales de las competencias genéricas.	
Competencias genéricas (Atributos):	Competencias disciplinares.
<ul style="list-style-type: none">• Expresa ideas y conceptos mediante representaciones lingüísticas, matemáticas o gráficas.• Maneja las tecnologías de la información y la comunicación para obtener información y expresar ideas.• Estructura ideas y argumentos de manera clara, coherente y sintética.	<ul style="list-style-type: none">• Hace explícitas las nociones científicas que sustentan los procesos para la solución de problemas cotidianos.• Valora las preconcepciones personales o comunes sobre diversos fenómenos naturales a partir de evidencias científicas.

Objetivo de aprendizaje:

Durante la sesión, el alumno resolverá problemas relacionados con la cantidad de calor, para comprender por qué no todos los cuerpos pueden absorber la misma cantidad de calor.

CONTENIDOS PRINCIPALES	
Tema. Cantidad de calor.	Resumen. Usualmente la temperatura de un cuerpo aumenta cuando éste absorbe calor, no obstante, no todos los cuerpos aumentan su temperatura de igual forma, cuando se absorbe la misma cantidad de calor.
Subtema (s).	

RECURSOS DIDÁCTICOS
<ul style="list-style-type: none">• Pizarra.• Plumones.• Material impreso.• Calculadora científica.

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE	
---	--

Introducción	Tiempo
Se comienza con una lluvia de ideas sobre la pregunta: ¿Qué material absorberá más calor en una tarde soleada, un trozo de madera o un trozo de metal?	5 minutos
Desarrollo	
Se escribe en la pizarra el concepto de cantidad de calor y se desarrollan las fórmulas. Posteriormente se resuelven dos ejercicios en la pizarra. Se marca la ADA 10 para que resuelvan los primeros 5 ejercicios.	28 minutos
Integración o cierre	
Se revisa que los equipos hayan realizado por lo menos la mitad de los ejercicios.	12 minutos

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	
--------------------------------	--

DESEMPEÑO	PRODUCTO
Participa cooperativamente.	Ejercicios resueltos en la libreta de la ADA 10.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y/O INTERNET
--

Bibliografía:

- Tippens, P. (2010). Física y Aplicaciones. Editorial Mc Graw Hill. México.
- Pérez, H. (2010). Física General. Editorial Patria. México.
- García, E. & Domínguez, G. (2015). Física 2. Editorial Pearson. México.

TAREA

Terminar de resolver los ejercicios de 6 al 10.

Plan de sesión No. 48

Asignatura: Física II Nivel: Medio superior Semestre: Cuarto Bloque: II

Tiempo estimado: 45 minutos Tema: Cantidad de calor Fecha: _____

UNIDADES DE COMPETENCIA	
Principal (es) competencia (s) disciplinar (es) y atributos fundamentales de las competencias genéricas.	
Competencias genéricas (Atributos):	Competencias disciplinares.
<ul style="list-style-type: none">• Expresa ideas y conceptos mediante representaciones lingüísticas, matemáticas o gráficas.• Maneja las tecnologías de la información y la comunicación para obtener información y expresar ideas.• Estructura ideas y argumentos de manera clara, coherente y sintética.	<ul style="list-style-type: none">• Hace explícitas las nociones científicas que sustentan los procesos para la solución de problemas cotidianos.• Valora las preconcepciones personales o comunes sobre diversos fenómenos naturales a partir de evidencias científicas.

Objetivo de aprendizaje:

Durante la sesión, el alumno resolverá problemas relacionados con la cantidad de calor, explicando por qué no todos los cuerpos pueden absorber la misma cantidad de calor, a través de la observación de un video.

CONTENIDOS PRINCIPALES	
Tema. Cantidad de calor.	Resumen. Usualmente la temperatura de un cuerpo aumenta cuando éste absorbe calor, no obstante, no todos los cuerpos aumentan su temperatura de igual forma, cuando se absorbe la misma cantidad de calor.
Subtema (s).	

RECURSOS DIDÁCTICOS
<ul style="list-style-type: none">• Pizarra.• Plumones.• Material impreso.• Calculadora científica.• Cañón, laptop y bocinas.

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE	
Introducción	Tiempo
Se solicita que 5 alumnos pasen a escribir las soluciones de los ejercicios 6, 7, 8, 9 y 10 para revisar en plenaria.	25 minutos
Desarrollo	
Se presenta el video sobre la cantidad de calor y se realiza la ADA 10, instrucción 2.	15 minutos
Integración o cierre	
Se solicita a los estudiantes que expliquen con sus palabras el concepto de cantidad de calor y el por qué no todos los cuerpos absorben la misma cantidad.	5 minutos

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	
DESEMPEÑO	PRODUCTO
Participa cooperativamente y expresa ideas en forma clara y concisa.	Ejercicios resueltos en la libreta de la ADA 10 completa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y/O INTERNET
Bibliografía: <ul style="list-style-type: none"> • Tippens, P. (2010). Física y Aplicaciones. Editorial Mc Graw Hill. México. • Pérez, H. (2010). Física General. Editorial Patria. México. • García, E. & Domínguez, G. (2015). Física 2. Editorial Pearson. México.

TAREA
Estudia el concepto de equilibrio térmico en la siguiente dirección: http://definicion.mx/equilibrio-termico/

Plan de sesión No. 49

Asignatura: Física II Nivel: Medio superior Semestre: Cuarto Bloque: II

Tiempo estimado: 45 minutos Tema: Calor ganado – calor perdido Fecha: _____

UNIDADES DE COMPETENCIA	
Principal (es) competencia (s) disciplinar (es) y atributos fundamentales de las competencias genéricas.	
Competencias genéricas (Atributos):	Competencias disciplinares.
<ul style="list-style-type: none">• Expresa ideas y conceptos mediante representaciones lingüísticas, matemáticas o gráficas.• Maneja las tecnologías de la información y la comunicación para obtener información y expresar ideas.• Estructura ideas y argumentos de manera clara, coherente y sintética.	<ul style="list-style-type: none">• Hace explícitas las nociones científicas que sustentan los procesos para la solución de problemas cotidianos.• Valora las preconcepciones personales o comunes sobre diversos fenómenos naturales a partir de evidencias científicas.

Objetivo de aprendizaje:

Durante la sesión, el alumno resolverá problemas relacionados con la ley del intercambio de calor por medio de ejercicios planteados en clase, para comprender cuando un objeto cede o gana calor.

CONTENIDOS PRINCIPALES	
Tema. Calor ganado – calor perdido (equilibrio térmico).	Resumen. Cuando se ponen en contacto dos objetos a diferente temperatura, se produce un flujo de calor desde el objeto que está a mayor temperatura al objeto de menor temperatura.
Subtema (s).	

RECURSOS DIDÁCTICOS
<ul style="list-style-type: none">• Pizarra.• Plumones.• Material impreso.• Calculadora científica.

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE	
Introducción	Tiempo
Se cuenta una analogía en donde se presente el equilibrio térmico en la vida cotidiana.	10 minutos
Desarrollo	
Se presenta en la pizarra la fórmula y variables de la ley del equilibrio térmico. Se explica un ejercicio y se le solicita a los estudiantes que realicen en equipos la ADA 11 (los tres primeros ejercicios).	25 minutos
Integración o cierre	
Se verifica que los estudiantes hayan realizado los ejercicios propuestos para la sesión y estén correctos.	10 minutos

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	
DESEMPEÑO	PRODUCTO
Participa cooperativamente, es ordenado y respetuoso en el aula.	Ejercicios resueltos en la libreta de la ADA 11 (tres ejercicios).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y/O INTERNET
Bibliografía: <ul style="list-style-type: none"> • Tippens, P. (2010). Física y Aplicaciones. Editorial Mc Graw Hill. México. • Pérez, H. (2010). Física General. Editorial Patria. México. • García, E. & Domínguez, G. (2015). Física 2. Editorial Pearson. México.

TAREA
Resolver los siguientes tres ejercicios de la ADA 11.

Plan de sesión No. 50

Asignatura: Física II Nivel: Medio superior Semestre: Cuarto Bloque: II

Tiempo estimado: 45 minutos Tema: Calor ganado – calor perdido Fecha: _____

UNIDADES DE COMPETENCIA	
Principal (es) competencia (s) disciplinar (es) y atributos fundamentales de las competencias genéricas.	
Competencias genéricas (Atributos):	Competencias disciplinares.
<ul style="list-style-type: none">• Expresa ideas y conceptos mediante representaciones lingüísticas, matemáticas o gráficas.• Maneja las tecnologías de la información y la comunicación para obtener información y expresar ideas.• Estructura ideas y argumentos de manera clara, coherente y sintética.	<ul style="list-style-type: none">• Hace explícitas las nociones científicas que sustentan los procesos para la solución de problemas cotidianos.• Valora las preconcepciones personales o comunes sobre diversos fenómenos naturales a partir de evidencias científicas.

Objetivo de aprendizaje:

Durante la sesión, el alumno resolverá problemas relacionados con la ley del intercambio de calor por medio de ejercicios planteados en clase, para comprender cuando un objeto cede o gana calor.

CONTENIDOS PRINCIPALES	
Tema. Calor ganado – calor perdido (equilibrio térmico).	Resumen. Cuando se ponen en contacto dos objetos a diferente temperatura, se produce un flujo de calor desde el objeto que está a mayor temperatura al objeto de menor temperatura.
Subtema (s).	

RECURSOS DIDÁCTICOS
<ul style="list-style-type: none">• Pizarra.• Plumones.• Material impreso.• Calculadora científica.

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE	
Introducción	Tiempo
Se revelan las respuestas de los tres primeros ejercicios y se resuelven dudas.	12 minutos
Desarrollo	
Se solicita a tres estudiantes que presenten los procedimientos de los ejercicios de tarea y se verifican en plenaria sus soluciones, así como su respuesta.	25 minutos
Integración o cierre	
Se concluye con las soluciones correctas de los ejercicios y se repasan la ley del equilibrio térmico.	8 minutos

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	
DESEMPEÑO	PRODUCTO
Participa cooperativamente, es ordenado y respetuoso en el aula.	Ejercicios resueltos en la libreta de la ADA 11 (tres ejercicios).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y/O INTERNET
Bibliografía: <ul style="list-style-type: none"> • Tippens, P. (2010). Física y Aplicaciones. Editorial Mc Graw Hill. México. • Pérez, H. (2010). Física General. Editorial Patria. México. • García, E. & Domínguez, G. (2015). Física 2. Editorial Pearson. México.

TAREA
Resolver la ADA 12.

Plan de sesión No. 51

Asignatura: Física II Nivel: Medio superior Semestre: Cuarto Bloque: II

Tiempo estimado: 45 minutos Tema: Calor ganado – calor perdido Fecha: _____

UNIDADES DE COMPETENCIA	
Principal (es) competencia (s) disciplinar (es) y atributos fundamentales de las competencias genéricas.	
Competencias genéricas (Atributos):	Competencias disciplinares.
<ul style="list-style-type: none">• Expresa ideas y conceptos mediante representaciones lingüísticas, matemáticas o gráficas.• Maneja las tecnologías de la información y la comunicación para obtener información y expresar ideas.• Estructura ideas y argumentos de manera clara, coherente y sintética.	<ul style="list-style-type: none">• Hace explícitas las nociones científicas que sustentan los procesos para la solución de problemas cotidianos.• Valora las preconcepciones personales o comunes sobre diversos fenómenos naturales a partir de evidencias científicas.

Objetivo de aprendizaje:

Al finalizar la sesión, el alumno explicará con sus propias palabras la ley de intercambio de calor a través de la observación de un video, para relacionarlo con la vida cotidiana.

CONTENIDOS PRINCIPALES	
Tema. Calor ganado – calor perdido (equilibrio térmico).	Resumen. Se puede considerar que calor y temperatura son conceptos diferentes. Mientras que el calor es la energía que se transfiere de un cuerpo a otro, la temperatura mide la energía interna de un cuerpo.
Subtema (s).	

RECURSOS DIDÁCTICOS
<ul style="list-style-type: none">• Pizarra.• Plumones.• Material impreso.• Cañón, laptop y bocinas.

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE	
---	--

Introducción	Tiempo
Se presenta el video relacionado con el intercambio de calor.	10 minutos
Desarrollo	
Se discute en plenaria las preguntas de la ADA 12.	25 minutos
Integración o cierre	
Se concluye con la actividad mencionando las variables necesarias para realizar el cálculo del equilibrio térmico.	10 minutos

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	
--------------------------------	--

DESEMPEÑO	PRODUCTO
Presta atención al video, realiza preguntas y reflexiona sobre la utilidad de la información presentada.	Ejercicios resueltos en la libreta de la ADA 12.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y/O INTERNET
--

Bibliografía:

- Tippens, P. (2010). Física y Aplicaciones. Editorial Mc Graw Hill. México.
- Pérez, H. (2010). Física General. Editorial Patria. México.
- García, E. & Domínguez, G. (2015). Física 2. Editorial Pearson. México.

TAREA

Prepararse para la actividad de laboratorio.

Plan de sesión No. 52

Asignatura: Física II Nivel: Medio superior Semestre: Cuarto Bloque: II

Tiempo estimado: 45 minutos Tema: Calor ganado – calor perdido Fecha: _____

UNIDADES DE COMPETENCIA	
Principal (es) competencia (s) disciplinar (es) y atributos fundamentales de las competencias genéricas.	
Competencias genéricas (Atributos):	Competencias disciplinares.
<ul style="list-style-type: none">• Expresa ideas y conceptos mediante representaciones lingüísticas, matemáticas o gráficas.• Maneja las tecnologías de la información y la comunicación para obtener información y expresar ideas.• Estructura ideas y argumentos de manera clara, coherente y sintética.	<ul style="list-style-type: none">• Hace explícitas las nociones científicas que sustentan los procesos para la solución de problemas cotidianos.• Valora las preconcepciones personales o comunes sobre diversos fenómenos naturales a partir de evidencias científicas.

Objetivo de aprendizaje:

Al finalizar la sesión, el alumno responderá las preguntas planteadas en la actividad, por medio de una demostración experimental, para que reflexione sobre la utilidad de este conocimiento.

CONTENIDOS PRINCIPALES	
Tema. Calor ganado – calor perdido (equilibrio térmico).	Resumen. Se puede considerar que calor y temperatura son conceptos diferentes. Mientras que el calor es la energía que se transfiere de un cuerpo a otro, la temperatura mide la energía interna de un cuerpo.
Subtema (s).	

RECURSOS DIDÁCTICOS
<ul style="list-style-type: none">• Material impreso.• Dos termómetros• Una bandeja.• Un vaso de vidrio.• Agua y hielo.• Cronómetro.

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE

Introducción	Tiempo
Se darán las nociones acerca de la actividad y se explica lo que se realizará.	5 minutos
Desarrollo	
Se llevará a cabo la ADA 13 como se describe en el documento impreso.	20 minutos
Integración o cierre	
Se concluye respondiendo en plenaria las preguntas de la ADA 13.	20 minutos

CRITERIOS DE EVALUACIÓN

DESEMPEÑO	PRODUCTO
Sigue pasos, lleva un orden, es respetuoso y participa cooperativamente	ADA 13.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y/O INTERNET

Bibliografía:

- Tippens, P. (2010). Física y Aplicaciones. Editorial Mc Graw Hill. México.
- Pérez, H. (2010). Física General. Editorial Patria. México.
- García, E. & Domínguez, G. (2015). Física 2. Editorial Pearson. México.

TAREA

Entregar un reporte de la actividad por equipo al profesor en la siguiente clase.

Plan de sesión No. 53

Asignatura: Física II Nivel: Medio superior Semestre: Cuarto Bloque: II

Tiempo estimado: 45 minutos Tema: Calor ganado – calor perdido Fecha: _____

UNIDADES DE COMPETENCIA	
Principal (es) competencia (s) disciplinar (es) y atributos fundamentales de las competencias genéricas.	
Competencias genéricas (Atributos):	Competencias disciplinares.
<ul style="list-style-type: none">• Expresa ideas y conceptos mediante representaciones lingüísticas, matemáticas o gráficas.• Maneja las tecnologías de la información y la comunicación para obtener información y expresar ideas.• Estructura ideas y argumentos de manera clara, coherente y sintética.	<ul style="list-style-type: none">• Hace explícitas las nociones científicas que sustentan los procesos para la solución de problemas cotidianos.• Valora las preconcepciones personales o comunes sobre diversos fenómenos naturales a partir de evidencias científicas.

Objetivo de aprendizaje:

Al finalizar la sesión, el alumno construirá un calorímetro, utilizando materiales reciclables, para llevar a cabo una demostración física de la ley del equilibrio térmico.

CONTENIDOS PRINCIPALES	
<p>Tema. Calor ganado – calor perdido (equilibrio térmico).</p> <p>Subtema (s).</p>	<p>Resumen. El equilibrio térmico se da cuando dos cuerpos a diferentes temperaturas coinciden entre sí, de manera que el cuerpo que está a mayor temperatura cede su calor al de menor temperatura hasta que ambos tienen una temperatura de equilibrio, es decir, la misma.</p>

RECURSOS DIDÁCTICOS
<ul style="list-style-type: none">• Material impreso.• Pizarra.• Plumones.• Materiales diversos.

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE	
---	--

Introducción	Tiempo
Se darán las nociones de cómo elaborar su propio calorímetro.	15 minutos
Desarrollo	
Los estudiantes construirán su calorímetro con diversos materiales.	20 minutos
Integración o cierre	
Se verificará que todos estén bien elaborados.	10 minutos

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	
--------------------------------	--

DESEMPEÑO	PRODUCTO
Sigue pasos, lleva un orden, es respetuoso y participa cooperativamente	Calorímetro.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y/O INTERNET
--

Bibliografía:

- Tippens, P. (2010). Física y Aplicaciones. Editorial Mc Graw Hill. México.
- Pérez, H. (2010). Física General. Editorial Patria. México.
- García, E. & Domínguez, G. (2015). Física 2. Editorial Pearson. México.

TAREA

Diseñar y llevar a cabo una práctica de laboratorio en equipos de 7 integrantes para la utilización del calorímetro y la demostración de la ley del equilibrio térmico.

Plan de sesión No. 54

Asignatura: Física II Nivel: Medio superior Semestre: Cuarto Bloque: II

Tiempo estimado: 45 minutos Tema: Calor ganado – calor perdido Fecha: _____

UNIDADES DE COMPETENCIA	
Principal (es) competencia (s) disciplinar (es) y atributos fundamentales de las competencias genéricas.	
Competencias genéricas (Atributos):	Competencias disciplinares.
<ul style="list-style-type: none">• Expresa ideas y conceptos mediante representaciones lingüísticas, matemáticas o gráficas.• Maneja las tecnologías de la información y la comunicación para obtener información y expresar ideas.• Estructura ideas y argumentos de manera clara, coherente y sintética.	<ul style="list-style-type: none">• Hace explícitas las nociones científicas que sustentan los procesos para la solución de problemas cotidianos.• Valora las preconcepciones personales o comunes sobre diversos fenómenos naturales a partir de evidencias científicas.

Objetivo de aprendizaje:

Al finalizar la sesión, el alumno demostrará con el uso de un calorímetro, la ley del equilibrio térmico.

CONTENIDOS PRINCIPALES	
<p>Tema. Calor ganado – calor perdido (equilibrio térmico).</p> <p>Subtema (s).</p>	<p>Resumen. El equilibrio térmico se da cuando dos cuerpos a diferentes temperaturas coinciden entre sí, de manera que el cuerpo que está a mayor temperatura cede su calor al de menor temperatura hasta que ambos tienen una temperatura de equilibrio, es decir, la misma.</p>

RECURSOS DIDÁCTICOS
<ul style="list-style-type: none">• Material impreso.• Pizarra.• Plumones.• Materiales diversos.

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE

Introducción	Tiempo
Los estudiantes se dispondrán en equipos para llevar a cabo su experimento.	5 minutos
Desarrollo	
Cada equipo deberá grabar su experimento.	30 minutos
Integración o cierre	
Se retomarán los conceptos estudiados.	10 minutos

CRITERIOS DE EVALUACIÓN

DESEMPEÑO	PRODUCTO
Sigue pasos, lleva un orden, es respetuoso y participa cooperativamente	Video.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y/O INTERNET

Bibliografía:

- Tippens, P. (2010). Física y Aplicaciones. Editorial Mc Graw Hill. México.
- Pérez, H. (2010). Física General. Editorial Patria. México.
- García, E. & Domínguez, G. (2015). Física 2. Editorial Pearson. México.

TAREA

Plan de sesión No. 55

Asignatura: Física II Nivel: Medio superior Semestre: Cuarto Bloque: III
Tiempo estimado: 45 minutos Tema: Electricidad Fecha: _____

UNIDADES DE COMPETENCIA	
Principal (es) competencia (s) disciplinar (es) y atributos fundamentales de las competencias genéricas.	
Competencias genéricas (Atributos):	Competencias disciplinares.
<ul style="list-style-type: none">• Expresa ideas y conceptos mediante representaciones lingüísticas, matemáticas o gráficas.• Aporta puntos de vista con apertura y considera los de otras personas de manera reflexiva.• Estructura ideas y argumentos de manera clara, coherente y sintética.	<ul style="list-style-type: none">• Establece la interrelación entre la ciencia, la tecnología, la sociedad y el ambiente en contextos históricos y sociales específicos.• Valora las preconcepciones personales o comunes sobre diversos fenómenos naturales a partir de evidencias científicas.

Objetivo de aprendizaje:

Al finalizar la sesión, el alumno distinguirá las causas por las cuales un objeto se carga eléctricamente a través de una lectura, para mejorar su comprensión sobre los fenómenos eléctricos.

CONTENIDOS PRINCIPALES	
<p>Tema. Electricidad.</p> <p>Subtema (s).</p> <ul style="list-style-type: none">• Definición de electricidad, electrostática y electrodinámica• Carga eléctrica.• Formas de electrizar un cuerpo.	<p>Resumen. La electricidad es una rama de la física clásica muy importante en nuestra existencia, ya que sin esta forma de energía habría sido muy difícil tener los adelantos tecnológicos que tenemos en la actualidad.</p>

RECURSOS DIDÁCTICOS
<ul style="list-style-type: none">• Material impreso.• Pizarra.• Plumones.• Lectura.

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE	
Introducción	Tiempo
Se solicita que los estudiantes lean el texto que está en la ADA 1 del bloque III y respondan las preguntas.	15 minutos
Desarrollo	
En plenaria, se solicita que los alumnos respondan las preguntas cuando el profesor se los indique.	25 minutos
Integración o cierre	
Se retomarán los conceptos estudiados.	5 minutos

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	
DESEMPEÑO	PRODUCTO
Es responsable y reflexivo.	ADA 1.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y/O INTERNET
Bibliografía: <ul style="list-style-type: none"> • Tippens, P. (2010). Física y Aplicaciones. Editorial Mc Graw Hill. México. • Pérez, H. (2010). Física General. Editorial Patria. México. • García, E. & Domínguez, G. (2015). Física 2. Editorial Pearson. México.

TAREA
Investiga en libros o internet, los conceptos de electricidad, electrostática, electrodinámica y carga eléctrica.

Plan de sesión No. 56

Asignatura: Física II Nivel: Medio superior Semestre: Cuarto Bloque: III

Tiempo estimado: 45 minutos Tema: Electricidad Fecha: _____

UNIDADES DE COMPETENCIA	
Principal (es) competencia (s) disciplinar (es) y atributos fundamentales de las competencias genéricas.	
Competencias genéricas (Atributos):	Competencias disciplinares.
<ul style="list-style-type: none">• Expresa ideas y conceptos mediante representaciones lingüísticas, matemáticas o gráficas.• Aporta puntos de vista con apertura y considera los de otras personas de manera reflexiva.• Estructura ideas y argumentos de manera clara, coherente y sintética.	<ul style="list-style-type: none">• Establece la interrelación entre la ciencia, la tecnología, la sociedad y el ambiente en contextos históricos y sociales específicos.• Valora las preconcepciones personales o comunes sobre diversos fenómenos naturales a partir de evidencias científicas.

Objetivo de aprendizaje:

Al finalizar la sesión, el alumno diferenciará entre los conceptos de electrostática y electrodinámica, por medio de sus definiciones, para elaborar un cuadro comparativo.

CONTENIDOS PRINCIPALES	
<p>Tema. Electricidad.</p> <p>Subtema (s).</p> <ul style="list-style-type: none">• Definición de electricidad, electrostática y electrodinámica• Carga eléctrica.• Formas de electrizar un cuerpo.	<p>Resumen.</p> <p>La electricidad proviene del vocablo griego <i>elektron</i>, que significa ámbar. La electricidad es una manifestación de la energía, es una fuerza natural que se observa en múltiples fenómenos.</p>

RECURSOS DIDÁCTICOS
<ul style="list-style-type: none">• Material impreso.• Pizarra.• Plumones.

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE	
Introducción	Tiempo
Se solicita a 4 estudiantes que pasen a escribir los conceptos de electricidad, electrostática, electrodinámica y carga eléctrica, cada uno respectivamente.	8 minutos
Desarrollo	
Posteriormente, en equipos de trabajo elaborarán un cuadro comparativo, en donde se plasmen las diferencias entre cada una de ellas.	17 minutos
Integración o cierre	
El profesor, cerrará la sesión identificando con los alumnos cada una de las diferencias.	20 minutos

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	
DESEMPEÑO	PRODUCTO
Es responsable, reflexivo y trabaja cooperativamente.	ADA 2 cuadro comparativo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y/O INTERNET
<p>Bibliografía:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tippens, P. (2010). Física y Aplicaciones. Editorial Mc Graw Hill. México. • Pérez, H. (2010). Física General. Editorial Patria. México. • García, E. & Domínguez, G. (2015). Física 2. Editorial Pearson. México.

TAREA
Investiga en libros o internet, las formas de electrizar los cuerpos y los materiales aislantes, conductores, semiconductores y superconductores; luego contesta la ADA 3.

Plan de sesión No. 57

Asignatura: Física II Nivel: Medio superior Semestre: Cuarto Bloque: III

Tiempo estimado: 45 minutos Tema: Electricidad Fecha: _____

UNIDADES DE COMPETENCIA	
Principal (es) competencia (s) disciplinar (es) y atributos fundamentales de las competencias genéricas.	
Competencias genéricas (Atributos):	Competencias disciplinares.
<ul style="list-style-type: none">• Maneja las tecnologías de la información y la comunicación para obtener información y expresar ideas.• Elige fuentes de información confiable.• Ordena información de acuerdo a categorías, jerarquías y relaciones.• Estructura ideas y argumentos de manera clara, coherente y sintética.	<ul style="list-style-type: none">• Hace explícitas las nociones científicas que sustentan los procesos para la solución de problemas cotidianos.• Valora las preconcepciones personales o comunes sobre diversos fenómenos naturales a partir de evidencias científicas.

Objetivo de aprendizaje:

Al finalizar la sesión, el alumno experimentará las formas de electrizar a un cuerpo, a través de demostraciones científicas, para completar acertadamente su tabla de investigación.

CONTENIDOS PRINCIPALES	
<p>Tema. Electricidad.</p> <p>Subtema (s).</p> <ul style="list-style-type: none">• Definición de electricidad, electrostática y electrodinámica• Carga eléctrica.• Formas de electrizar un cuerpo.	<p>Resumen. En su estado natural, un objeto tiene carga neutra, es decir, no tiene carga. Para que un cuerpo adquiera carga eléctrica es necesario que pierda o gane electrones.</p>

RECURSOS DIDÁCTICOS
<ul style="list-style-type: none">• Material impreso.• Regla de plástico.• Hilo.• Globos y trozos de papel.

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE	
Introducción	Tiempo
El docente comienza con la demostración de las formas de electrización de un cuerpo, así como los materiales conductores y aislantes.	20 minutos
Desarrollo	
Se verifica que los estudiantes hayan contestado la ADA 3. Se pregunta al azar.	18 minutos
Integración o cierre	
El concluye recordando los conceptos más importantes y las definiciones.	7 minutos

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	
DESEMPEÑO	PRODUCTO
Es responsable, reflexivo y trabaja cooperativamente.	ADA 3.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y/O INTERNET
Bibliografía: <ul style="list-style-type: none"> • Tippens, P. (2010). Física y Aplicaciones. Editorial Mc Graw Hill. México. • Pérez, H. (2010). Física General. Editorial Patria. México. • García, E. & Domínguez, G. (2015). Física 2. Editorial Pearson. México.

TAREA
observa el siguiente video: https://www.youtube.com/watch?v=ANf9uidpZTg

Plan de sesión No. 58

Asignatura: Física II Nivel: Medio superior Semestre: Cuarto Bloque: III

Tiempo estimado: 45 minutos Tema: Ley de Coulomb Fecha: _____

UNIDADES DE COMPETENCIA	
Principal (es) competencia (s) disciplinar (es) y atributos fundamentales de las competencias genéricas.	
Competencias genéricas (Atributos):	Competencias disciplinares.
<ul style="list-style-type: none">• Maneja las tecnologías de la información y la comunicación para obtener información y expresar ideas.• Elige fuentes de información confiable.• Ordena información de acuerdo a categorías, jerarquías y relaciones.• Estructura ideas y argumentos de manera clara, coherente y sintética.	<ul style="list-style-type: none">• Hace explícitas las nociones científicas que sustentan los procesos para la solución de problemas cotidianos.• Valora las preconcepciones personales o comunes sobre diversos fenómenos naturales a partir de evidencias científicas.

Objetivo de aprendizaje:

Al finalizar la sesión, el alumno explicará la ley de Coulomb, a través de la realización de un experimento casero en el aula, para entender los fenómenos de atracción y repulsión entre cargas eléctricas.

CONTENIDOS PRINCIPALES	
Tema. Ley de Coulomb.	Resumen. Desde tiempos muy remotos se ha observado que los cuerpos se atraen. El científico francés Charles Coulomb estudió las leyes que rigen la atracción y repulsión de dos cargas puntuales.
Subtema (s).	

RECURSOS DIDÁCTICOS
<ul style="list-style-type: none">• Pizarra.• Plumones.• Dos globos.• Cinta teflón.• Botella con agua.• Guantes de latex.

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE	
Introducción	Tiempo
El profesor prepara con sus alumnos el experimento.	5 minutos
Desarrollo	
Realiza la demostración experimental y escribe la información en la pizarra. Resuelve un ejercicio de ejemplo.	30 minutos
Integración o cierre	
Se concluye separando la ley de Coulomb en partes y se explica.	10 minutos

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	
DESEMPEÑO	PRODUCTO
Es responsable, reflexivo y demuestra interés.	

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y/O INTERNET
Bibliografía: <ul style="list-style-type: none"> • Tippens, P. (2010). Física y Aplicaciones. Editorial Mc Graw Hill. México. • Pérez, H. (2010). Física General. Editorial Patria. México. • García, E. & Domínguez, G. (2015). Física 2. Editorial Pearson. México. Video: https://www.youtube.com/watch?v=ANf9uidpZTg

TAREA
Resolver los primeros 4 ejercicios de la ADA 4.

Plan de sesión No. 59

Asignatura: Física II Nivel: Medio superior Semestre: Cuarto Bloque: III
Tiempo estimado: 45 minutos Tema: Ley de Coulomb Fecha: _____

UNIDADES DE COMPETENCIA	
Principal (es) competencia (s) disciplinar (es) y atributos fundamentales de las competencias genéricas.	
Competencias genéricas (Atributos):	Competencias disciplinares.
<ul style="list-style-type: none">• Expresa ideas y conceptos mediante representaciones lingüísticas, matemáticas o gráficas.• Sigue instrucciones y procedimientos de manera reflexiva, comprendiendo cómo cada uno de sus pasos contribuye al alcance de un objetivo.	<ul style="list-style-type: none">• Obtiene, registra y sistematiza la información para responder a preguntas de carácter científico, consultando fuentes relevantes y realizando experimentos pertinentes.

Objetivo de aprendizaje:

Al finalizar la sesión, el alumno aplicará la ley de Coulomb para el cálculo de fuerzas entre cargas puntuales.

CONTENIDOS PRINCIPALES	
Tema. Ley de Coulomb.	Resumen. En 1785, Coulomb empleó su balanza de torsión para determinar las fuerzas que ejercen las partículas cargadas eléctricamente.
Subtema (s).	

RECURSOS DIDÁCTICOS
<ul style="list-style-type: none">• Pizarra.• Plumones.• Material impreso.• Calculadora científica.

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE	
Introducción	Tiempo
El docente inicia en la pizarra escribiendo los datos de los ejercicios propuestos con ayuda de los estudiantes.	10 minutos
Desarrollo	
Solicita que cuatro estudiantes pasen a escribir sus soluciones de los problemas y los revisan en plenaria.	30 minutos
Integración o cierre	
Se menciona la ley de coulomb para recordar sus variables y se deja tarea.	5 minutos

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	
DESEMPEÑO	PRODUCTO
Es responsable, reflexivo, participativo y demuestra interés.	Primera parte de la ADA 4.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y/O INTERNET
Bibliografía: <ul style="list-style-type: none"> • Tippens, P. (2010). Física y Aplicaciones. Editorial Mc Graw Hill. México. • Pérez, H. (2010). Física General. Editorial Patria. México. • García, E. & Domínguez, G. (2015). Física 2. Editorial Pearson. México.

TAREA
Resolver el resto de los ejercicios de la ADA 4.

Plan de sesión No. 60

Asignatura: Física II Nivel: Medio superior Semestre: Cuarto Bloque: III

Tiempo estimado: 45 minutos Tema: Ley de Coulomb Fecha: _____

UNIDADES DE COMPETENCIA	
Principal (es) competencia (s) disciplinar (es) y atributos fundamentales de las competencias genéricas.	
Competencias genéricas (Atributos):	Competencias disciplinares.
<ul style="list-style-type: none">• Expresa ideas y conceptos mediante representaciones lingüísticas, matemáticas o gráficas.• Sigue instrucciones y procedimientos de manera reflexiva, comprendiendo cómo cada uno de sus pasos contribuye al alcance de un objetivo.	<ul style="list-style-type: none">• Obtiene, registra y sistematiza la información para responder a preguntas de carácter científico, consultando fuentes relevantes y realizando experimentos pertinentes.

Objetivo de aprendizaje:

Al finalizar la sesión, el alumno aplicará la ley de Coulomb para el cálculo de fuerzas entre cargas puntuales.

CONTENIDOS PRINCIPALES	
Tema. Ley de Coulomb.	Resumen. En 1785, Coulomb empleó su balanza de torsión para determinar las fuerzas que ejercen las partículas cargadas eléctricamente.
Subtema (s).	

RECURSOS DIDÁCTICOS
<ul style="list-style-type: none">• Pizarra.• Plumones.• Material impreso.• Calculadora científica.

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE	
Introducción	Tiempo
El docente inicia en la pizarra escribiendo los datos de los ejercicios propuestos con ayuda de los estudiantes.	10 minutos
Desarrollo	
Solicita que cuatro estudiantes pasen a escribir sus soluciones de los problemas y los revisan en plenaria.	30 minutos
Integración o cierre	
Se menciona la ley de coulomb para recordar sus variables y se deja tarea.	5 minutos

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	
DESEMPEÑO	PRODUCTO
Es responsable, reflexivo, participativo y demuestra interés.	Segunda parte de la ADA 4.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y/O INTERNET
Bibliografía: <ul style="list-style-type: none"> • Tippens, P. (2010). Física y Aplicaciones. Editorial Mc Graw Hill. México. • Pérez, H. (2010). Física General. Editorial Patria. México. • García, E. & Domínguez, G. (2015). Física 2. Editorial Pearson. México.

TAREA
En equipos de trabajo realizar un video documental sobre la ley de Coulomb y las aplicaciones en la vida diaria.

Plan de sesión No. 61

Asignatura: Física II Nivel: Medio superior Semestre: Cuarto Bloque: III
Tiempo estimado: 45 minutos Tema: Ley de Coulomb Fecha: _____

UNIDADES DE COMPETENCIA	
Principal (es) competencia (s) disciplinar (es) y atributos fundamentales de las competencias genéricas.	
Competencias genéricas (Atributos):	Competencias disciplinares.
<ul style="list-style-type: none">• Expresa ideas y conceptos mediante representaciones lingüísticas, matemáticas o gráficas.• Sigue instrucciones y procedimientos de manera reflexiva, comprendiendo cómo cada uno de sus pasos contribuye al alcance de un objetivo.	<ul style="list-style-type: none">• Obtiene, registra y sistematiza la información para responder a preguntas de carácter científico, consultando fuentes relevantes y realizando experimentos pertinentes.

Objetivo de aprendizaje:

Al finalizar la sesión, el alumno valorará la ley de Coulomb a través de la observación de un video documental, al conocer las aplicaciones que tiene en la vida cotidiana.

CONTENIDOS PRINCIPALES	
Tema. Ley de Coulomb	Resumen. La ley de Coulomb tiene múltiples aplicaciones en el campo de la medicina, la aeronáutica, la robótica, así como en muchas otras áreas de la ingeniería.
Subtema (s).	

RECURSOS DIDÁCTICOS
<ul style="list-style-type: none">• Pizarra.• Plumones.• Laptop, cañón y bocinas.

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE	
Introducción	Tiempo
El profesor hace la presentación de lo que se realizará en la sesión de hoy y mañana.	5 minutos
Desarrollo	
Los estudiantes inician con las presentaciones (5 equipos/6 minutos cada uno).	30 minutos
Integración o cierre	
El profesor cierra la sesión integrando los conceptos estudiados y las aplicaciones demostradas.	10 minutos

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	
DESEMPEÑO	PRODUCTO
Es responsable, reflexivo, participativo y trabaja cooperativamente.	ADA 5.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y/O INTERNET
Bibliografía: <ul style="list-style-type: none"> • Tippens, P. (2010). Física y Aplicaciones. Editorial Mc Graw Hill. México. • Pérez, H. (2010). Física General. Editorial Patria. México. • García, E. & Domínguez, G. (2015). Física 2. Editorial Pearson. México.

TAREA
Los equipos restantes pasarán a exponer sus trabajos.

Plan de sesión No. 62

Asignatura: Física II Nivel: Medio superior Semestre: Cuarto Bloque: III
Tiempo estimado: 45 minutos Tema: Ley de Coulomb Fecha: _____

UNIDADES DE COMPETENCIA	
Principal (es) competencia (s) disciplinar (es) y atributos fundamentales de las competencias genéricas.	
Competencias genéricas (Atributos):	Competencias disciplinares.
<ul style="list-style-type: none">• Expresa ideas y conceptos mediante representaciones lingüísticas, matemáticas o gráficas.• Sigue instrucciones y procedimientos de manera reflexiva, comprendiendo cómo cada uno de sus pasos contribuye al alcance de un objetivo.	<ul style="list-style-type: none">• Obtiene, registra y sistematiza la información para responder a preguntas de carácter científico, consultando fuentes relevantes y realizando experimentos pertinentes.

Objetivo de aprendizaje:

Al finalizar la sesión, el alumno valorará la ley de Coulomb a través de la observación de un video documental, al conocer las aplicaciones que tiene en la vida cotidiana.

CONTENIDOS PRINCIPALES	
Tema. Ley de Coulomb.	Resumen. La ley de Coulomb tiene múltiples aplicaciones en el campo de la medicina, la aeronáutica, la robótica, así como en muchas otras áreas de la ingeniería.
Subtema (s).	

RECURSOS DIDÁCTICOS
<ul style="list-style-type: none">• Pizarra.• Plumones.• Laptop, cañón y bocinas.

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE	
Introducción	Tiempo
El profesor hace la presentación de lo que se realizará en la sesión de hoy.	5 minutos
Desarrollo	
Los estudiantes inician con las presentaciones (5 equipos/6 minutos cada uno).	30 minutos
Integración o cierre	
El profesor cierra la sesión integrando los conceptos estudiados y las aplicaciones demostradas.	10 minutos

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	
DESEMPEÑO	PRODUCTO
Es responsable, reflexivo, participativo y trabaja cooperativamente.	ADA 5.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y/O INTERNET
Bibliografía: <ul style="list-style-type: none"> • Tippens, P. (2010). Física y Aplicaciones. Editorial Mc Graw Hill. México. • Pérez, H. (2010). Física General. Editorial Patria. México. • García, E. & Domínguez, G. (2015). Física 2. Editorial Pearson. México.

TAREA

Plan de sesión No. 63

Asignatura: Física II Nivel: Medio superior Semestre: Cuarto Bloque: III

Tiempo estimado: 45 minutos Tema: Campo eléctrico Fecha: _____

UNIDADES DE COMPETENCIA	
Principal (es) competencia (s) disciplinar (es) y atributos fundamentales de las competencias genéricas.	
Competencias genéricas (Atributos):	Competencias disciplinares.
<ul style="list-style-type: none">• Expresa ideas y conceptos mediante representaciones lingüísticas, matemáticas o gráficas.• Sigue instrucciones y procedimientos de manera reflexiva, comprendiendo cómo cada uno de sus pasos contribuye al alcance de un objetivo.	<ul style="list-style-type: none">• Obtiene, registra y sistematiza la información para responder a preguntas de carácter científico, consultando fuentes relevantes y realizando experimentos pertinentes.

Objetivo de aprendizaje:

Al finalizar la sesión, el alumno definirá el campo eléctrico, por medio de una lectura, para aplicar el concepto a ejemplos de la vida diaria.

CONTENIDOS PRINCIPALES	
<p>Tema. Campo eléctrico.</p> <p>Subtema (s). Definición de campo eléctrico. Ejercicios aplicativos de campo eléctrico.</p>	<p>Resumen. El inglés Michel Faraday introdujo en 1823, el concepto de líneas de fuerza para representar gráficamente al campo eléctrico.</p>

RECURSOS DIDÁCTICOS
<ul style="list-style-type: none">• Pizarra.• Plumones.• Material de lectura.

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE	
Introducción	Tiempo
Se escribe en la pizarra el tema y las fórmulas de campo eléctrico sin poner la definición.	10 minutos
Desarrollo	
Los estudiantes realizarán la lectura y con ayuda de su profesor describirán el concepto de campo eléctrico.	20 minutos
Integración o cierre	
El profesor repasará tanto lo escrito en la pizarra como la descripción del concepto de campo eléctrico.	15 minutos

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	
DESEMPEÑO	PRODUCTO
Es responsable, reflexivo y participativo.	ADA 6.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y/O INTERNET
Bibliografía: <ul style="list-style-type: none"> • Tippens, P. (2010). Física y Aplicaciones. Editorial Mc Graw Hill. México. • Pérez, H. (2010). Física General. Editorial Patria. México. • García, E. & Domínguez, G. (2015). Física 2. Editorial Pearson. México.

TAREA

Plan de sesión No. 64

Asignatura: Física II Nivel: Medio superior Semestre: Cuarto Bloque: III

Tiempo estimado: 45 minutos Tema: Campo eléctrico Fecha: _____

UNIDADES DE COMPETENCIA	
Principal (es) competencia (s) disciplinar (es) y atributos fundamentales de las competencias genéricas.	
Competencias genéricas (Atributos):	Competencias disciplinares.
<ul style="list-style-type: none">• Expresa ideas y conceptos mediante representaciones lingüísticas, matemáticas o gráficas.• Sigue instrucciones y procedimientos de manera reflexiva, comprendiendo cómo cada uno de sus pasos contribuye al alcance de un objetivo.	<ul style="list-style-type: none">• Obtiene, registra y sistematiza la información para responder a preguntas de carácter científico, consultando fuentes relevantes y realizando experimentos pertinentes.

Objetivo de aprendizaje:

Al finalizar la sesión, el alumno aplicará el concepto de campo eléctrico en la solución de problemas, para resolver los ejercicios planteados por el profesor.

CONTENIDOS PRINCIPALES	
<p>Tema. Campo eléctrico.</p> <p>Subtema (s). Definición de campo eléctrico. Ejercicios aplicativos de campo eléctrico.</p>	<p>Resumen. Se puede afirmar que el campo eléctrico es un vector, que se considera saliente de la carga si se trata de una carga positiva, y entrante si se trata de una carga negativa.</p>

RECURSOS DIDÁCTICOS
<ul style="list-style-type: none">• Pizarra.• Plumones.• Ejercicios.• Calculadora científica.

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE	
Introducción	Tiempo
Se solicita a los estudiantes que resuelvan los ejercicios 1 y 2 de la ADA 7 del bloque III.	15 minutos
Desarrollo	
Se pasan a dos estudiantes al azar a resolver los ejercicios con su respectivo ayudante.	20 minutos
Integración o cierre	
Se verifican los resultados y se resuelven las dudas.	10 minutos

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	
DESEMPEÑO	PRODUCTO
Es responsable y trabaja cooperativamente.	ADA 7 ejercicios 1 y 2.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y/O INTERNET
Bibliografía: <ul style="list-style-type: none"> • Tippens, P. (2010). Física y Aplicaciones. Editorial Mc Graw Hill. México. • Pérez, H. (2010). Física General. Editorial Patria. México. • García, E. & Domínguez, G. (2015). Física 2. Editorial Pearson. México.

TAREA
Resolver los ejercicios 3 y 4 de la ADA 7.

Plan de sesión No. 65

Asignatura: Física II Nivel: Medio superior Semestre: Cuarto Bloque: III
Tiempo estimado: 45 minutos Tema: Campo eléctrico Fecha: _____

UNIDADES DE COMPETENCIA	
Principal (es) competencia (s) disciplinar (es) y atributos fundamentales de las competencias genéricas.	
Competencias genéricas (Atributos):	Competencias disciplinares.
<ul style="list-style-type: none">• Expresa ideas y conceptos mediante representaciones lingüísticas, matemáticas o gráficas.• Sigue instrucciones y procedimientos de manera reflexiva, comprendiendo cómo cada uno de sus pasos contribuye al alcance de un objetivo.	<ul style="list-style-type: none">• Obtiene, registra y sistematiza la información para responder a preguntas de carácter científico, consultando fuentes relevantes y realizando experimentos pertinentes.

Objetivo de aprendizaje:

Al finalizar la sesión, el alumno aplicará el concepto de campo eléctrico en la solución de problemas, para resolver los ejercicios planteados por el profesor.

CONTENIDOS PRINCIPALES	
Tema. Campo eléctrico.	Resumen. Se puede afirmar que el campo eléctrico es un vector, que se considera saliente de la carga si se trata de una carga positiva, y entrante si se trata de una carga negativa.
Subtema (s). Definición de campo eléctrico. Ejercicios aplicativos de campo eléctrico.	

RECURSOS DIDÁCTICOS
<ul style="list-style-type: none">• Pizarra.• Plumones.• Ejercicios.• Calculadora científica.

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE

Introducción	Tiempo
Se solicita a los estudiantes que resuelvan los ejercicios 3 y 4 de la ADA 7 del bloque III.	15 minutos
Desarrollo	
Se pasan a dos estudiantes al azar a resolver los ejercicios con su respectivo ayudante.	20 minutos
Integración o cierre	
Se verifican los resultados y se resuelven las dudas.	10 minutos

CRITERIOS DE EVALUACIÓN

DESEMPEÑO	PRODUCTO
Es responsable y trabaja cooperativamente.	ADA 7 ejercicios 3 y 4.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y/O INTERNET

Bibliografía:

- Tippens, P. (2010). Física y Aplicaciones. Editorial Mc Graw Hill. México.
- Pérez, H. (2010). Física General. Editorial Patria. México.
- García, E. & Domínguez, G. (2015). Física 2. Editorial Pearson. México.

TAREA

Resolver los ejercicios 5 y 6 de la ADA 7.

Plan de sesión No. 66

Asignatura: Física II Nivel: Medio superior Semestre: Cuarto Bloque: III

Tiempo estimado: 45 minutos Tema: Campo eléctrico Fecha: _____

UNIDADES DE COMPETENCIA	
Principal (es) competencia (s) disciplinar (es) y atributos fundamentales de las competencias genéricas.	
Competencias genéricas (Atributos):	Competencias disciplinares.
<ul style="list-style-type: none">• Expresa ideas y conceptos mediante representaciones lingüísticas, matemáticas o gráficas.• Sigue instrucciones y procedimientos de manera reflexiva, comprendiendo cómo cada uno de sus pasos contribuye al alcance de un objetivo.	<ul style="list-style-type: none">• Obtiene, registra y sistematiza la información para responder a preguntas de carácter científico, consultando fuentes relevantes y realizando experimentos pertinentes.

Objetivo de aprendizaje:

Al finalizar la sesión, el alumno aplicará el concepto de campo eléctrico en la solución de problemas, para resolver los ejercicios planteados por el profesor.

CONTENIDOS PRINCIPALES	
Tema. Campo eléctrico.	Resumen. Se puede afirmar que el campo eléctrico es un vector, que se considera saliente de la carga si se trata de una carga positiva, y entrante si se trata de una carga negativa.
Subtema (s). Definición de campo eléctrico. Ejercicios aplicativos de campo eléctrico.	

RECURSOS DIDÁCTICOS
<ul style="list-style-type: none">• Pizarra.• Plumones.• Ejercicios.• Calculadora científica.

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE

Introducción	Tiempo
Se solicita a los estudiantes que resuelvan los ejercicios 5 y 6 de la ADA 7 del bloque III.	15 minutos
Desarrollo	
Se pasan a dos estudiantes al azar a resolver los ejercicios con su respectivo ayudante.	20 minutos
Integración o cierre	
Se verifican los resultados y se resuelven las dudas.	10 minutos

CRITERIOS DE EVALUACIÓN

DESEMPEÑO	PRODUCTO
Es responsable y trabaja cooperativamente.	ADA 7 ejercicios 5 y 6.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y/O INTERNET

Bibliografía:

- Tippens, P. (2010). Física y Aplicaciones. Editorial Mc Graw Hill. México.
- Pérez, H. (2010). Física General. Editorial Patria. México.
- García, E. & Domínguez, G. (2015). Física 2. Editorial Pearson. México.

TAREA

Plan de sesión No. 67

Asignatura: Física II Nivel: Medio superior Semestre: Cuarto Bloque: III

Tiempo estimado: 45 minutos Tema: Potencial eléctrico Fecha: _____

UNIDADES DE COMPETENCIA	
Principal (es) competencia (s) disciplinar (es) y atributos fundamentales de las competencias genéricas.	
Competencias genéricas (Atributos):	Competencias disciplinares.
<ul style="list-style-type: none">• Expresa ideas y conceptos mediante representaciones lingüísticas, matemáticas o gráficas.• Sigue instrucciones y procedimientos de manera reflexiva, comprendiendo cómo cada uno de sus pasos contribuye al alcance de un objetivo.	<ul style="list-style-type: none">• Obtiene, registra y sistematiza la información para responder a preguntas de carácter científico, consultando fuentes relevantes y realizando experimentos pertinentes.

Objetivo de aprendizaje:

Al finalizar la sesión, el alumno calculará la energía potencial eléctrica entre dos cargas puntuales, para resolver problemas de energía.

CONTENIDOS PRINCIPALES	
Tema. Potencial eléctrico. Subtema (s). Energía potencial eléctrica. Potencial eléctrico. Diferencia de potencial.	Resumen. La energía potencial de un cuerpo cargado que se encuentra en un punto del campo eléctrico, es igual al trabajo realizado en contra de la acción del campo eléctrico, para colocar al cuerpo en ese punto.

RECURSOS DIDÁCTICOS
<ul style="list-style-type: none">• Pizarra.• Plumones.• Ejercicios.• Calculadora científica.

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE

Introducción	Tiempo
Se escribe la información en la pizarra y se resuelve un ejercicio de ejemplo.	15 minutos
Desarrollo	
Se solicita a los estudiantes que resuelvan los ejercicios propuestos de la ADA 8.	20 minutos
Integración o cierre	
Se verifican los resultados y se resuelven las dudas.	10 minutos

CRITERIOS DE EVALUACIÓN

DESEMPEÑO	PRODUCTO
Es responsable y trabaja cooperativamente.	ADA 8 ejercicios propuestos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y/O INTERNET

Bibliografía:

- Tippens, P. (2010). Física y Aplicaciones. Editorial Mc Graw Hill. México.
- Pérez, H. (2010). Física General. Editorial Patria. México.
- García, E. & Domínguez, G. (2015). Física 2. Editorial Pearson. México.

TAREA

Plan de sesión No. 68

Asignatura: Física II Nivel: Medio superior Semestre: Cuarto Bloque: III

Tiempo estimado: 45 minutos Tema: Potencial eléctrico Fecha: _____

UNIDADES DE COMPETENCIA	
Principal (es) competencia (s) disciplinar (es) y atributos fundamentales de las competencias genéricas.	
Competencias genéricas (Atributos):	Competencias disciplinares.
<ul style="list-style-type: none">• Expresa ideas y conceptos mediante representaciones lingüísticas, matemáticas o gráficas.• Sigue instrucciones y procedimientos de manera reflexiva, comprendiendo cómo cada uno de sus pasos contribuye al alcance de un objetivo.	<ul style="list-style-type: none">• Obtiene, registra y sistematiza la información para responder a preguntas de carácter científico, consultando fuentes relevantes y realizando experimentos pertinentes.

Objetivo de aprendizaje:

Al finalizar la sesión, el alumno calculará el potencial eléctrico entre dos o más cargas con respecto a un punto, para conocer cuál de ellas ejerce más fuerza eléctrica.

CONTENIDOS PRINCIPALES	
<p>Tema. Potencial eléctrico.</p> <p>Subtema (s). Energía potencial eléctrica. Potencial eléctrico. Diferencia de potencial.</p>	<p>Resumen. El potencial eléctrico es la energía potencial eléctrica por unidad de carga eléctrica.</p>

RECURSOS DIDÁCTICOS
<ul style="list-style-type: none">• Pizarra.• Plumones.• Ejercicios.• Calculadora científica.

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE

Introducción	Tiempo
Se escribe la información en la pizarra y se resuelve un ejercicio de ejemplo.	15 minutos
Desarrollo	
Se solicita a los estudiantes que resuelvan los ejercicios propuestos de la ADA 8.	20 minutos
Integración o cierre	
Se verifican los resultados y se resuelven las dudas.	10 minutos

CRITERIOS DE EVALUACIÓN

DESEMPEÑO	PRODUCTO
Es responsable y trabaja cooperativamente.	ADA 8 ejercicios propuestos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y/O INTERNET

Bibliografía:

- Tippens, P. (2010). Física y Aplicaciones. Editorial Mc Graw Hill. México.
- Pérez, H. (2010). Física General. Editorial Patria. México.
- García, E. & Domínguez, G. (2015). Física 2. Editorial Pearson. México.

TAREA

Plan de sesión No. 69

Asignatura: Física II Nivel: Medio superior Semestre: Cuarto Bloque: III

Tiempo estimado: 45 minutos Tema: Potencial eléctrico Fecha: _____

UNIDADES DE COMPETENCIA	
Principal (es) competencia (s) disciplinar (es) y atributos fundamentales de las competencias genéricas.	
Competencias genéricas (Atributos):	Competencias disciplinares.
<ul style="list-style-type: none">• Expresa ideas y conceptos mediante representaciones lingüísticas, matemáticas o gráficas.• Sigue instrucciones y procedimientos de manera reflexiva, comprendiendo cómo cada uno de sus pasos contribuye al alcance de un objetivo.	<ul style="list-style-type: none">• Obtiene, registra y sistematiza la información para responder a preguntas de carácter científico, consultando fuentes relevantes y realizando experimentos pertinentes.

Objetivo de aprendizaje:

Al finalizar la sesión, el alumno calculará el potencial eléctrico entre dos o más cargas con respecto a un punto, para conocer cuál de ellas ejerce más fuerza eléctrica.

CONTENIDOS PRINCIPALES	
<p>Tema. Potencial eléctrico.</p> <p>Subtema (s). Energía potencial eléctrica. Potencial eléctrico. Diferencia de potencial.</p>	<p>Resumen. El potencial eléctrico es la energía potencial eléctrica por unidad de carga eléctrica.</p>

RECURSOS DIDÁCTICOS
<ul style="list-style-type: none">• Pizarra.• Plumones.• Ejercicios.• Calculadora científica.

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE

Introducción	Tiempo
Se escribe la información en la pizarra y se resuelve un ejercicio de ejemplo.	15 minutos
Desarrollo	
Se solicita a los estudiantes que resuelvan los ejercicios propuestos de la ADA 8.	20 minutos
Integración o cierre	
Se verifican los resultados y se resuelven las dudas.	10 minutos

CRITERIOS DE EVALUACIÓN

DESEMPEÑO	PRODUCTO
Es responsable y trabaja cooperativamente.	ADA 8 ejercicios propuestos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y/O INTERNET

Bibliografía:

- Tippens, P. (2010). Física y Aplicaciones. Editorial Mc Graw Hill. México.
- Pérez, H. (2010). Física General. Editorial Patria. México.
- García, E. & Domínguez, G. (2015). Física 2. Editorial Pearson. México.

TAREA

Plan de sesión No. 70

Asignatura: Física II Nivel: Medio superior Semestre: Cuarto Bloque: III

Tiempo estimado: 45 minutos Tema: Potencial eléctrico Fecha: _____

UNIDADES DE COMPETENCIA	
Principal (es) competencia (s) disciplinar (es) y atributos fundamentales de las competencias genéricas.	
Competencias genéricas (Atributos):	Competencias disciplinares.
<ul style="list-style-type: none">• Expresa ideas y conceptos mediante representaciones lingüísticas, matemáticas o gráficas.• Sigue instrucciones y procedimientos de manera reflexiva, comprendiendo cómo cada uno de sus pasos contribuye al alcance de un objetivo.	<ul style="list-style-type: none">• Obtiene, registra y sistematiza la información para responder a preguntas de carácter científico, consultando fuentes relevantes y realizando experimentos pertinentes.

Objetivo de aprendizaje:

Al finalizar la sesión, el alumno calculará el potencial eléctrico entre dos o más cargas con respecto a un punto, para conocer cuál de ellas ejerce más fuerza eléctrica.

CONTENIDOS PRINCIPALES	
<p>Tema. Potencial eléctrico.</p> <p>Subtema (s). Energía potencial eléctrica. Potencial eléctrico. Diferencia de potencial.</p>	<p>Resumen. A veces nos interesa el trabajo que se realiza al mover una carga móvil q, desde un punto a otro del campo eléctrico, formado por otra carga fija denominada Q.</p>

RECURSOS DIDÁCTICOS
<ul style="list-style-type: none">• Pizarra.• Plumones.• Ejercicios.• Calculadora científica.

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE

Introducción	Tiempo
Se escribe la información en la pizarra y se resuelve un ejercicio de ejemplo.	15 minutos
Desarrollo	
Se solicita a los estudiantes que resuelvan los ejercicios propuestos de la ADA 8.	20 minutos
Integración o cierre	
Se verifican los resultados y se resuelven las dudas.	10 minutos

CRITERIOS DE EVALUACIÓN

DESEMPEÑO	PRODUCTO
Es responsable y trabaja cooperativamente.	ADA 8 ejercicios propuestos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y/O INTERNET

Bibliografía:

- Tippens, P. (2010). Física y Aplicaciones. Editorial Mc Graw Hill. México.
- Pérez, H. (2010). Física General. Editorial Patria. México.
- García, E. & Domínguez, G. (2015). Física 2. Editorial Pearson. México.

TAREA

Plan de sesión No. 71

Asignatura: Física II Nivel: Medio superior Semestre: Cuarto Bloque: III

Tiempo estimado: 45 minutos Tema: Potencial eléctrico Fecha: _____

UNIDADES DE COMPETENCIA	
Principal (es) competencia (s) disciplinar (es) y atributos fundamentales de las competencias genéricas.	
Competencias genéricas (Atributos):	Competencias disciplinares.
<ul style="list-style-type: none">• Expresa ideas y conceptos mediante representaciones lingüísticas, matemáticas o gráficas.• Sigue instrucciones y procedimientos de manera reflexiva, comprendiendo cómo cada uno de sus pasos contribuye al alcance de un objetivo.	<ul style="list-style-type: none">• Obtiene, registra y sistematiza la información para responder a preguntas de carácter científico, consultando fuentes relevantes y realizando experimentos pertinentes.

Objetivo de aprendizaje:

Al finalizar la sesión, el alumno calculará el potencial eléctrico entre dos o más cargas con respecto a un punto, para conocer cuál de ellas ejerce más fuerza eléctrica.

CONTENIDOS PRINCIPALES	
<p>Tema. Potencial eléctrico.</p> <p>Subtema (s). Energía potencial eléctrica. Potencial eléctrico. Diferencia de potencial.</p>	<p>Resumen. A veces nos interesa el trabajo que se realiza al mover una carga móvil q, desde un punto a otro del campo eléctrico, formado por otra carga fija denominada Q.</p>

RECURSOS DIDÁCTICOS
<ul style="list-style-type: none">• Pizarra.• Plumones.• Ejercicios.• Calculadora científica.

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE

Introducción	Tiempo
Se escribe la información en la pizarra y se resuelve un ejercicio de ejemplo.	15 minutos
Desarrollo	
Se solicita a los estudiantes que resuelvan los ejercicios propuestos de la ADA 8.	20 minutos
Integración o cierre	
Se verifican los resultados y se resuelven las dudas.	10 minutos

CRITERIOS DE EVALUACIÓN

DESEMPEÑO	PRODUCTO
Es responsable y trabaja cooperativamente.	ADA 8 ejercicios propuestos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y/O INTERNET

Bibliografía:

- Tippens, P. (2010). Física y Aplicaciones. Editorial Mc Graw Hill. México.
- Pérez, H. (2010). Física General. Editorial Patria. México.
- García, E. & Domínguez, G. (2015). Física 2. Editorial Pearson. México.

TAREA

Plan de sesión No. 72

Asignatura: Física II Nivel: Medio superior Semestre: Cuarto Bloque: III

Tiempo estimado: 45 minutos Tema: Corriente eléctrica Fecha: _____

UNIDADES DE COMPETENCIA	
Principal (es) competencia (s) disciplinar (es) y atributos fundamentales de las competencias genéricas.	
Competencias genéricas (Atributos):	Competencias disciplinares.
<ul style="list-style-type: none">• Expresa ideas y conceptos mediante representaciones lingüísticas, matemáticas o gráficas.• Sigue instrucciones y procedimientos de manera reflexiva, comprendiendo cómo cada uno de sus pasos contribuye al alcance de un objetivo.	<ul style="list-style-type: none">• Valora las preconcepciones personales o comunes sobre diversos fenómenos naturales a partir de evidencias científicas.• Hace explícitas las nociones científicas que sustentan los procesos para la solución de problemas cotidianos.

Objetivo de aprendizaje:

Al finalizar la sesión, el alumno explicará con sus palabras los conceptos de corriente eléctrica, intensidad de corriente eléctrica y voltaje, para conceptualizarlo en ejemplos de la vida real.

CONTENIDOS PRINCIPALES	
Tema. Corriente eléctrica.	Resumen. La corriente eléctrica es el flujo de cargas a través de una sección transversal de un medio conductor.
Subtema (s).	

RECURSOS DIDÁCTICOS
<ul style="list-style-type: none">• Pizarra.• Plumones.• Videos educativos.• Laptop, cañón y bocinas.• Material impreso.

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE	
---	--

Introducción	Tiempo
Se presentan los videos de corriente eléctrica y voltaje.	10 minutos
Desarrollo	
Se realiza la ADA 9 y se revisa en plenaria.	25 minutos
Integración o cierre	
Se concluye recordando la información relevante y presentando ejemplos de la vida cotidiana.	10 minutos

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	
--------------------------------	--

DESEMPEÑO	PRODUCTO
Participa activamente y responde preguntas con base a la información presentada.	ADA 9.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y/O INTERNET
--

Bibliografía:

- Tippens, P. (2010). Física y Aplicaciones. Editorial Mc Graw Hill. México.
- Pérez, H. (2010). Física General. Editorial Patria. México.
- García, E. & Domínguez, G. (2015). Física 2. Editorial Pearson. México.

Videos:

- Intensidad de corriente: <https://www.youtube.com/watch?v=YTX2Trvrmpw>
- Voltaje: <https://www.youtube.com/watch?v=pgxoB9g4s9o>
- Resistencia eléctrica: <https://www.youtube.com/watch?v=BDMc863Rbtc>

TAREA

--

Plan de sesión No. 73

Asignatura: Física II Nivel: Medio superior Semestre: Cuarto Bloque: III

Tiempo estimado: 45 minutos Tema: Corriente eléctrica Fecha: _____

UNIDADES DE COMPETENCIA	
Principal (es) competencia (s) disciplinar (es) y atributos fundamentales de las competencias genéricas.	
Competencias genéricas (Atributos):	Competencias disciplinares.
<ul style="list-style-type: none">• Expresa ideas y conceptos mediante representaciones lingüísticas, matemáticas o gráficas.• Sigue instrucciones y procedimientos de manera reflexiva, comprendiendo cómo cada uno de sus pasos contribuye al alcance de un objetivo.	<ul style="list-style-type: none">• Valora las preconcepciones personales o comunes sobre diversos fenómenos naturales a partir de evidencias científicas.• Hace explícitas las nociones científicas que sustentan los procesos para la solución de problemas cotidianos.

Objetivo de aprendizaje:

Al finalizar la sesión, el alumno aplicará los conceptos estudiados de corriente eléctrica, para resolver problemas en el salón de clase.

CONTENIDOS PRINCIPALES	
Tema. Corriente eléctrica.	Resumen. La corriente eléctrica es el flujo de cargas a través de una sección transversal de un medio conductor.
Subtema (s).	

RECURSOS DIDÁCTICOS
<ul style="list-style-type: none">• Pizarra.• Plumones.• Material impreso.• Calculadora científica.

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE

Introducción	Tiempo
Se escribe la ecuación en la pizarra y se definen las variables.	10 minutos
Desarrollo	
Se resuelven dos ejemplos en clase de corriente eléctrica.	25 minutos
Integración o cierre	
Se concluye recordando la información relevante y presentando ejemplos de la vida cotidiana.	10 minutos

CRITERIOS DE EVALUACIÓN

DESEMPEÑO	PRODUCTO
Participa activamente y resuelve ejercicios en forma analítica.	ADA 10 ejercicios propuestos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y/O INTERNET

Bibliografía:

- Tippens, P. (2010). Física y Aplicaciones. Editorial Mc Graw Hill. México.
- Pérez, H. (2010). Física General. Editorial Patria. México.
- García, E. & Domínguez, G. (2015). Física 2. Editorial Pearson. México.

TAREA

Resolver los ejercicios propuestos por el docente.

Plan de sesión No. 74

Asignatura: Física II Nivel: Medio superior Semestre: Cuarto Bloque: III

Tiempo estimado: 45 minutos Tema: Corriente eléctrica Fecha: _____

UNIDADES DE COMPETENCIA	
Principal (es) competencia (s) disciplinar (es) y atributos fundamentales de las competencias genéricas.	
Competencias genéricas (Atributos):	Competencias disciplinares.
<ul style="list-style-type: none">• Expresa ideas y conceptos mediante representaciones lingüísticas, matemáticas o gráficas.• Sigue instrucciones y procedimientos de manera reflexiva, comprendiendo cómo cada uno de sus pasos contribuye al alcance de un objetivo.	<ul style="list-style-type: none">• Valora las preconcepciones personales o comunes sobre diversos fenómenos naturales a partir de evidencias científicas.• Hace explícitas las nociones científicas que sustentan los procesos para la solución de problemas cotidianos.

Objetivo de aprendizaje:

Al finalizar la sesión, el alumno aplicará los conceptos estudiados de corriente eléctrica, para resolver problemas en el salón de clase.

CONTENIDOS PRINCIPALES	
Tema. Corriente eléctrica.	Resumen. La corriente eléctrica es el flujo de cargas a través de una sección transversal de un medio conductor.
Subtema (s).	

RECURSOS DIDÁCTICOS
<ul style="list-style-type: none">• Pizarra.• Plumones.• Material impreso.• Calculadora científica.

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE

Introducción	Tiempo
Se escribe la ecuación en la pizarra y se definen las variables.	10 minutos
Desarrollo	
Se resuelven dos ejemplos en clase de corriente eléctrica.	25 minutos
Integración o cierre	
Se concluye recordando la información relevante y presentando ejemplos de la vida cotidiana.	10 minutos

CRITERIOS DE EVALUACIÓN

DESEMPEÑO	PRODUCTO
Participa activamente y resuelve ejercicios en forma analítica.	ADA 10 ejercicios propuestos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y/O INTERNET

Bibliografía:

- Tippens, P. (2010). Física y Aplicaciones. Editorial Mc Graw Hill. México.
- Pérez, H. (2010). Física General. Editorial Patria. México.
- García, E. & Domínguez, G. (2015). Física 2. Editorial Pearson. México.

TAREA

Resolver los ejercicios propuestos por el docente.

Plan de sesión No. 75

Asignatura: Física II Nivel: Medio superior Semestre: Cuarto Bloque: III

Tiempo estimado: 45 minutos Tema: Corriente eléctrica Fecha: _____

UNIDADES DE COMPETENCIA	
Principal (es) competencia (s) disciplinar (es) y atributos fundamentales de las competencias genéricas.	
Competencias genéricas (Atributos):	Competencias disciplinares.
<ul style="list-style-type: none">• Expresa ideas y conceptos mediante representaciones lingüísticas, matemáticas o gráficas.• Sigue instrucciones y procedimientos de manera reflexiva, comprendiendo cómo cada uno de sus pasos contribuye al alcance de un objetivo.	<ul style="list-style-type: none">• Valora las preconcepciones personales o comunes sobre diversos fenómenos naturales a partir de evidencias científicas.• Hace explícitas las nociones científicas que sustentan los procesos para la solución de problemas cotidianos.

Objetivo de aprendizaje:

Al finalizar la sesión, el alumno aplicará los conceptos estudiados de corriente eléctrica, para resolver problemas en el salón de clase.

CONTENIDOS PRINCIPALES	
Tema. Corriente eléctrica.	Resumen. La corriente eléctrica es el flujo de cargas a través de una sección transversal de un medio conductor.
Subtema (s).	

RECURSOS DIDÁCTICOS
<ul style="list-style-type: none">• Pizarra.• Plumones.• Material impreso.• Calculadora científica.

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE

Introducción	Tiempo
Se escribe la ecuación en la pizarra y se definen las variables.	10 minutos
Desarrollo	
Se resuelven dos ejemplos en clase de corriente eléctrica.	25 minutos
Integración o cierre	
Se concluye recordando la información relevante y presentando ejemplos de la vida cotidiana.	10 minutos

CRITERIOS DE EVALUACIÓN

DESEMPEÑO	PRODUCTO
Participa activamente y resuelve ejercicios en forma analítica.	ADA 10 ejercicios propuestos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y/O INTERNET

Bibliografía:

- Tippens, P. (2010). Física y Aplicaciones. Editorial Mc Graw Hill. México.
- Pérez, H. (2010). Física General. Editorial Patria. México.
- García, E. & Domínguez, G. (2015). Física 2. Editorial Pearson. México.

TAREA

Resolver los ejercicios propuestos por el docente.

Plan de sesión No. 76

Asignatura: Física II Nivel: Medio superior Semestre: Cuarto Bloque: III

Tiempo estimado: 45 minutos Tema: Ley de Ohm Fecha: _____

UNIDADES DE COMPETENCIA	
Principal (es) competencia (s) disciplinar (es) y atributos fundamentales de las competencias genéricas.	
Competencias genéricas (Atributos):	Competencias disciplinares.
<ul style="list-style-type: none">• Expresa ideas y conceptos mediante representaciones lingüísticas, matemáticas o gráficas.• Sigue instrucciones y procedimientos de manera reflexiva, comprendiendo cómo cada uno de sus pasos contribuye al alcance de un objetivo.	<ul style="list-style-type: none">• Valora las preconcepciones personales o comunes sobre diversos fenómenos naturales a partir de evidencias científicas.• Hace explícitas las nociones científicas que sustentan los procesos para la solución de problemas cotidianos.

Objetivo de aprendizaje:

Al finalizar la sesión, el alumno explicará con sus palabras la ley de Ohm, para interpretar la relación entre resistencia y corriente eléctrica.

CONTENIDOS PRINCIPALES	
Tema. Ley de Ohm.	Resumen. La ley de Ohm es la que nos habla acerca de la relación entre la resistencia eléctrica y la corriente eléctrica cuando circulan por medio de un material conductor.
Subtema (s).	

RECURSOS DIDÁCTICOS
<ul style="list-style-type: none">• Pizarra.• Plumones.• Laptop, cañón y bocinas.• Material impreso.• Video: https://www.youtube.com/watch?v=m7HY1Or01S0

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE	
Introducción	Tiempo
Se presenta el video sobre la ley de Ohm.	10 minutos
Desarrollo	
Se escriben las variables en la pizarra y las unidades en las que se representan cada una de ellas. Se resuelven en la pizarra dos ejemplos.	30 minutos
Integración o cierre	
Se concluye mencionando la ley de Ohm explicada con las palabras de algunos estudiantes.	5 minutos

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	
DESEMPEÑO	PRODUCTO
Participa activamente y explica con sus palabras la ley de Ohm.	

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y/O INTERNET
Bibliografía: <ul style="list-style-type: none"> • Tippens, P. (2010). Física y Aplicaciones. Editorial Mc Graw Hill. México. • Pérez, H. (2010). Física General. Editorial Patria. México. • García, E. & Domínguez, G. (2015). Física 2. Editorial Pearson. México.

TAREA
Resolver los ejercicios propuestos de la ADA 11.

Plan de sesión No. 77

Asignatura: Física II Nivel: Medio superior Semestre: Cuarto Bloque: III

Tiempo estimado: 45 minutos Tema: Ley de Ohm Fecha: _____

UNIDADES DE COMPETENCIA	
Principal (es) competencia (s) disciplinar (es) y atributos fundamentales de las competencias genéricas.	
Competencias genéricas (Atributos):	Competencias disciplinares.
<ul style="list-style-type: none">• Expresa ideas y conceptos mediante representaciones lingüísticas, matemáticas o gráficas.• Sigue instrucciones y procedimientos de manera reflexiva, comprendiendo cómo cada uno de sus pasos contribuye al alcance de un objetivo.	<ul style="list-style-type: none">• Valora las preconcepciones personales o comunes sobre diversos fenómenos naturales a partir de evidencias científicas.• Hace explícitas las nociones científicas que sustentan los procesos para la solución de problemas cotidianos.

Objetivo de aprendizaje:

Al finalizar la sesión, el alumno aplicará la ley de Ohm, en la solución de ejercicios, para comprender la relación entre corriente, voltaje y resistencia.

CONTENIDOS PRINCIPALES	
Tema. Ley de Ohm.	Resumen. La ley de Ohm es la que nos habla acerca de la relación entre la resistencia eléctrica y la corriente eléctrica cuando circulan por medio de un material conductor.
Subtema (s).	

RECURSOS DIDÁCTICOS
<ul style="list-style-type: none">• Pizarra.• Plumones.• Calculadora científica.• Material impreso.

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE	
Introducción	Tiempo
Se pasan a resolver los ejercicios por parte de los estudiantes en la pizarra.	15 minutos
Desarrollo	
Cada estudiante explicará el ejercicio que pasó a resolver.	25 minutos
Integración o cierre	
Se cierra la sesión mencionando la importancia del tema en la actualidad y en la vida cotidiana.	5 minutos

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	
DESEMPEÑO	PRODUCTO
Participa activamente y explica con sus palabras la ley de Ohm.	ADA 11.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y/O INTERNET
Bibliografía: <ul style="list-style-type: none"> • Tippens, P. (2010). Física y Aplicaciones. Editorial Mc Graw Hill. México. • Pérez, H. (2010). Física General. Editorial Patria. México. • García, E. & Domínguez, G. (2015). Física 2. Editorial Pearson. México.

TAREA

Plan de sesión No. 78

Asignatura: Física II Nivel: Medio superior Semestre: Cuarto Bloque: III

Tiempo estimado: 45 minutos Tema: Potencia eléctrica Fecha: _____

UNIDADES DE COMPETENCIA	
Principal (es) competencia (s) disciplinar (es) y atributos fundamentales de las competencias genéricas.	
Competencias genéricas (Atributos):	Competencias disciplinares.
<ul style="list-style-type: none">• Expresa ideas y conceptos mediante representaciones lingüísticas, matemáticas o gráficas.• Sigue instrucciones y procedimientos de manera reflexiva, comprendiendo cómo cada uno de sus pasos contribuye al alcance de un objetivo.• Estructura ideas y argumentos de manera clara, coherente y sintética.	<ul style="list-style-type: none">• Obtiene, registra y sistematiza la información para responder a preguntas de carácter científico, consultando fuentes relevantes y realizando experimentos pertinentes.

Objetivo de aprendizaje:

Al finalizar la sesión, el alumno explicará el concepto de potencia eléctrica con base a la exposición del docente para conocer la utilidad de la potencia eléctrica en la vida diaria.

CONTENIDOS PRINCIPALES	
Tema. Potencia eléctrica.	Resumen. La potencia eléctrica se refiere a la rapidez o la capacidad de realizar un trabajo, mismo que por lo general se consume en forma de calor.
Subtema (s).	

RECURSOS DIDÁCTICOS
<ul style="list-style-type: none">• Pizarra.• Plumones.• Material de lectura.

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE	
Introducción	Tiempo
El docente expone el tema con la pregunta ¿qué es la potencia? ¿a qué se le llama potencia eléctrica?	10 minutos
Desarrollo	
El docente escribe en la pizarra la información con base al tema expuesto y se le solicita al alumno que con sus palabras escriba el concepto de potencia eléctrica.	30 minutos
Integración o cierre	
Se cierra la sesión preguntando lo aprendido en clase y que los alumnos mencionen su definición de potencia eléctrica.	5 minutos

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	
DESEMPEÑO	PRODUCTO
Participa activamente y respeta opiniones.	ADA 12.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y/O INTERNET
Bibliografía: <ul style="list-style-type: none"> • Tippens, P. (2010). Física y Aplicaciones. Editorial Mc Graw Hill. México. • Pérez, H. (2010). Física General. Editorial Patria. México. • García, E. & Domínguez, G. (2015). Física 2. Editorial Pearson. México.

TAREA

Plan de sesión No. 79

Asignatura: Física II Nivel: Medio superior Semestre: Cuarto Bloque: III

Tiempo estimado: 45 minutos Tema: Potencia eléctrica Fecha: _____

UNIDADES DE COMPETENCIA	
Principal (es) competencia (s) disciplinar (es) y atributos fundamentales de las competencias genéricas.	
Competencias genéricas (Atributos):	Competencias disciplinares.
<ul style="list-style-type: none">• Expresa ideas y conceptos mediante representaciones lingüísticas, matemáticas o gráficas.• Sigue instrucciones y procedimientos de manera reflexiva, comprendiendo cómo cada uno de sus pasos contribuye al alcance de un objetivo.• Estructura ideas y argumentos de manera clara, coherente y sintética.	<ul style="list-style-type: none">• Obtiene, registra y sistematiza la información para responder a preguntas de carácter científico, consultando fuentes relevantes y realizando experimentos pertinentes.

Objetivo de aprendizaje:

Al finalizar la sesión, el alumno realizará la lectura del consumo de energía de su hogar con base a los datos que recabe del medidor de luz, para cuantificar el pago de la misma.

CONTENIDOS PRINCIPALES	
Tema. Potencia eléctrica.	Resumen. El ahorro de luz y del consumo de energía es un tema que se pone de moda gracias al cuidado del medio ambiente, con fines de cada día contaminar menos nuestro planeta.
Subtema (s).	

RECURSOS DIDÁCTICOS
<ul style="list-style-type: none">• Pizarra.• Plumones.• Material de lectura.• Materiales diversos.

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE

Introducción	Tiempo
El docente explica las actividades que realizará el estudiante.	10 minutos
Desarrollo	
El docente explica cómo recabar datos del medidor de luz y resuelve las dudas que surjan.	30 minutos
Integración o cierre	
Al finalizar, el docente retroalimentará los puntos más importantes.	5 minutos

CRITERIOS DE EVALUACIÓN

DESEMPEÑO	PRODUCTO
Muestra interés por realizar la actividad.	

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y/O INTERNET

Bibliografía:

- Tippens, P. (2010). Física y Aplicaciones. Editorial Mc Graw Hill. México.
- Pérez, H. (2010). Física General. Editorial Patria. México.
- García, E. & Domínguez, G. (2015). Física 2. Editorial Pearson. México.

TAREA

Tomar una foto del medidor de luz análogo o digital de su casa y realizar la lectura.

Plan de sesión No. 80

Asignatura: Física II Nivel: Medio superior Semestre: Cuarto Bloque: III

Tiempo estimado: 45 minutos Tema: Potencia eléctrica Fecha: _____

UNIDADES DE COMPETENCIA	
Principal (es) competencia (s) disciplinar (es) y atributos fundamentales de las competencias genéricas.	
Competencias genéricas (Atributos):	Competencias disciplinares.
<ul style="list-style-type: none">• Expresa ideas y conceptos mediante representaciones lingüísticas, matemáticas o gráficas.• Sigue instrucciones y procedimientos de manera reflexiva, comprendiendo cómo cada uno de sus pasos contribuye al alcance de un objetivo.• Estructura ideas y argumentos de manera clara, coherente y sintética.	<ul style="list-style-type: none">• Obtiene, registra y sistematiza la información para responder a preguntas de carácter científico, consultando fuentes relevantes y realizando experimentos pertinentes.

Objetivo de aprendizaje:

Al finalizar la sesión, el alumno calculará el pago del consumo de energía de su hogar con base a los datos que recabe del medidor de luz.

CONTENIDOS PRINCIPALES	
Tema. Potencia eléctrica.	Resumen. El ahorro de luz y del consumo de energía es un tema que se pone de moda gracias al cuidado del medio ambiente, con fines de cada día contaminar menos nuestro planeta.
Subtema (s).	

RECURSOS DIDÁCTICOS
<ul style="list-style-type: none">• Pizarra.• Plumones.• Material de lectura.• Materiales diversos.

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE

Introducción	Tiempo
El docente solicita a los estudiantes que preparen su material.	5 minutos
Desarrollo	
El docente acompaña a los estudiantes en la toma correcta de la lectura de su medidor de luz y apoya para calcular el consumo de energía con base a los rangos establecido por CFE.	30 minutos
Integración o cierre	
Al finalizar, el docente retroalimentará la actividad y recordará la importancia de llevarla a cabo.	10 minutos

CRITERIOS DE EVALUACIÓN

DESEMPEÑO	PRODUCTO
Muestra interés por realizar la actividad.	ADA 13.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y/O INTERNET

Bibliografía:

- Tippens, P. (2010). Física y Aplicaciones. Editorial Mc Graw Hill. México.
- Pérez, H. (2010). Física General. Editorial Patria. México.
- García, E. & Domínguez, G. (2015). Física 2. Editorial Pearson. México.

TAREA

Plan de sesión No. **81**

Asignatura: **Física II** Nivel: **Medio superior** Semestre: **Cuarto** Bloque: **III**

Tiempo estimado: **45 minutos** Tema: **Potencia eléctrica** Fecha: _____

UNIDADES DE COMPETENCIA	
Principal (es) competencia (s) disciplinar (es) y atributos fundamentales de las competencias genéricas.	
Competencias genéricas (Atributos):	Competencias disciplinares.
<ul style="list-style-type: none">• Expresa ideas y conceptos mediante representaciones lingüísticas, matemáticas o gráficas.• Sigue instrucciones y procedimientos de manera reflexiva, comprendiendo cómo cada uno de sus pasos contribuye al alcance de un objetivo.• Estructura ideas y argumentos de manera clara, coherente y sintética.	<ul style="list-style-type: none">• Obtiene, registra y sistematiza la información para responder a preguntas de carácter científico, consultando fuentes relevantes y realizando experimentos pertinentes.

Objetivo de aprendizaje:

Al finalizar la sesión, el alumno resolverá ejercicios en donde se presenten problemas de potencia eléctrica, utilizando el modelo matemático adecuado.

CONTENIDOS PRINCIPALES	
Tema. Potencia eléctrica.	Resumen. El ahorro de luz y del consumo de energía es un tema que se pone de moda gracias al cuidado del medio ambiente, con fines de cada día contaminar menos nuestro planeta.
Subtema (s).	

RECURSOS DIDÁCTICOS
<ul style="list-style-type: none">• Pizarra.• Plumones.• Calculadora científica.• Materiales diversos.

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE

Introducción	Tiempo
Se presentan los ejercicios escritos en la pizarra.	10 minutos
Desarrollo	
Se les solicita a los estudiantes que resuelvan los tres primeros ejercicios de la ADA 14 en la pizarra y los expliquen.	25 minutos
Integración o cierre	
Al finalizar, el docente retroalimentará la actividad.	10 minutos

CRITERIOS DE EVALUACIÓN

DESEMPEÑO	PRODUCTO
Muestra interés por realizar la actividad.	ADA 14.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y/O INTERNET

Bibliografía:

- Tippens, P. (2010). Física y Aplicaciones. Editorial Mc Graw Hill. México.
- Pérez, H. (2010). Física General. Editorial Patria. México.
- García, E. & Domínguez, G. (2015). Física 2. Editorial Pearson. México.

TAREA

Resolver los siguientes tres ejercicios de la ADA 14 (4 al 6).

Plan de sesión No. 82

Asignatura: Física II Nivel: Medio superior Semestre: Cuarto Bloque: III

Tiempo estimado: 45 minutos Tema: Potencia eléctrica Fecha: _____

UNIDADES DE COMPETENCIA	
Principal (es) competencia (s) disciplinar (es) y atributos fundamentales de las competencias genéricas.	
Competencias genéricas (Atributos):	Competencias disciplinares.
<ul style="list-style-type: none">• Expresa ideas y conceptos mediante representaciones lingüísticas, matemáticas o gráficas.• Sigue instrucciones y procedimientos de manera reflexiva, comprendiendo cómo cada uno de sus pasos contribuye al alcance de un objetivo.• Estructura ideas y argumentos de manera clara, coherente y sintética.	<ul style="list-style-type: none">• Obtiene, registra y sistematiza la información para responder a preguntas de carácter científico, consultando fuentes relevantes y realizando experimentos pertinentes.

Objetivo de aprendizaje:

Al finalizar la sesión, el alumno resolverá ejercicios en donde se presenten problemas de potencia eléctrica, utilizando el modelo matemático adecuado.

CONTENIDOS PRINCIPALES	
Tema. Potencia eléctrica.	Resumen. El ahorro de luz y del consumo de energía es un tema que se pone de moda gracias al cuidado del medio ambiente, con fines de cada día contaminar menos nuestro planeta.
Subtema (s).	

RECURSOS DIDÁCTICOS
<ul style="list-style-type: none">• Pizarra.• Plumones.• Calculadora científica.• Materiales diversos.

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE

Introducción	Tiempo
Se presentan los ejercicios escritos en la pizarra.	10 minutos
Desarrollo	
Se les solicita a los estudiantes que resuelvan los últimos tres ejercicios de la ADA 14 en la pizarra y los expliquen.	25 minutos
Integración o cierre	
Al finalizar, el docente retroalimentará la actividad.	10 minutos

CRITERIOS DE EVALUACIÓN

DESEMPEÑO	PRODUCTO
Muestra interés por realizar la actividad.	ADA 14.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y/O INTERNET

Bibliografía:

- Tippens, P. (2010). Física y Aplicaciones. Editorial Mc Graw Hill. México.
- Pérez, H. (2010). Física General. Editorial Patria. México.
- García, E. & Domínguez, G. (2015). Física 2. Editorial Pearson. México.

TAREA

Plan de sesión No. 83

Asignatura: Física II Nivel: Medio superior Semestre: Cuarto Bloque: III

Tiempo estimado: 45 minutos Tema: Circuitos electrónicos Fecha: _____

UNIDADES DE COMPETENCIA	
Principal (es) competencia (s) disciplinar (es) y atributos fundamentales de las competencias genéricas.	
Competencias genéricas (Atributos):	Competencias disciplinares.
<ul style="list-style-type: none">• Expresa ideas y conceptos mediante representaciones lingüísticas, matemáticas o gráficas.• Maneja las tecnologías de la información y la comunicación para obtener información y expresar ideas.	<ul style="list-style-type: none">• Valora las preconcepciones personales o comunes sobre diversos fenómenos naturales a partir de evidencias científicas.• Hace explícitas las nociones científicas que sustentan los procesos para la solución de problemas cotidianos.• Relaciona las expresiones simbólicas de un fenómeno de la naturaleza y los rasgos observables a simple vista o mediante instrumentos o modelos científicos.

Objetivo de aprendizaje:

Al finalizar la sesión, el alumno conocerá los componentes básicos de los circuitos electrónicos, a partir de imágenes presentadas en clase, para valorar su funcionalidad según el componente.

CONTENIDOS PRINCIPALES	
<p>Tema. Circuitos electrónicos.</p> <p>Subtema (s).</p> <ul style="list-style-type: none">• Circuitos en serie.• Circuitos en paralelo.• Circuitos mixtos.	<p>Resumen. Los electrones para viajar requieren de un medio ante la presencia de una diferencia de potencial o de voltaje.</p>

RECURSOS DIDÁCTICOS
<ul style="list-style-type: none">• Pizarra.• Plumones.

- Cañón y laptop.
- Materiales de lectura.

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE

Introducción	Tiempo
Se solicita a los estudiantes que lean el material de Andrés Rubio Espinosa, “Electricidad y circuitos eléctricos básicos”.	5 minutos
Desarrollo	
Los estudiantes realizarán la ADA 15.	25 minutos
Integración o cierre	
Se realizará la retroalimentación en plenaria.	10 minutos

CRITERIOS DE EVALUACIÓN

DESEMPEÑO	PRODUCTO
Muestra interés por realizar la actividad.	ADA 15.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y/O INTERNET

Bibliografía:

- Tippens, P. (2010). Física y Aplicaciones. Editorial Mc Graw Hill. México.
- Pérez, H. (2010). Física General. Editorial Patria. México.
- García, E. & Domínguez, G. (2015). Física 2. Editorial Pearson. México.

TAREA

Realiza la ADA 16.

Plan de sesión No. **84**

Asignatura: **Física II** Nivel: **Medio superior** Semestre: **Cuarto** Bloque: **III**
Tiempo estimado: **45 minutos** Tema: **Circuitos electrónicos** Fecha: _____

UNIDADES DE COMPETENCIA	
Principal (es) competencia (s) disciplinar (es) y atributos fundamentales de las competencias genéricas.	
Competencias genéricas (Atributos):	Competencias disciplinares.
<ul style="list-style-type: none">• Expresa ideas y conceptos mediante representaciones lingüísticas, matemáticas o gráficas.• Maneja las tecnologías de la información y la comunicación para obtener información y expresar ideas.	<ul style="list-style-type: none">• Valora las preconcepciones personales o comunes sobre diversos fenómenos naturales a partir de evidencias científicas.• Hace explícitas las nociones científicas que sustentan los procesos para la solución de problemas cotidianos.• Relaciona las expresiones simbólicas de un fenómeno de la naturaleza y los rasgos observables a simple vista o mediante instrumentos o modelos científicos.

Objetivo de aprendizaje:

Al finalizar la sesión, el alumno describirá las características de los tipos de circuitos con base a la observación de algunos videos, para llenar una tabla comparativa.

CONTENIDOS PRINCIPALES	
<p>Tema. Circuitos electrónicos.</p> <p>Subtema (s).</p> <ul style="list-style-type: none">• Circuitos en serie.• Circuitos en paralelo.• Circuitos mixtos.	<p>Resumen. Los circuitos eléctricos nos permiten controlar muchos aparatos electrónicos que usamos en nuestra vida diaria. Gracias a ellos y a su clasificación es posible mejorar la tecnología que usamos e incluso la que usaremos en el futuro.</p>

RECURSOS DIDÁCTICOS
<ul style="list-style-type: none">• Pizarra.• Plumones.• Cañón, bocinas y laptop.

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE

Introducción	Tiempo
El docente presenta los videos de los circuitos en serie.	17 minutos
Desarrollo	
Se verifica la información en plenaria.	25 minutos
Integración o cierre	
Se integra el conocimiento llenando la tabla comparativa de la ADA 16.	8 minutos

CRITERIOS DE EVALUACIÓN

DESEMPEÑO	PRODUCTO
Muestra interés por realizar la actividad.	ADA 16 circuito en serie.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y/O INTERNET

Bibliografía:

- Tippens, P. (2010). Física y Aplicaciones. Editorial Mc Graw Hill. México.
- Pérez, H. (2010). Física General. Editorial Patria. México.
- García, E. & Domínguez, G. (2015). Física 2. Editorial Pearson. México.

TAREA

Terminar la tabla de la ADA 16, observando los videos.

Plan de sesión No. 85

Asignatura: Física II Nivel: Medio superior Semestre: Cuarto Bloque: III

Tiempo estimado: 45 minutos Tema: Circuitos electrónicos Fecha: _____

UNIDADES DE COMPETENCIA	
Principal (es) competencia (s) disciplinar (es) y atributos fundamentales de las competencias genéricas.	
Competencias genéricas (Atributos):	Competencias disciplinares.
<ul style="list-style-type: none">• Expresa ideas y conceptos mediante representaciones lingüísticas, matemáticas o gráficas.• Maneja las tecnologías de la información y la comunicación para obtener información y expresar ideas.	<ul style="list-style-type: none">• Valora las preconcepciones personales o comunes sobre diversos fenómenos naturales a partir de evidencias científicas.• Hace explícitas las nociones científicas que sustentan los procesos para la solución de problemas cotidianos.• Relaciona las expresiones simbólicas de un fenómeno de la naturaleza y los rasgos observables a simple vista o mediante instrumentos o modelos científicos.

Objetivo de aprendizaje:

Al finalizar la sesión, el alumno describirá las características de los tipos de circuitos con base a la observación de algunos videos, para llenar una tabla comparativa.

CONTENIDOS PRINCIPALES	
<p>Tema. Circuitos electrónicos.</p> <p>Subtema (s).</p> <ul style="list-style-type: none">• Circuitos en serie.• Circuitos en paralelo.• Circuitos mixtos.	<p>Resumen. Los circuitos eléctricos nos permiten controlar muchos aparatos electrónicos que usamos en nuestra vida diaria. Gracias a ellos y a su clasificación es posible mejorar la tecnología que usamos e incluso la que usaremos en el futuro.</p>

RECURSOS DIDÁCTICOS
<ul style="list-style-type: none">• Pizarra.• Plumones.• Cañón, bocinas y laptop.

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE

Introducción	Tiempo
El docente presenta los videos de los circuitos en paralelo.	15 minutos
Desarrollo	
Se verifica la información en plenaria.	25 minutos
Integración o cierre	
Se integra el conocimiento llenando la tabla comparativa de la actividad #16.	10 minutos

CRITERIOS DE EVALUACIÓN

DESEMPEÑO	PRODUCTO
Muestra interés por realizar la actividad.	ADA 16 circuito en paralelo y mixto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y/O INTERNET

Bibliografía:

- Tippens, P. (2010). Física y Aplicaciones. Editorial Mc Graw Hill. México.
- Pérez, H. (2010). Física General. Editorial Patria. México.
- García, E. & Domínguez, G. (2015). Física 2. Editorial Pearson. México.

TAREA

Plan de sesión No. 86

Asignatura: Física II Nivel: Medio superior Semestre: Cuarto Bloque: III

Tiempo estimado: 45 minutos Tema: Circuitos electrónicos Fecha: _____

UNIDADES DE COMPETENCIA	
Principal (es) competencia (s) disciplinar (es) y atributos fundamentales de las competencias genéricas.	
Competencias genéricas (Atributos):	Competencias disciplinares.
<ul style="list-style-type: none">• Expresa ideas y conceptos mediante representaciones lingüísticas, matemáticas o gráficas.• Maneja las tecnologías de la información y la comunicación para obtener información y expresar ideas.	<ul style="list-style-type: none">• Valora las preconcepciones personales o comunes sobre diversos fenómenos naturales a partir de evidencias científicas.• Hace explícitas las nociones científicas que sustentan los procesos para la solución de problemas cotidianos.• Relaciona las expresiones simbólicas de un fenómeno de la naturaleza y los rasgos observables a simple vista o mediante instrumentos o modelos científicos.

Objetivo de aprendizaje:

Al finalizar la sesión, el alumno calculará las resistencias equivalentes de los circuitos eléctricos, a través del uso de modelos matemáticos, para resolver problemas en el aula.

CONTENIDOS PRINCIPALES	
<p>Tema. Circuitos electrónicos.</p> <p>Subtema (s).</p> <ul style="list-style-type: none">• Circuitos en serie.• Circuitos en paralelo.• Circuitos mixtos.	<p>Resumen. Los circuitos eléctricos nos permiten controlar muchos aparatos electrónicos que usamos en nuestra vida diaria. Gracias a ellos y a su clasificación es posible mejorar la tecnología que usamos e incluso la que usaremos en el futuro.</p>

RECURSOS DIDÁCTICOS
<ul style="list-style-type: none">• Pizarra.• Plumones.• Calculadora científica.

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE	
Introducción	Tiempo
Se escriben en la pizarra las ecuaciones a utilizar y el ejercicio de ejemplo.	10 minutos
Desarrollo	
Se desarrolla el ejercicio ejemplo, explicando paso a paso su procedimiento. Posteriormente se marca resolver el ejercicio #1 de la ADA 17, solicitando que algún estudiante lo resuelva.	27 minutos
Integración o cierre	
Se verifica la solución en plenaria y se explica.	8 minutos

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	
DESEMPEÑO	PRODUCTO
Participa en la solución de problemas y aporta opiniones de solución.	ADA 17, ejercicio 1.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y/O INTERNET
Bibliografía: <ul style="list-style-type: none"> • Tippens, P. (2010). Física y Aplicaciones. Editorial Mc Graw Hill. México. • Pérez, H. (2010). Física General. Editorial Patria. México. • García, E. & Domínguez, G. (2015). Física 2. Editorial Pearson. México.

TAREA
Resolver el ejercicio #2 de la ADA 17.

Plan de sesión No. 87

Asignatura: Física II Nivel: Medio superior Semestre: Cuarto Bloque: III

Tiempo estimado: 45 minutos Tema: Circuitos electrónicos Fecha: _____

UNIDADES DE COMPETENCIA	
Principal (es) competencia (s) disciplinar (es) y atributos fundamentales de las competencias genéricas.	
Competencias genéricas (Atributos):	Competencias disciplinares.
<ul style="list-style-type: none">• Expresa ideas y conceptos mediante representaciones lingüísticas, matemáticas o gráficas.• Maneja las tecnologías de la información y la comunicación para obtener información y expresar ideas.	<ul style="list-style-type: none">• Valora las preconcepciones personales o comunes sobre diversos fenómenos naturales a partir de evidencias científicas.• Hace explícitas las nociones científicas que sustentan los procesos para la solución de problemas cotidianos.• Relaciona las expresiones simbólicas de un fenómeno de la naturaleza y los rasgos observables a simple vista o mediante instrumentos o modelos científicos.

Objetivo de aprendizaje:

Al finalizar la sesión, el alumno calculará las resistencias equivalentes de los circuitos eléctricos, a través del uso de modelos matemáticos, para resolver problemas en el aula.

CONTENIDOS PRINCIPALES	
<p>Tema. Circuitos electrónicos.</p> <p>Subtema (s).</p> <ul style="list-style-type: none">• Circuitos en serie.• Circuitos en paralelo.• Circuitos mixtos.	<p>Resumen. Los circuitos eléctricos nos permiten controlar muchos aparatos electrónicos que usamos en nuestra vida diaria. Gracias a ellos y a su clasificación es posible mejorar la tecnología que usamos e incluso la que usaremos en el futuro.</p>

RECURSOS DIDÁCTICOS
<ul style="list-style-type: none">• Pizarra.• Plumones.• Calculadora científica.

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE

Introducción	Tiempo
Se solicita a un alumno que resuelva el ejercicio 2 de la ADA 17.	15 minutos
Desarrollo	
Se analiza la solución del ejercicio y se explica detalladamente. Se marca uno más de tarea.	22 minutos
Integración o cierre	
Se concluye retomando los conocimientos vistos con anterioridad.	8 minutos

CRITERIOS DE EVALUACIÓN

DESEMPEÑO	PRODUCTO
Participa en la solución de problemas y aporta opiniones de solución.	ADA 17, ejercicio 2.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y/O INTERNET

Bibliografía:

- Tippens, P. (2010). Física y Aplicaciones. Editorial Mc Graw Hill. México.
- Pérez, H. (2010). Física General. Editorial Patria. México.
- García, E. & Domínguez, G. (2015). Física 2. Editorial Pearson. México.

TAREA

Resuelve el ejercicio 3 de la ADA 17.

Plan de sesión No. **88**

Asignatura: **Física II** Nivel: **Medio superior** Semestre: **Cuarto** Bloque: **III**

Tiempo estimado: **45 minutos** Tema: **Circuitos electrónicos** Fecha: _____

UNIDADES DE COMPETENCIA	
Principal (es) competencia (s) disciplinar (es) y atributos fundamentales de las competencias genéricas.	
Competencias genéricas (Atributos):	Competencias disciplinares.
<ul style="list-style-type: none">• Expresa ideas y conceptos mediante representaciones lingüísticas, matemáticas o gráficas.• Maneja las tecnologías de la información y la comunicación para obtener información y expresar ideas.	<ul style="list-style-type: none">• Valora las preconcepciones personales o comunes sobre diversos fenómenos naturales a partir de evidencias científicas.• Hace explícitas las nociones científicas que sustentan los procesos para la solución de problemas cotidianos.• Relaciona las expresiones simbólicas de un fenómeno de la naturaleza y los rasgos observables a simple vista o mediante instrumentos o modelos científicos.

Objetivo de aprendizaje:

Al finalizar la sesión, el alumno calculará las resistencias equivalentes de los circuitos eléctricos, a través del uso de modelos matemáticos, para resolver problemas en el aula.

CONTENIDOS PRINCIPALES	
<p>Tema. Circuitos electrónicos.</p> <p>Subtema (s).</p> <ul style="list-style-type: none">• Circuitos en serie.• Circuitos en paralelo.• Circuitos mixtos.	<p>Resumen. Los circuitos eléctricos nos permiten controlar muchos aparatos electrónicos que usamos en nuestra vida diaria. Gracias a ellos y a su clasificación es posible mejorar la tecnología que usamos e incluso la que usaremos en el futuro.</p>

RECURSOS DIDÁCTICOS
<ul style="list-style-type: none">• Pizarra.• Plumones.• Calculadora científica.

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE	
Introducción	Tiempo
Se solicita a un alumno que resuelva el ejercicio 3 de la ADA 17.	15 minutos
Desarrollo	
Se analiza la solución del ejercicio y se explica detalladamente. Se marca uno más de tarea.	22 minutos
Integración o cierre	
Se concluye retomando los conocimientos vistos con anterioridad.	8 minutos

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	
DESEMPEÑO	PRODUCTO
Participa en la solución de problemas y aporta opiniones de solución.	ADA 17, ejercicio 3.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y/O INTERNET
Bibliografía: <ul style="list-style-type: none"> • Tippens, P. (2010). Física y Aplicaciones. Editorial Mc Graw Hill. México. • Pérez, H. (2010). Física General. Editorial Patria. México. • García, E. & Domínguez, G. (2015). Física 2. Editorial Pearson. México.

TAREA
Resuelve el ejercicio 4 de la ADA 17.

Plan de sesión No. 89

Asignatura: Física II Nivel: Medio superior Semestre: Cuarto Bloque: III

Tiempo estimado: 45 minutos Tema: Circuitos electrónicos Fecha: _____

UNIDADES DE COMPETENCIA	
Principal (es) competencia (s) disciplinar (es) y atributos fundamentales de las competencias genéricas.	
Competencias genéricas (Atributos):	Competencias disciplinares.
<ul style="list-style-type: none">• Expresa ideas y conceptos mediante representaciones lingüísticas, matemáticas o gráficas.• Maneja las tecnologías de la información y la comunicación para obtener información y expresar ideas.	<ul style="list-style-type: none">• Valora las preconcepciones personales o comunes sobre diversos fenómenos naturales a partir de evidencias científicas.• Hace explícitas las nociones científicas que sustentan los procesos para la solución de problemas cotidianos.• Relaciona las expresiones simbólicas de un fenómeno de la naturaleza y los rasgos observables a simple vista o mediante instrumentos o modelos científicos.

Objetivo de aprendizaje:

Al finalizar la sesión, el alumno calculará las resistencias equivalentes de los circuitos eléctricos, a través del uso de modelos matemáticos, para resolver problemas en el aula.

CONTENIDOS PRINCIPALES	
<p>Tema. Circuitos electrónicos.</p> <p>Subtema (s).</p> <ul style="list-style-type: none">• Circuitos en serie.• Circuitos en paralelo.• Circuitos mixtos.	<p>Resumen. Los circuitos eléctricos nos permiten controlar muchos aparatos electrónicos que usamos en nuestra vida diaria. Gracias a ellos y a su clasificación es posible mejorar la tecnología que usamos e incluso la que usaremos en el futuro.</p>

RECURSOS DIDÁCTICOS
<ul style="list-style-type: none">• Pizarra.• Plumones.• Calculadora científica.

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE	
Introducción	Tiempo
Se solicita a un alumno que resuelva el ejercicio 4 de la ADA 17.	15 minutos
Desarrollo	
Se analiza la solución del ejercicio y se explica detalladamente. Se marca uno más de tarea.	22 minutos
Integración o cierre	
Se concluye retomando los conocimientos vistos con anterioridad.	8 minutos

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	
DESEMPEÑO	PRODUCTO
Participa en la solución de problemas y aporta opiniones de solución.	ADA 17, ejercicio 4.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y/O INTERNET
Bibliografía: <ul style="list-style-type: none"> • Tippens, P. (2010). Física y Aplicaciones. Editorial Mc Graw Hill. México. • Pérez, H. (2010). Física General. Editorial Patria. México. • García, E. & Domínguez, G. (2015). Física 2. Editorial Pearson. México.

TAREA
Resuelve el ejercicio 5 de la ADA 17.

Plan de sesión No. 90

Asignatura: Física II Nivel: Medio superior Semestre: Cuarto Bloque: III

Tiempo estimado: 45 minutos Tema: Circuitos electrónicos Fecha: _____

UNIDADES DE COMPETENCIA	
Principal (es) competencia (s) disciplinar (es) y atributos fundamentales de las competencias genéricas.	
Competencias genéricas (Atributos):	Competencias disciplinares.
<ul style="list-style-type: none">• Expresa ideas y conceptos mediante representaciones lingüísticas, matemáticas o gráficas.• Maneja las tecnologías de la información y la comunicación para obtener información y expresar ideas.	<ul style="list-style-type: none">• Valora las preconcepciones personales o comunes sobre diversos fenómenos naturales a partir de evidencias científicas.• Hace explícitas las nociones científicas que sustentan los procesos para la solución de problemas cotidianos.• Relaciona las expresiones simbólicas de un fenómeno de la naturaleza y los rasgos observables a simple vista o mediante instrumentos o modelos científicos.

Objetivo de aprendizaje:

Al finalizar la sesión, el alumno calculará las resistencias equivalentes de los circuitos eléctricos, a través del uso de modelos matemáticos, para resolver problemas en el aula.

CONTENIDOS PRINCIPALES	
<p>Tema. Circuitos electrónicos.</p> <p>Subtema (s).</p> <ul style="list-style-type: none">• Circuitos en serie.• Circuitos en paralelo.• Circuitos mixtos.	<p>Resumen. Los circuitos eléctricos nos permiten controlar muchos aparatos electrónicos que usamos en nuestra vida diaria. Gracias a ellos y a su clasificación es posible mejorar la tecnología que usamos e incluso la que usaremos en el futuro.</p>

RECURSOS DIDÁCTICOS
<ul style="list-style-type: none">• Pizarra.• Plumones.• Calculadora científica.

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE	
Introducción	Tiempo
Se solicita a un alumno que resuelva el ejercicio 5 de la ADA 17.	15 minutos
Desarrollo	
Se analiza la solución del ejercicio y se explica detalladamente. Se marca uno más de tarea.	22 minutos
Integración o cierre	
Se concluye retomando los conocimientos vistos con anterioridad.	8 minutos

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	
DESEMPEÑO	PRODUCTO
Participa en la solución de problemas y aporta opiniones de solución.	ADA 17, ejercicio 5.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y/O INTERNET
Bibliografía: <ul style="list-style-type: none"> • Tippens, P. (2010). Física y Aplicaciones. Editorial Mc Graw Hill. México. • Pérez, H. (2010). Física General. Editorial Patria. México. • García, E. & Domínguez, G. (2015). Física 2. Editorial Pearson. México.

TAREA

ACTIVIDADES DE
APRENDIZAJE

DE LA ASIGNATURA

FÍSICA II



ADA 1: EXISTE O NO EXISTE TRABAJO

BLOQUE I MATERIA: FÍSICA II

ALUMNO(A): _____

VALOR: _____

MAESTRO: I.Q. RICARDO HERNÁNDEZ CORTAZAR

SESIÓN 01 SEMESTRE: CUARTO

FECHA DE ENTREGA: _____

GRUPO: _____

Instrucción: Con base a las imágenes que se te presentan a continuación, escribe debajo de cada figura, si se realiza o no trabajo mecánico y posteriormente responde las preguntas planteadas.

1)



2)



3)



4)



5)



6)



7)



El atleta sólo sostiene la pesa.

8)



9)



1. ¿En qué imagen la persona aplica una fuerza?

2. ¿En qué imagen se presenta un desplazamiento?

3. ¿En qué imagen la fuerza aplicada y el desplazamiento tienen la misma dirección?

4. ¿Consideras que en todas las imágenes se efectúa un trabajo mecánico? Explica tu respuesta.

ADA 2: EJERCICIOS DE TRABAJO MECÁNICO

BLOQUE I

MATERIA: FÍSICA II

ALUMNO(A): _____

VALOR: _____

MAESTRO: I.Q. RICARDO HERNÁNDEZ CORTAZAR

SESIÓN 02

SEMESTRE: CUARTO

FECHA DE ENTREGA: _____

GRUPO: _____

Instrucción: En triadas, resuelve en tu libreta los siguientes ejercicios que a continuación se te presentan.

1. Una atleta olímpica levanta 1.85 m una pesa de 200 kg.
 - a) ¿Cuál es el valor del trabajo que realiza el atleta?
 - b) Si mantiene la pesa a esa altura durante 1 minuto, ¿Cuál es el valor del trabajo que realiza?
 - c) Si camina 2 m horizontalmente sosteniendo la pesa a la misma altura, ¿Cuál es el valor del trabajo que realiza?



2. Un conductor sufrió una avería en carretera y tuvo que empujar su automóvil con una fuerza de 170 N cuya dirección formaba un ángulo de 25° con la horizontal. Si el vehículo recorrió una distancia de 19 m, ¿Cuál fue el trabajo mecánico realizado por el conductor?

3. Una persona realizó un trabajo de 3 060 J al elevar verticalmente una carga hasta 2.04 m de altura. ¿Cuál es la masa de la carga?



4. Si un bloque tiene una masa de 1 000 g, ¿qué distancia fue empujado horizontalmente si se realizó un trabajo de 310 J?

5. Una vendedora de manzanas realiza un trabajo diario de 1 800 J. Si recorre una distancia diaria de 316 m, ¿qué fuerza mínima necesita para cubrir su trabajo?



6. Una niña que pesa 637 N sube por una escalera que tiene una longitud de 30 m hasta llegar a una altura de 20 m.
 - a) ¿Qué trabajo realizó?
 - b) ¿Qué trabajo realiza si sube hasta la misma altura, pero ahora usando una escalera que mide 35 m?

ADA 3: EVALUACIÓN DE TRABAJO MECÁNICO

BLOQUE I

MATERIA: FÍSICA II

ALUMNO(A): _____

VALOR: _____

MAESTRO: I.Q. RICARDO HERNÁNDEZ CORTAZAR

2 HNP

SEMESTRE: CUARTO

FECHA DE ENTREGA: _____

GRUPO: _____

Instrucción 1: Identifica y explica si se efectúa o no trabajo mecánico en las siguientes imágenes:

1)



2)



3)



En esta imagen el automóvil no se está desplazando.

4)



No puede levantar la caja.

5)



6)



Instrucción 2: Individualmente, resuelve en tu libreta los siguientes ejercicios.

1. Un caballo arrastra un tronco que está sujeto a una cuerda que forma un ángulo de 39° respecto al suelo y aplica un trabajo de 20 J, durante una distancia de 10 m, ¿Qué tensión tiene la cuerda durante el trabajo realizado?
2. Un bloque es arrastrado con una fuerza de 500 N que forma un ángulo de 75° respecto a la horizontal y realiza un trabajo de 520 J. ¿Cuál es la distancia horizontal que recorrió el bloque?
3. Un joven de 60 kg sube por una escalera apoyada en la pared un tramo de 15 escalones de 19 cm de alto cada uno. ¿Cuál es el valor del trabajo que realiza el joven?
4. Un pintor desea levantar desde el suelo una cubeta de pintura que tiene una masa de 3 kg hasta un andamio que está a una altura de 110 cm. ¿Cuál es el valor del trabajo que tendrá que realizar el pintor?

ADA 4: ¿CUÁNDO ERES MÁS POTENTE?

BLOQUE I

MATERIA: FÍSICA II

ALUMNO(A): _____

VALOR: _____

MAESTRO: I.Q. RICARDO HERNÁNDEZ CORTAZAR

SESIÓN 03

SEMESTRE: CUARTO

FECHA DE ENTREGA: _____

GRUPO: _____

Instrucción: Lee el siguiente texto y realiza lo que se te indica.

Janeth Galilea tiene una masa de 46 kg y sube hasta el tercer piso de un edificio, a una altura de 12 m. Primero sube la escalera corriendo y tarda 45 segundos. Luego sube la escalera caminando lentamente y tarda 180 segundos.

a) Calcula el trabajo realizado en ambas ocasiones.

--	--

b) ¿En qué situación se realiza mayor trabajo?

c) ¿En qué situación Janeth Galilea fue más eficiente al realizar el trabajo? ¿Por qué?

d) Calcula la potencia en ambas ocasiones.

--	--

ADA 5: EJERCICIOS DE POTENCIA MECÁNICA

BLOQUE I

MATERIA: FÍSICA II

ALUMNO(A): _____

VALOR: _____

MAESTRO: I.Q. RICARDO HERNÁNDEZ CORTAZAR

SESIÓN 04 y 05

SEMESTRE: CUARTO

FECHA DE ENTREGA: _____

GRUPO: _____

Instrucción: En triadas, resuelve los siguientes ejercicios en tu libreta y prepárate para resolverlos frente al grupo en la pizarra.

1. Un levantador de pesas puede elevar una barra de pesas de 155 kg a una altura de 190 cm en 2 segundos. ¿Cuál es su potencia?
2. Calcula la potencia de una grúa que es capaz de levantar 50 bultos de cemento hasta una altura de 15 m en 3.5 s, si cada bulto tiene una masa de 50 kg.
3. Calcula el tiempo en minutos que requiere el motor de un elevador cuya potencia es de 37 500 w para elevar una carga de 6 000 N hasta una altura de 70 m.
4. El motor de un automóvil de 800 kg alcanza una potencia de 600 w en 10 s. ¿Cuál es la distancia recorrida en ese periodo?
5. ¿Qué cantidad de trabajo requiere una licuadora si utiliza 35 w para triturar hielo en 8 s?
6. Determina la potencia de un aparato mecánico, si desplaza un objeto a 60 m en 0.5 min, usando una fuerza de 60 N y que forma con la horizontal un ángulo de 30°.

ADA 6: LA ENERGÍA

BLOQUE I

MATERIA: FÍSICA II

ALUMNO(A): _____

VALOR: _____

MAESTRO: I.Q. RICARDO HERNÁNDEZ CORTAZAR

SESIÓN 06

SEMESTRE: CUARTO

FECHA DE ENTREGA: _____

GRUPO: _____

Instrucción: Con base al video presentado sobre la energía, sus fuentes y sus transformaciones, contesta las preguntas que a continuación se te presentan y prepárate para discutirlo en plenaria.

1. Define la energía.

2. ¿Qué tipos de cambio produce la energía?

3. ¿Qué es un cambio físico? Escribe tres ejemplos.

Ejemplo 1: _____

Ejemplo 2: _____

Ejemplo 3: _____

4. ¿Qué es un cambio químico? Escribe tres ejemplos.

Ejemplo 1: _____

Ejemplo 2: _____

Ejemplo 3: _____

5. Menciona cinco tipos de energía.

1) _____

2) _____

3) _____

4) _____

5) _____

6. ¿Cuál es la principal fuente de energía de nuestro planeta?

7. ¿Cuál es el tipo de energético más empleado en nuestros días?

8. ¿Qué tipo de energía almacena el petróleo?

9. ¿Cómo se formó el petróleo?

10. Cuáles son las fuentes de energía renovables. Menciona dos ejemplos.

Ejemplo 1: _____

Ejemplo 2: _____

11. Cuáles son las fuentes de energía NO renovables. Menciona dos ejemplos.

Ejemplo 1: _____

Ejemplo 2: _____

ADA 7: TRANSFORMACIONES DE LA ENERGÍA

BLOQUE I

MATERIA: FÍSICA II

ALUMNO(A): _____

VALOR: _____

MAESTRO: I.Q. RICARDO HERNÁNDEZ CORTAZAR

SESIÓN 07

SEMESTRE: CUARTO

FECHA DE ENTREGA: _____

GRUPO: _____

Instrucción: Con base a las imágenes que se presentan a continuación, complete la tabla.

	Forma de energía que representa la imagen	Forma (s) de energía en que se puede transformar
		
		
		
		
		
		

ADA 8: CARTEL SOBRE TIPOS DE ENERGÍA

BLOQUE I

MATERIA: FÍSICA II

ALUMNO(A): _____

VALOR: _____

MAESTRO: I.Q. RICARDO HERNÁNDEZ CORTAZAR

SESIÓN 08

SEMESTRE: CUARTO

FECHA DE ENTREGA: _____

GRUPO: _____

Instrucciones:

- 1) El grupo se debe dividir en 8 equipos.
- 2) Cada equipo preparará un cartel diferente sobre los tipos de energía.
- 3) Podrán elegir entre:
 - a. Energía solar.
 - b. Energía eléctrica.
 - c. Energía eólica.
 - d. Energía hidráulica.
 - e. Energía atómica.
 - f. Energía térmica.
 - g. Energía química.
 - h. Energía mecánica.
- 4) Lo expondrán en clase, para lo cual dispondrán de sólo 4 minutos para tal efecto.
- 5) Al finalizar lo entregarán al docente debidamente rotulado con los nombres de los integrantes y el grupo al que pertenece.

ADA 9: ENERGÍA CINÉTICA Y POTENCIAL GRAVITACIONAL

BLOQUE I

MATERIA: FÍSICA II

ALUMNO(A): _____

VALOR: _____

MAESTRO: I.Q. RICARDO HERNÁNDEZ CORTAZAR

SESIÓN 9, 10, 11

SEMESTRE: CUARTO

FECHA DE ENTREGA: _____

GRUPO: _____

Instrucción 1: En triadas, considerando las imágenes siguientes expliquen si el objeto que se menciona arriba de cada imagen presenta energía cinética o energía potencial.

1) Balón



2) Automóvil



3) Volante



4) Control remoto



5) Pelota



6) Motocicleta



7) Persona



8) Balón



Instrucción 2: En triadas, resuelvan los siguientes ejercicios en sus libretas.

1. Una roca de 151 kg se encuentra en lo alto de un montículo de 99.5 m de alto, ¿Cuál es la energía potencial gravitacional de la roca respecto al suelo?
2. Un auto de control remoto que tiene una masa de 5.1 kg se mueve a una velocidad de 2 m/s, ¿Cuál es la energía cinética del auto?
3. Alex es un corredor cuya masa es de 60.5 kg y su velocidad promedio es de 12.5 km/h, ¿Cuál es la energía cinética de Alex cuando está corriendo?
4. Determina la velocidad que lleva un cuerpo cuya masa es de 8 kg, si su energía cinética es de 299 J.
5. Si el peso de una persona es de 765 N y su energía potencial es de 2 878 J, ¿a qué altura sobre el suelo se encuentra?
6. Determina la velocidad de una bala de 5 g que tiene una energía cinética de 529.2 J.

7. Un cuerpo de 6 kg se levanta a una altura de 8 m en 1.5 minutos y se deja caer libremente.
- ¿Cuál es el valor del trabajo realizado para levantar el cuerpo?
 - ¿Cuál es la potencia del cuerpo?
 - ¿Cuál es la energía potencial del cuerpo a esa altura?
 - ¿Cuál es la energía cinética del cuerpo a los 8 m?
 - ¿Cuál es la energía cinética del cuerpo justo antes de que impacte al suelo?
8. En las cataratas del Niágara el agua cae desde una altura de 50 m. La masa de agua que cae en un segundo es de 20 000 toneladas.
- ¿Cuál es el valor del trabajo que se realiza?
 - ¿Cuál es la energía potencial del agua en lo más alto de las cataratas?
 - ¿Cuál es la potencia desarrollada?
9. Un cuerpo de 3 kg se eleva hasta una altura de 20 m.
- ¿Cuál es la energía potencial del cuerpo?
 - ¿Qué ocurre con la E_p si la masa se duplica y la altura se mantiene constante?
 - ¿Qué ocurre con la E_p si la masa disminuye a la tercera parte y se mantiene constante la altura?
 - ¿Qué ocurre con la E_p si la altura se aumenta cuatro veces y la masa del cuerpo se mantiene constante?
 - ¿Qué ocurre con la E_p si la altura disminuye a la mitad y la masa del cuerpo se mantiene constante?
 - Con base en lo anterior completa los enunciados:
 - La relación entre la energía potencial y la masa es _____ (directamente/inversamente) proporcional.
 - La relación entre la energía potencial y la altura es _____ (directamente/inversamente) proporcional.
10. Un cuerpo de masa 6 kg viaja a una velocidad de 3 m/s.
- ¿Cuál es su energía cinética?
 - ¿Qué ocurre con la E_c si la masa se duplica y la velocidad se mantiene constante?
 - ¿Qué ocurre con la E_c si la masa disminuye a la tercera parte y la velocidad se mantiene constante?
 - ¿Qué ocurre con la E_c si la velocidad aumenta al doble y la masa del cuerpo se mantiene constante?
 - ¿Qué ocurre con la E_c si la velocidad se reduce a la tercera parte y la masa del cuerpo se mantiene constante?
 - Con base en lo anterior completa los enunciados:
 - La relación entre la energía cinética y la masa es _____ (directamente/inversamente) proporcional.
 - La relación entre la energía cinética y la velocidad es _____ (directamente/inversamente) proporcional.

ADA 10: CONSERVACIÓN DE LA ENERGÍA

BLOQUE I

MATERIA: FÍSICA II

ALUMNO(A): _____

VALOR: _____

MAESTRO: I.Q. RICARDO HERNÁNDEZ CORTAZAR

SESIÓN 12 y 13

SEMESTRE: CUARTO

FECHA DE ENTREGA: _____

GRUPO: _____

Instrucción: Resuelve en tu libreta los siguientes ejercicios.

1. Una flecha de 250 g de masa se dispara en línea recta hacia arriba con una velocidad inicial de 28 m/s. calcula:
 - a) La energía cinética inicial.
 - b) La energía potencial en la altura máxima.
 - c) El valor de la energía mecánica.
 - d) La altura máxima alcanzada por la flecha.

2. Un objeto de 11 kg se encuentra en la azotea de un edificio a una altura de 25 m. calcula:
 - a) La energía potencial.
 - b) La energía cinética final.
 - c) La energía mecánica.

ADA 11: HIDRÁULICA Y SU DIVISIÓN

BLOQUE I

MATERIA: FÍSICA II

ALUMNO(A): _____

VALOR: _____

MAESTRO: I.Q. RICARDO HERNÁNDEZ CORTAZAR

SESIÓN 14

SEMESTRE: CUARTO

FECHA DE ENTREGA: _____

GRUPO: _____

Instrucciones:

- 1) Formarán equipos de 5 integrantes.
- 2) Cada equipo buscará los siguientes conceptos:
 - Hidráulica.
 - Hidrostática.
 - Hidrodinámica.
 - Fluido.
 - Fluido incompresible.
 - Fluido compresible.
 - Características de los líquidos.
 - Tensión superficial.
 - Fuerza de cohesión.
 - Adherencia.
 - Capilaridad.
 - Viscosidad.
 - Densidad.
 - Peso específico.
- 3) Con base a estos conceptos realizarán un mapa conceptual jerarquizado de la hidráulica y sus ramas de estudio, así como las características de los líquidos.
- 4) Todos se presentarán en clase frente al grupo.

**ADA 12: EXPERIMENTOS DE LAS
CARACTERÍSTICAS DE LOS LÍQUIDOS**

BLOQUE I

MATERIA: FÍSICA II

ALUMNO(A): _____

VALOR: _____

MAESTRO: I.Q. RICARDO HERNÁNDEZ CORTAZAR

SESIÓN 15

SEMESTRE: CUARTO

FECHA DE ENTREGA: _____

GRUPO: _____

Instrucciones:

- 1) El grupo se dividirá en 9 equipos:
- 2) Cada equipo demostrará con algún experimento una característica de los líquidos, la que le sea designada.
- 3) El experimento escogido lo practicará en casa para cerciorarse de que todo salga bien y lo representará en clase frente a grupo y explicará el fenómeno.
- 4) Algún compañero del equipo deberá grabar la demostración en forma correcta.
- 5) La grabación se entrega al profesor en el formato que les pida y del medio que les solicite, cuando él lo solicite.

ADA 13: DENSIDAD Y PESO ESPECÍFICO

BLOQUE I

MATERIA: FÍSICA II

ALUMNO(A): _____

VALOR: _____

MAESTRO: I.Q. RICARDO HERNÁNDEZ CORTAZAR

SESIÓN 16 y 17

SEMESTRE: CUARTO

FECHA DE ENTREGA: _____

GRUPO: _____

Instrucción: En equipos de 3 integrantes, resuelve en tu libreta los siguientes ejercicios.

1. Calcula la densidad de una bebida contenida en un recipiente de capacidad 600 ml. cuyo peso es de 2.94 N.
2. Una persona en edad adulta sana tiene aproximadamente entre 4.5 y 6 litros de sangre. Calcula el peso específico de la sangre de un adulto de 60 kg, que tiene 5 litros de sangre cuya densidad es de 1.06 g/cm^3 .
3. Calcula el volumen de un vino cuya densidad es de 0.75 g/cm^3 y que tiene una masa de 78 g.
4. Determina el peso específico de una barra de harina que tiene una densidad de 0.48 g/cm^3 y que tiene una masa de 8 g.
5. En una empresa que fabrica productos para limpieza, almacenan el cloro en un tanque de $1\ 000 \text{ m}^3$. Considerando que su densidad es de 2.87 kg/m^3 , determina la masa correspondiente para que se pueda programar la producción del líquido limpiador.
6. El aire en condiciones normales tiene una densidad de 1.3 kg/m^3 . ¿Cuál es la masa de aire que llena una sala cuyas dimensiones son 5 m de largo, 6 m de ancho y 2.5 m de largo?
7. La forma de la Tierra puede considerarse una esfera. El radio de la Tierra es de $6.37 \times 10^6 \text{ m}$ y su masa es de $6.37 \times 10^{24} \text{ kg}$. Calcula la densidad promedio de la tierra.
8. Calcula el volumen de un balón de fútbol cuya densidad es de 0.1 g/cm^3 y su masa es de 450 g. ¿Cuál es el radio del balón en **metros**?

ADA 14: PRESIÓN

BLOQUE I

MATERIA: FÍSICA II

ALUMNO(A): _____

VALOR: _____

MAESTRO: I.Q. RICARDO HERNÁNDEZ CORTAZAR

SESIÓN 18

SEMESTRE: CUARTO

FECHA DE ENTREGA: _____

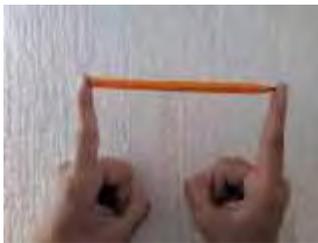
GRUPO: _____

Instrucción: Individualmente, responde lo siguiente:

1. ¿Qué consideras que duele más: un pisotón con el tacón de un zapato de mujer o uno con el tacón de un zapato de hombre? Explica tu respuesta.



2. Si tomas un bolígrafo sin la tapa que protege la punta y lo aprietas en sus extremos de la pluma con tus dedos índices, ¿qué sensación y deformación crees que experimentarán tus dedos?



3. Con base a las siguientes imágenes, responde la pregunta.



¿En qué posición crees que se deformará más el colchón? Explica tu respuesta.

**ADA 15: EJERCICIOS DE PRESIÓN SUPERFICIAL,
HIDROSTÁTICA Y MEDICIONES DE PRESIÓN**

BLOQUE I

MATERIA: FÍSICA II

ALUMNO(A): _____

VALOR: _____

MAESTRO: I.Q. RICARDO HERNÁNDEZ CORTAZAR

SESIÓN 19 y 20

SEMESTRE: CUARTO

FECHA DE ENTREGA: _____

GRUPO: _____

Instrucción: En equipos de 5 integrantes, resuelvan en su libreta los ejercicios que a continuación se te presentan.

1. Calcula la presión ejercida sobre el suelo por un bloque de hielo cuyo peso es de 80 N, al apoyarse sobre una de sus caras, cuya área es de $1\ 500\text{ cm}^2$.
2. Calcula la fuerza ejercida sobre la base de una cisterna que mide 4 m de largo, 3 m de ancho y 2 m de alto, cuando se encuentra llena de agua.
3. Calcula la altura a la cual se debe colocar un tinaco para obtener una presión de salida de agua, a nivel del suelo de 39.2 kPa.
4. Se sabe que una persona puede intoxicarse con nitrógeno cuando se somete a una presión aproximada de 600 kPa. Determina la profundidad máxima que soporta un buzo al sumergirse en el mar. ($\rho_{\text{mar}} = 1020\text{ kg/m}^3$)
5. Un objeto de 80 cm^2 se encuentra en el fondo de una piscina de 3 m de profundidad. Si la piscina se encuentra completamente llena con agua, calcula el valor de la fuerza que se ejerce sobre dicho objeto.
6. La presión absoluta de un cuerpo sumergido en glicerina es de 112 kPa. Considerando una densidad de $1\ 270\text{ kg/m}^3$ para la glicerina, determina a qué profundidad se encuentra el cuerpo respecto al nivel de la glicerina.
7. Considerando una presa de 50 m de altura, calcula:
 - a) La presión hidrostática en la parte inferior de la presa.
 - b) La magnitud de la fuerza que se ejerce en una compuerta de acero de 0.8 m^2 que se encuentra a tal profundidad.
 - c) La presión absoluta a tal profundidad, considerando que la presión atmosférica es de 98 066 Pa.
8. Un barco se encuentra hundido en el mar soportando una presión total de 6 atm. Calcula la profundidad a la que se encuentra.

ADA 16: PRINCIPIO DE PASCAL

BLOQUE I

MATERIA: FÍSICA II

ALUMNO(A): _____

VALOR: _____

MAESTRO: I.Q. RICARDO HERNÁNDEZ CORTAZAR

SESIÓN 21 a 24

SEMESTRE: CUARTO

FECHA DE ENTREGA: _____

GRUPO: _____

Instrucción: En equipos de 4 integrantes, resuelvan en su libreta los ejercicios que a continuación se les presentan.

1. En un taller mecánico se necesita conocer el diámetro del émbolo mayor de un gato hidráulico para poder levantar un auto de 42 300 N, sabiendo que el compresor que se tiene, puede aplicar una fuerza de 320 N en un émbolo de 1.5 cm de radio.
2. Calculen la fuerza que se aplica en el émbolo menor de una prensa hidráulica de 10 cm² de área, si en el émbolo mayor de 150 cm² se produce una fuerza de 10 500 N.
3. ¿Qué masa máxima puede levantarse en el émbolo mayor de una prensa hidráulica cuyo diámetro es de 21 cm, si en el émbolo menor se aplica una fuerza de 551 N y éste tiene un diámetro de 5.5 cm?
4. Se requiere utilizar una prensa hidráulica para levantar una masa de 1000 kg.
 - a) ¿Cuál es la fuerza que se requiere sin utilizar la prensa?
 - b) ¿Cuál es la fuerza que se tiene que aplicar utilizando la prensa, si el émbolo sobre el cual se encuentra la masa tiene un área de 6 m² y el émbolo que se empuja tiene un área de 0.06 m²?

ADA 17: PRINCIPIO DE ARQUÍMEDES

BLOQUE I

MATERIA: FÍSICA II

ALUMNO(A): _____

VALOR: _____

MAESTRO: I.Q. RICARDO HERNÁNDEZ CORTAZAR

SESIÓN 25 a 30

SEMESTRE: CUARTO

FECHA DE ENTREGA: _____

GRUPO: _____

Instrucción 1) Redacten 5 ejemplos de aplicación del principio de Arquímedes en el contexto en el que te desarrollas (escolar, vivencial, lugar donde vives, etc)

1. _____
2. _____
3. _____
4. _____
5. _____

Instrucción 2) En equipos de 5 integrantes, resuelvan en su libreta los ejercicios que a continuación se les presentan.

1. Un cubo de madera mide 5 cm por cada lado, se coloca en agua y se sumerge en un 70% de su volumen. Determinen:
 - a) El empuje que recibe.
 - b) Su densidad.
2. Calculen el volumen de un objeto en agua, si registra un peso de 500 N sumergido, y de 585 N fuera del agua.
3. Un embalaje compuesto por moléculas gigantes tiene un volumen de 0.09 m^3 y un peso de 30 N, cuando se sumerge en aceite de linaza. Si la densidad del aceite de linaza es de 940 kg/m^3 . Determinen:
 - a) El peso del embalaje al aire libre.
 - b) La densidad del embalaje.
4. Una esfera que tiene un peso de 20 000 N está suspendida de un dinamómetro. ¿Cuál es el valor de la fuerza de empuje al sumergirla en agua?
5. Una esfera de madera tiene 6 cm de radio, se sumerge en un líquido cuya densidad es de 0.7 g/cm^3 hasta la mitad de su volumen. Determinen:
 - a) El empuje que recibe.
 - b) Su densidad.

ADA 18: MODELO DEL PRINCIPIO DE ARQUÍMEDES

BLOQUE I

MATERIA: FÍSICA II

ALUMNO(A): _____

VALOR: _____

MAESTRO: I.Q. RICARDO HERNÁNDEZ CORTAZAR

SESIÓN 25 a 30

SEMESTRE: CUARTO

FECHA DE ENTREGA: _____

GRUPO: _____

Instrucciones:

1. Construir un prototipo casero que demuestre el principio de Arquímedes.
2. Se realizará en equipos de 9 integrantes.
3. Grabarán la construcción del mismo desde el inicio hasta el fin.
4. Expondrán su prototipo en plenaria y se les realizarán preguntas con base a la exposición.

ADA 1: ¿SENTIMOS FRÍO O PERDEMOS CALOR?

BLOQUE II

MATERIA: FÍSICA II

ALUMNO(A): _____

VALOR: _____

MAESTRO: I.Q. RICARDO HERNÁNDEZ CORTAZAR

SESIÓN 31

SEMESTRE: CUARTO

FECHA DE ENTREGA: _____

GRUPO: _____

Instrucción: Con base en la lectura, responde las siguientes preguntas:

¿Por qué cuando nos estamos congelando sentimos calor?



La congelación del organismo se certifica cuando la temperatura cutánea es inferior a -2°C y las partes expuestas a la intemperie quedan insensibilizadas, como nariz, orejas y manos. El cuerpo reacciona a la bajada de temperatura ambiental contrayendo los capilares periféricos, para disminuir el flujo sanguíneo y conservar así el calor interno. Por otro lado, la piel está tachonada de terminaciones nerviosas especializadas que mandan señales al cerebelo, la estructura cerebral que controla la temperatura orgánica.

Al ser informado de un enfriamiento, el cerebelo se activa para subir la temperatura interna a 37°C , que es la ideal. Y lo hace mediante la

secreción de adrenalina, una hormona que activa el metabolismo y, por tanto, la producción de calor. El cerebro también pone a trabajar la musculatura, que comienza a tiritar para generar mayor temperatura. Esto explica por qué en los primeros estadios de la congelación, la persona afectada comienza a sentir un intenso calor.

1. ¿Por qué el cuerpo humano siente "frío"?

2. ¿Qué hecho registra el ser humano para afirmar que siente calor?

3. ¿Por qué el movimiento del cuerpo puede elevar su temperatura?

4. Cuando tienes calor te decides tomar una bebida súper fría, ¿por qué después de un tiempo sientes calor nuevamente?

5. ¿por qué te abrigas cuando sientes frío?

6. ¿Cómo definirías la temperatura de un cuerpo?

7. ¿Cómo definirías el concepto de calor?

ADA 2: ¿LA FRICCIÓN GENERA CALOR?

BLOQUE II

MATERIA: FÍSICA II

ALUMNO(A): _____

VALOR: _____

MAESTRO: I.Q. RICARDO HERNÁNDEZ CORTAZAR

SESIÓN 32

SEMESTRE: CUARTO

FECHA DE ENTREGA: _____

GRUPO: _____

Instrucción: Realiza las siguientes actividades en tu cuaderno y coméntalas en plenaria.

- 1) Con una goma de borrar, frota rápidamente la mesa u otra superficie lisa. ¿Qué le sucede a la temperatura de los cuerpos en las zonas frotadas?

- 2) Toma un clip metálico y dobla el alambre hacia atrás y hacia adelante unas 15 veces. ¿Qué le sucede a la temperatura del alambre en la zona doblada?

- 3) Une las palmas de las manos y frótalas rápidamente. ¿Qué percibes? ¿A qué atribuyes ese fenómeno?

- 4) Describe un ejemplo en el cual aumente la temperatura de un cuerpo debido al movimiento del mismo.

- 5) Describe un ejemplo en el cual aumente la temperatura de un cuerpo al ponerlo en contacto con otro que tenga una temperatura mayor.

ADA 3: CONVERSIONES DE TEMPERATURA

BLOQUE II

MATERIA: FÍSICA II

ALUMNO(A): _____

VALOR: _____

MAESTRO: I.Q. RICARDO HERNÁNDEZ CORTAZAR

SESIÓN 33 y 34

SEMESTRE: CUARTO

FECHA DE ENTREGA: _____

GRUPO: _____

Instrucción: Formen 13 equipos de 4 personas y realicen las siguientes conversiones.

1) -90.1°F a K	2) 0 K a $^{\circ}\text{F}$	3) 100°C a K
4) 100°C a $^{\circ}\text{F}$	5) 0 K a $^{\circ}\text{C}$	6) 0 K a $^{\circ}\text{F}$
7) 212°F a C	8) 212°F a K	9) 250 K a $^{\circ}\text{C}$
10) -112°C a $^{\circ}\text{F}$	11) -112°C a K	

12) La temperatura más baja registrada fue de -129°F en 1983 en la base rusa Voskov en la Antártida. Expresa esta temperatura en $^{\circ}\text{C}$ y K.

En $^{\circ}\text{C}$	En K
-----------------------	------

13) La temperatura de la superficie del Sol es de 5 778 K. Expresa esta temperatura en $^{\circ}\text{C}$ y $^{\circ}\text{F}$.

En $^{\circ}\text{C}$	En $^{\circ}\text{F}$
-----------------------	-----------------------

ADA 4: ACTIVIDAD EXPERIMENTAL

BLOQUE II

MATERIA: FÍSICA II

ALUMNO(A): _____

VALOR: _____

MAESTRO: I.Q. RICARDO HERNÁNDEZ CORTAZAR

SESIÓN 35

SEMESTRE: CUARTO

FECHA DE ENTREGA: _____

GRUPO: _____

Instrucción 1) En equipos de trabajo, realicen el siguiente experimento en la casa de alguno.

Materiales:

- Un reloj.
- 3 recipientes: uno con agua fría, otro con agua caliente y otro con agua de la llave.
- El agua caliente no debe quemar.

Procedimiento:

1. Mete la mano izquierda en agua caliente y la otra mano en agua fría durante un minuto.
2. Luego saca las manos y mételas rápidamente en el agua de la llave durante dos minutos.

Instrucción 2) Respondan las siguientes preguntas y comenten en clase con sus compañeros bajo la conducción del profesor.

1. Al meter la mano en agua caliente, ¿la sensación térmica era la misma en las dos manos? Explica tu respuesta.

2. Después de tener las manos sumergidas durante 2 minutos en agua corriente, ¿la sensación térmica era la misma en las dos manos? Explica tu respuesta.

3. ¿Puede considerarse que el sentido del tacto es lo suficientemente confiable para registrar los cambios de temperatura? Explica tu respuesta.

ADA 5: DILATACIÓN TÉRMICA

BLOQUE II

MATERIA: FÍSICA II

ALUMNO(A): _____

VALOR: _____

MAESTRO: I.Q. RICARDO HERNÁNDEZ CORTAZAR

SESIÓN 36 y 37

SEMESTRE: CUARTO

FECHA DE ENTREGA: _____

GRUPO: _____

Instrucción 1) Considera el siguiente enlace y observa el siguiente video:

<https://www.youtube.com/watch?v=pX7fUUiZb0g>

Instrucción 2) Responde las siguientes preguntas y posteriormente, en el aula, discute las respuestas con tus compañeros.

1. De acuerdo con lo que observaste en el video, ¿qué elemento fue necesario en cada caso, para que se observara la dilatación del cuerpo?

2. ¿Cómo definirías el término dilatación?

3. ¿Cuál es el estado físico de las sustancias en las cuales se presenta la dilatación?

4. En cada caso, ¿Cuál fue la dimensión (longitud, área, volumen) del cuerpo que sufrió mayor aumento?

Dilatación del gas: _____

Dilatación del sólido: _____

Dilatación del líquido: _____

ADA 6: EJERCICIOS DE DILATACIÓN TÉRMICA

BLOQUE II

MATERIA: FÍSICA II

ALUMNO(A): _____

VALOR: _____

MAESTRO: I.Q. RICARDO HERNÁNDEZ CORTAZAR

SESIÓN 38 y 39

SEMESTRE: CUARTO

FECHA DE ENTREGA: _____

GRUPO: _____

Instrucción 1: En equipos de 4 integrantes, realiza en tu libreta los siguientes ejercicios.

1. Un frasco de alcohol se mete al refrigerador. Si el frasco tiene capacidad de 250 ml. y estaba lleno, ¿Cuánto espacio queda libre después de que la temperatura baje 20°C? ($\gamma_{alcohol} = 0.00074/^\circ C$)
2. Una botella de glicerina con capacidad de 500 ml. se llena hasta el tope y se mete al microondas, si su temperatura era de 18°C y al sacarla es de 45°C, calcula la cantidad de glicerina que se derramó. ($\gamma_{glicerina} = 0.000485/^\circ C$)
3. Se construirá una vía del tren de acero en invierno, cuando la temperatura es aproximadamente 12°C. Calcula la distancia que se debe dejar entre cada tramo de 30 m, si la temperatura máxima en el año es de 40°C. ($\alpha_{acero} = 0.000272/^\circ C$)
4. Una puerta de acero hermética de 1 m x 2 m divide dos cámaras frigoríficas. ¿Cuál será su tamaño dentro de la cámara si fue elaborada a 21°C y la cámara está a 3°C? ($\alpha_{acero} = 0.000272/^\circ C$)
5. En una nave industrial se colocarán planchas de concreto cuadradas de 2 m x 2 m. ¿Cuánto espacio se debe dejar entre plancha y plancha, si sufre un cambio aproximado de 20°C durante el día? ($\beta_{concreto} = 0.000014/^\circ C$)
6. Se desea llenar con glicerina una pipa de hierro con capacidad de 500 litros. La temperatura de ambos es de 22°C. ¿Qué volumen se debe dejar libre, para que no se derrame esta sustancia, si en el traslado se incrementa la temperatura de la pipa y la glicerina a 35°C? ($\gamma_{glicerina} = 485 \times 10^{-6}/^\circ C$)
7. ¿Cuál es la longitud inicial de un cable de cobre al disminuir la temperatura a 15°C, sin con una temperatura de 42°C mide 416 m? ($\alpha_{cobre} = 16.7 \times 10^{-6}/^\circ C$)
8. Una esfera metálica se encuentra a 9°C y tiene un volumen de 0.6 m³, posteriormente su temperatura aumenta a 42°C y la esfera incrementa su volumen a 0.601188 m³. Determina el coeficiente de dilatación volumétrico del metal. ¿puedes determinar de qué metal se trata?
9. Un gas a presión constante y a 0°C ocupa un volumen de 30 litros. Si su temperatura se incrementa a 21°C, determina en litros el volumen final del gas.
10. Haciendo uso de tus conocimientos sobre dilatación, ¿cómo aflojarías la tapa metálica de un frasco de vidrio que se ha atorado? Explica tu respuesta.

ADA 7: CALOR

BLOQUE II

MATERIA: FÍSICA II

ALUMNO(A): _____

VALOR: _____

MAESTRO: I.Q. RICARDO HERNÁNDEZ CORTAZAR

SESIÓN 40 a 43

SEMESTRE: CUARTO

FECHA DE ENTREGA: _____

GRUPO: _____

Instrucción 1) Para cada imagen presentada explica detalladamente si la transferencia de calor se realiza por conducción, convección o radiación e indica cuál cuerpo cede calor y cuál gana calor.

a)



b)



c)



Explicación:

Explicación:

Explicación:

Cede: _____

Gana: _____

Cede: _____

Gana: _____

Cede: _____

Gana: _____

Instrucción 2) En cada una de las siguientes imágenes se presentan los tres tipos de transferencia de calor, explica para cada tipo de transferencia de qué forma ocurre, qué objeto transfiere calor y qué objeto recibe calor.

a)



b)



c)



Conducción _____

Convección: _____

Radiación: _____

Transfiere: _____

Recibe: _____

Conducción _____

Convección: _____

Radiación: _____

Transfiere: _____

Recibe: _____

Conducción _____

Convección: _____

Radiación: _____

Transfiere: _____

Recibe: _____

Instrucción 3) Menciona un ejemplo para cada tipo de transferencia de calor, que observes en tu vida diaria, diferentes a los ya descritos.

Ejemplo de conducción:

Ejemplo de convección:

Ejemplo de radiación:

Instrucción 4) Menciona un fenómeno, diferente a los ya descritos, presentes en tu vida diaria, en el cual sea posible observar los tres tipos de transferencia de calor.

Instrucción 5) Investiga los términos y completa los enunciados tomando las frases o palabras faltantes del recuadro.

Corcho – aire – la nieve – fría – los metales – vidrio – los aislantes – la madera – conductores de calor – madera – caliente – papel

1. Los materiales _____ son aquellos que ofrecen poca resistencia al flujo de calor a través de ellos.
2. Los malos conductores de calor, como: _____, _____, _____, _____ están compuestos de moléculas que sostienen firmemente sus electrones, por tanto, éstos no son móviles y transfieren la energía de forma lenta.
3. Los sólidos, tales como _____ tienen moléculas cuyos átomos tienen electrones sueltos, dichos electrones móviles se desplazan rápidamente y transfieren energía a otros electrones, por tanto, se les considera buenos conductores de calor.
4. _____ son materiales cuyas moléculas se resisten a entrar en vibración, en consecuencia, no transfieren energía en forma de calor. A estos materiales se les utiliza para impedir que el calor se propague de una zona _____ a una zona _____.
5. Un material que conduce poco el calor es _____, por ello se le emplea para las asas de los utensilios de cocina.
6. _____ es un material que conduce muy mal el calor, por ello una capa de este material puede mantener el suelo tibio en épocas de frío.
7. _____ es un mal conductor de calor, por ello no te quemas la mano cuando la metes brevemente en un horno caliente para pizzas.

ADA 8: CAMBIOS DE FASE

BLOQUE II

MATERIA: FÍSICA II

ALUMNO(A): _____

VALOR: _____

MAESTRO: I.Q. RICARDO HERNÁNDEZ CORTAZAR

SESIÓN 44

SEMESTRE: CUARTO

FECHA DE ENTREGA: _____

GRUPO: _____

Instrucción: Con base a la información presentada en clase, completa la tabla que a continuación se te presenta.

Cambio de fase	Explicación
Fusión	
Solidificación	
Vaporización	
Ebullición	
Condensación	
Sublimación	
Sublimación inversa, regresiva o deposición	
Desionización	
ionización	

ADA 9: CAMBIOS DE FASE (CARTEL)

BLOQUE II

MATERIA: FÍSICA II

ALUMNO(A): _____

VALOR: _____

MAESTRO: I.Q. RICARDO HERNÁNDEZ CORTAZAR

SESIÓN 45 y 46

SEMESTRE: CUARTO

FECHA DE ENTREGA: _____

GRUPO: _____

Instrucción: Con base a los estados de la materia y los cambios de fase, realicen lo siguiente:

1. Formen equipos de 5 integrantes.
2. Se sorteará el cambio de fase.
3. Elaboren un cartel que sólo tengan imágenes del cambio de fase que se les haya asignado.
4. Pasarán a explicarlo frente al grupo y responderán las preguntas que se les haga.

ADA 10: CALOR ESPECÍFICO EJERCICIOS

BLOQUE II

MATERIA: FÍSICA II

ALUMNO(A): _____

VALOR: _____

MAESTRO: I.Q. RICARDO HERNÁNDEZ CORTAZAR

SESIÓN 47 y 48

SEMESTRE: CUARTO

FECHA DE ENTREGA: _____

GRUPO: _____

Instrucción 1) En binas, realicen los siguientes ejercicios en su libreta.

1. El aire contenido en un globo tiene una masa de 25 g. Si el globo está a 25°C y luego lo sacan a la calle donde la temperatura es de 10°C, obtén el calor específico en joules del aire si sabes que se perdieron 60 calorías.
2. Se suministran 10 kcal a una muestra de madera de 1 kg, y se observa que se temperatura se eleva de 20°C a 44°C. calcula el calor específico de la madera.
3. ¿Cuánto calor en joules y BTU cede al ambiente una barra de plomo de 1 kg al enfriarse de 150°C a 30°C? ($C_{e\text{plomo}} = 0.031 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$).
4. Determina la masa de una barra de cobre cuando cede al ambiente 1.2 kcal, si su temperatura desciende de 80°C a 30°C. $C_{e\text{cobre}} = 0.092 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$.
5. Calcula la temperatura a la que se encontraban 150 kg de agua cuando reciben 9.234 kcal por parte de un cubo de acero, que hace ascender su temperatura a 23°C. ($C_{e\text{agua}} = 1 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$).
6. Una muestra de plomo tiene 500 g de masa y se encuentra a 100°C. ¿Hasta qué temperatura hay que enfriar, para que ceda al ambiente 600 cal? $C_{e\text{plomo}} = 0.031 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$.
7. ¿Cuánta energía en joules se necesita para calentar 3 litros de agua desde la temperatura de congelación hasta la temperatura de ebullición? (La masa de un litro de agua en condiciones normales es de 1 kg).
8. ¿Cuánto calor se necesitará para que 100 g de hierro experimente un cambio de temperatura de 20°C? $C_{e\text{hierro}} = 0.113 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$.
9. Se tiene un bloque de madera de 2 kg a una temperatura inicial de 60 K y se obtienen 88 000 J de calor al incrementar su temperatura. ¿Cuál es la temperatura final del bloque en °C? $C_{e\text{madera}} = 0.42 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$.
10. Un calentador con una capacidad de 45 litros puede calentar el agua de 15°C hasta 50°C en 30 minutos. ¿Cuál es la potencia térmica del calentador? Recuerda que la potencia se calcula como trabajo/tiempo.

Instrucción 2) Realiza lo siguiente:

- a) Observa el video del enlace siguiente: <http://www.youtube.com/watch?v=bV5jkO1x224>
- b) Explica utilizando el concepto de calor específico por qué los globos se desinflan en ese orden.

ADA 11: CALOR GANADO – CALOR PERDIDO

BLOQUE II

MATERIA: FÍSICA II

ALUMNO(A): _____

VALOR: _____

MAESTRO: I.Q. RICARDO HERNÁNDEZ CORTAZAR

SESIÓN 49 y 50

SEMESTRE: CUARTO

FECHA DE ENTREGA: _____

GRUPO: _____

Instrucción: En equipos de tres personas, resuelvan los siguientes ejercicios en su libreta.

1. Una barra de metal de 350 g se encuentra a una temperatura de 90°C y se introduce en un recipiente de aluminio de masa 2 kg que contiene 1 kg de agua a 30°C. ¿Cuál es la temperatura de equilibrio? (Datos: $C_{\text{metal}} = 0.12 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$, $C_{\text{aluminio}} = 0.217 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$).
2. Si 0.04 kg de metal a 100°C se colocan en 0.15 kg de agua a 18°C, y la temperatura final de la mezcla es de 20°C, ¿Cuál es el calor específico del metal?
3. Una jarra de vidrio cuya masa es de 250 g está a 19°C, para preparar té se agregan dos litros de agua a 90°C. Encuentra la temperatura de equilibrio. ($C_{\text{vidrio}} = 0.199 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$)
4. Una cuchara cuyo peso es de 22 g, cae accidentalmente en un recipiente de vidrio de masa 2 kg, el cual contiene 0.5 litros de agua a 70°C, obteniéndose una temperatura final de 69°C. ¿A qué temperatura se encontraba la cuchara? (Datos: $C_{\text{cuchara}} = 0.078 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$, $C_{\text{vidrio}} = 0.199 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$).
5. Determinar la temperatura final de 900 g de agua a 17°C contenida en un calorímetro de aluminio, el cual tiene una masa de 300 g, después de introducir en ella un trozo de plomo de 400 g, previamente calentado a 100°C. (Datos: $C_{\text{aluminio}} = 0.217 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$, $C_{\text{plomo}} = 0.031 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$).
6. En una jarra con 700 g de agua a 80°C se agregan 200 g de alcohol a 25°C, determina la temperatura de equilibrio. (Datos: $C_{\text{alcohol}} = 0.6 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$).

ADA 12: ¿SERÁ POSIBLE HACERLO?

BLOQUE II

MATERIA: FÍSICA II

ALUMNO(A): _____

VALOR: _____

MAESTRO: I.Q. RICARDO HERNÁNDEZ CORTAZAR

SESIÓN 51

SEMESTRE: CUARTO

FECHA DE ENTREGA: _____

GRUPO: _____

Instrucciones:

- a) Observa el video del enlace siguiente: <http://www.youtube.com/watch?v=7HFbm8rJONs>
- b) Explica con tus propias palabras y basándote en la ley del intercambio de calor qué ocurre en el video.

- c) ¿Es correcto el resultado obtenido en el video? Explica tu respuesta.

- d) ¿Qué variables se necesitan para calcularlo?

ADA 13: PRÁCTICA DE LABORATORIO

BLOQUE II

MATERIA: FÍSICA II

ALUMNO(A): _____

VALOR: _____

MAESTRO: I.Q. RICARDO HERNÁNDEZ CORTAZAR

SESIÓN 52

SEMESTRE: CUARTO

FECHA DE ENTREGA: _____

GRUPO: _____

Instrucciones: Realicen el siguiente experimento casero.

Materiales:

- Dos termómetros.
- Bandeja.
- Un vaso de vidrio.
- Agua.
- Hielo.

Procedimiento:

1. Llena el vaso con cubitos de hielo e introduce en él un termómetro (temperatura 1).
2. Coloca el vaso en una bandeja con agua tibia, introduce en la bandeja otro termómetro para medir la temperatura del agua (temperatura 2).
3. Lee y anota la temperatura de ambos termómetros cada minuto, durante 15 minutos.

Completa la siguiente tabla:

Tiempo en minutos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Temperatura 1 en °C															
Temperatura 2 en °C															

Respondan en su cuaderno lo siguiente:

1. ¿En cuál de los dos recipientes se está realizando un cambio de fase?
2. ¿Cuál es la sustancia que cede calor?
3. ¿Cuál es la sustancia que absorbe calor?
4. ¿De dónde recibe calor el hielo mientras se funde?
5. ¿Cuál es el mecanismo de transmisión de calor que se observa en este experimento?
6. ¿En cuál termómetro se registra un cambio de temperatura?
7. Las lecturas realizadas de las temperaturas, ¿contradicen el hecho de que al recibir calor, la temperatura de una sustancia aumenta? Explica tu respuesta.
8. Investiga el significado del concepto de calor latente y utilízalo, para explicar las observaciones realizadas en el experimento.

ADA 14: CONSTRUCCIÓN DEL CALORÍMETRO

BLOQUE II

MATERIA: FÍSICA II

ALUMNO(A): _____

VALOR: _____

MAESTRO: I.Q. RICARDO HERNÁNDEZ CORTAZAR

SESIÓN 53 y 54

SEMESTRE: CUARTO

FECHA DE ENTREGA: _____

GRUPO: _____

Instrucción: En equipos de 7 integrantes, elaborarán un calorímetro, con el cual diseñará un experimento que demuestre la ley del equilibrio térmico.
Deben grabar la realización del experimento como evidencia de aprendizaje.

ADA 1: LOS RAYOS Y LA ELECTRICIDAD

BLOQUE III

MATERIA: FÍSICA II

ALUMNO(A): _____

VALOR: _____

MAESTRO: I.Q. RICARDO HERNÁNDEZ CORTAZAR

SESIÓN 55

SEMESTRE: CUARTO

FECHA DE ENTREGA: _____

GRUPO: _____



LOS RAYOS Y LA ELECTRICIDAD

Los rayos son fenómenos naturales muy comunes que hemos observado a lo largo de nuestra vida y que a la vez son muy impresionantes. Este fenómeno implica electricidad y fue reportado por primera vez por el naturalista romano Plinio, quien lo observó en la erupción del monte Vesubio, la cual sepultó a la ciudad de Pompeya en el año 79 a.C.

El frente de un rayo puede alcanzar una velocidad máxima de 60 km/s y tener una temperatura mayor a 30,000 °C. Para que un rayo se produzca durante una tormenta, las nubes deben adquirir una

carga eléctrica y la superficie de la Tierra debe adquirir una carga de signo contrario. Si las cantidades de carga son lo suficientemente grandes, el aire se vuelve conductor eléctrico, siendo que en condiciones normales es un aislante. Cuando esto ocurre se produce la corriente eléctrica entre la nube y la superficie de la Tierra. La corriente eléctrica que constituye el rayo es muy intensa.

Con base en la lectura anterior, responde las siguientes preguntas:

1. ¿Qué significa que un objeto adquiera carga eléctrica?

2. ¿La carga eléctrica es una propiedad de los cuerpos?

3. ¿Se considera que de manera natural los cuerpos están cargados eléctricamente?

4. Si la nube y la superficie terrestre adquieren cargas de signo contrario, ¿qué ocurre con dichas cargas, se atraen o se repelen? Explica tu respuesta.

5. La lectura menciona que la nube adquiere una carga eléctrica, indica una forma en la cual consideras que un cuerpo adquiere carga eléctrica.

6. ¿Qué significa que el aire en condiciones normales sea un aislante?

7. Menciona dos fenómenos de tu vida diaria en los cuales esté presente la electricidad.

ADA 2: CONCEPTOS BÁSICOS DE ELECTRICIDAD

BLOQUE III

MATERIA: FÍSICA II

ALUMNO(A): _____

VALOR: _____

MAESTRO: I.Q. RICARDO HERNÁNDEZ CORTAZAR

SESIÓN 56

SEMESTRE: CUARTO

FECHA DE ENTREGA: _____

GRUPO: _____

Instrucciones:

1. En equipos de trabajo, busquen los conceptos de electricidad, electrostática, electrodinámica y carga eléctrica.
2. Realicen un cuadro comparativo donde se plasmen las diferencias entre cada uno de los conceptos.
3. Discutan con su profesor las diferencias.

Definiciones:

Electricidad:

Electrostática:

Electrodinámica:

Carga eléctrica:

CUADRO COMPARATIVO

Electricidad	Electrostática	Electrodinámica	Carga eléctrica

ADA 3: FORMAS DE ELECTRIZAR UN CUERPO

BLOQUE III

MATERIA: FÍSICA II

ALUMNO(A): _____

VALOR: _____

MAESTRO: I.Q. RICARDO HERNÁNDEZ CORTAZAR

SESIÓN 57

SEMESTRE: CUARTO

FECHA DE ENTREGA: _____

GRUPO: _____

Instrucción 1) Investiga y completa en tu libreta la siguiente tabla:

Formas de electrizar un cuerpo	Fricción	Contacto	Inducción
Explicación			
Antes del proceso de electrización, ¿los dos cuerpos son neutros o están cargados?			
Después del proceso de electrización, ¿qué tipo de carga obtiene cada objeto?			
Dibujo representativo			

Instrucción 2) De acuerdo con su capacidad para conducir la electricidad, los materiales pueden ser aislantes o conductores. Investiga y completa la siguiente tabla.

Tipo de material	Explicación	Ejemplos	Utilidad del tipo de material en la vida diaria
Aislante			
Conductor			
Semiconductor			
Superconductor			

ADA 4: LEY DE COULOMB

BLOQUE III

MATERIA: FÍSICA II

ALUMNO(A): _____

VALOR: _____

MAESTRO: I.Q. RICARDO HERNÁNDEZ CORTAZAR

SESIÓN 58 a 60

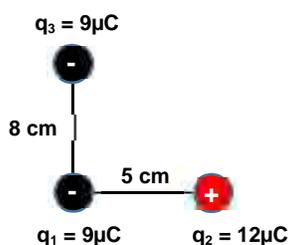
SEMESTRE: CUARTO

FECHA DE ENTREGA: _____

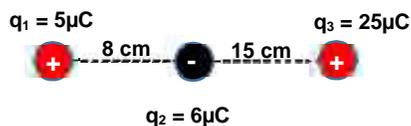
GRUPO: _____

Instrucción: Resuelve en tu libreta los siguientes ejercicios:

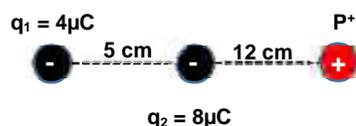
1. Determina la magnitud y naturaleza de la fuerza ejercida entre dos cargas puntuales de $-20\mu\text{C}$ y $8\mu\text{C}$, separadas una distancia de 18 cm.
2. Calcula la fuerza eléctrica sobre la carga 1 mostrada en la siguiente figura:



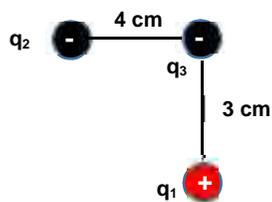
3. Calcula la fuerza sobre la carga 3 mostrada en la siguiente figura:



4. Calcula la fuerza eléctrica sobre la carga 2 mostrada en el siguiente esquema:



5. Determina el valor de la carga que se debe colocar a una distancia de 45 cm de otra carga de $18\mu\text{C}$, para que exista entre ellas una fuerza de repulsión de 5.6 N.
6. Calcula la fuerza sobre la carga 1 mostrada en el siguiente esquema:



7. La fuerza que experimentan dos cargas q_1 y q_2 es de $F_{12} = 5.5 \times 10^{-3}$ N. Si las cargas se encuentran separadas por una distancia de 5 m y una de ellas tiene una carga de $q_1 = 3\mu\text{C}$, ¿Cuál es el valor de la carga q_2 ?
8. Dos cargas puntuales están separadas por una distancia de $r = 3$ m y se atraen inicialmente entre sí con una fuerza de 120 N. Si se reduce la separación entre ellas a un tercio de su valor original, ¿Cuál es el valor de la nueva fuerza?
9. ¿Cuál es la distancia de separación de dos cargas de $-8\mu\text{C}$, si la fuerza de repulsión entre ellas es de 230.5 N?

ADA 5: VIDEO DOCUMENTAL LEY DE COULOMB

BLOQUE III

MATERIA: FÍSICA II

ALUMNO(A): _____

VALOR: _____

MAESTRO: I.Q. RICARDO HERNÁNDEZ CORTAZAR

SESIÓN 61 y 62

SEMESTRE: CUARTO

FECHA DE ENTREGA: _____

GRUPO: _____

Instrucciones:

1. Formen 10 equipos de 4 integrantes.
2. Elaboren un video documental sobre las aplicaciones de la ley de Coulomb en la vida cotidiana.
3. La duración del video no debe exceder más de 5 minutos.

ADA 6: CAMPO ELÉCTRICO

BLOQUE III

MATERIA: FÍSICA II

ALUMNO(A): _____

VALOR: _____

MAESTRO: I.Q. RICARDO HERNÁNDEZ CORTAZAR

SESIÓN 63

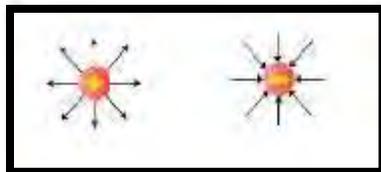
SEMESTRE: CUARTO

FECHA DE ENTREGA: _____

GRUPO: _____

Instrucción: Lee el siguiente texto.

CAMPO ELÉCTRICO



El campo eléctrico existe cuando existe una carga y representa el vínculo entre ésta y otra carga al momento de determinar la interacción entre ambas y las fuerzas ejercidas. Tiene carácter vectorial (campo vectorial) y se representa por medio de líneas de campo. Si la carga es positiva, el campo eléctrico es radial y saliente a dicha carga. Si es negativa es radial y entrante.

La unidad con la que se mide es: $\frac{\text{Newton}}{\text{Coulomb}} = \left[\frac{N}{C} \right]$

La letra con la que se representa el campo eléctrico es la E.

Al existir una carga sabemos que hay un campo eléctrico entrante o saliente de la misma, pero éste es comprobable únicamente al incluir una segunda carga (denominada carga de prueba) y medir la existencia de una fuerza sobre esta segunda carga.

Las cargas eléctricas no precisan de ningún medio material para ejercer su influencia sobre otras, de ahí que las fuerzas eléctricas sean consideradas fuerzas de acción a distancia. Cuando en la naturaleza se da una situación de este estilo, se recurre a la idea de campo para facilitar la descripción en términos físicos de la influencia que uno o más cuerpos ejercen sobre el espacio que les rodea.

La noción física de campo se corresponde con la de un espacio dotado de propiedades medibles. En el caso de que se trate de un campo de fuerzas éste viene a ser aquella región del espacio en donde se dejan sentir los efectos de fuerzas a distancia. Así, la influencia gravitatoria sobre el espacio que rodea la Tierra se hace visible cuando en cualquiera de sus puntos se sitúa, a modo de detector, un cuerpo de prueba y se mide su peso, es decir, la fuerza con que la Tierra lo atrae. Dicha influencia gravitatoria se conoce como campo gravitatorio terrestre. De un modo análogo la física introduce la noción de campo magnético y también la de campo eléctrico o electrostático.

El campo eléctrico asociado a una carga aislada o a un conjunto de cargas es aquella región del espacio en donde se dejan sentir sus efectos. Así, si en un punto cualquiera del espacio en donde está definido un campo eléctrico se coloca una carga de prueba o carga testigo, se observará la aparición de fuerzas eléctricas, es decir, de atracciones o de repulsiones sobre ella.

Algunas características

- En el interior de un conductor el campo eléctrico es 0.
- En un conductor con cargas eléctricas, las mismas se encuentran en la superficie.

Con base a la lectura anterior, escribe la definición de campo eléctrico con tus propias palabras.

ADA 7: CAMPO ELÉCTRICO EJERCICIOS

BLOQUE III

MATERIA: FÍSICA II

ALUMNO(A): _____

VALOR: _____

MAESTRO: I.Q. RICARDO HERNÁNDEZ CORTAZAR

SESIÓN 64 a 66

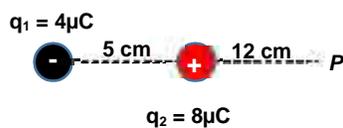
SEMESTRE: CUARTO

FECHA DE ENTREGA: _____

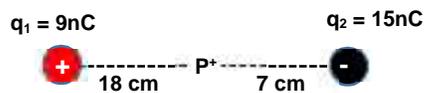
GRUPO: _____

Instrucción: En triadas, resuelvan en su libreta los siguientes ejercicios:

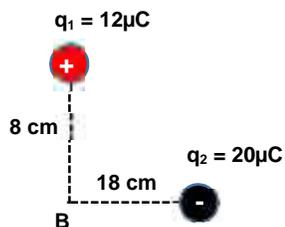
1. Calculen la magnitud del campo eléctrico producido por una carga puntual de 25nC a una distancia de 30 cm .
2. Determinen la distancia a la cual se debe colocar una carga de 15nC para generar un campo eléctrico de 275.51 N/C .
3. Calculen el campo eléctrico en el punto P mostrado en la siguiente figura:



4. Encuentren el valor del campo eléctrico en el punto P señalado en la siguiente figura:



5. Determinen el campo eléctrico en el punto B mostrado en la siguiente figura:



ADA 8: POTENCIAL ELÉCTRICO

BLOQUE III

MATERIA: FÍSICA II

ALUMNO(A): _____

VALOR: _____

MAESTRO: I.Q. RICARDO HERNÁNDEZ CORTAZAR

SESIÓN 67 a 71

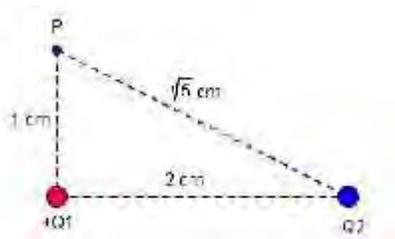
SEMESTRE: CUARTO

FECHA DE ENTREGA: _____

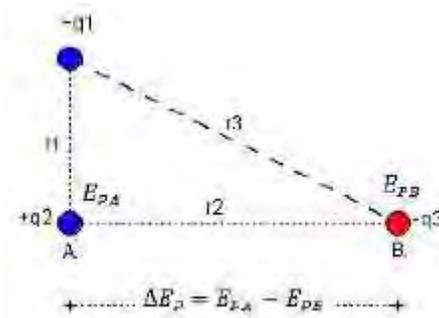
GRUPO: _____

Instrucción: Resuelve en tu libreta los siguientes ejercicios.

1. Calcula la energía potencia eléctrica de un sistema formado por dos partículas cuyas cargas eléctricas de prueba y fuente son iguales a $q = 2\mu\text{C}$ y $Q = 4\mu\text{C}$ respectivamente y se encuentran separadas a una distancia de 2 m.
2. ¿Cuál es la energía potencial eléctrica del sistema formado por tres partículas cuyas cargas son dos positivas y una negativa de una magnitud igual a $2\mu\text{C}$ que se encuentran ubicadas en los vértices de un triángulo equilátero de lado igual a 3 cm?
3. Determina el valor del potencial eléctrico creado por una carga fuente $q = 12\text{nC}$ en un punto ubicado a 10 cm de ella.
4. Determine el potencial eléctrico a 9 cm de un cuerpo cuya carga fuente eléctrica es de $-9\mu\text{C}$.
5. Determine el potencial eléctrico en el punto P que se encuentra en la figura siguiente, debido a la existencia de dos cargas fuente $q_1 = 4\mu\text{C}$ y $q_2 = -2\mu\text{C}$ respectivamente.



6. Las partículas que se encuentran en el siguiente dibujo tienen cargas eléctricas así: $q_1 = 8\text{nC}$, $q_2 = 2\text{nC}$ y $q_3 = -4\text{nC}$, separadas a una distancia de $r_1 = 3\text{cm}$ y $r_2 = 4\text{cm}$. ¿Cuánto trabajo se requiere hacer para trasladar la carga q_1 desde el punto A hasta B?



ADA 9: CORRIENTE ELÉCTRICA Y RESISTENCIA

BLOQUE III

MATERIA: FÍSICA II

ALUMNO(A): _____

VALOR: _____

MAESTRO: I.Q. RICARDO HERNÁNDEZ CORTAZAR

SESIÓN 72

SEMESTRE: CUARTO

FECHA DE ENTREGA: _____

GRUPO: _____

Instrucciones:

Observa los videos en los siguientes enlaces:

- Intensidad de corriente: <https://www.youtube.com/watch?v=YTX2Trvmpw>
- Voltaje: <https://www.youtube.com/watch?v=pgxoB9g4s9o>
- Resistencia eléctrica: <https://www.youtube.com/watch?v=BDMc863Rbtc>

Luego responde las preguntas.

1. Explica con tus propias palabras cuál es la relación entre corriente eléctrica e intensidad de corriente eléctrica.

2. Explica con tus propias palabras qué es el voltaje.

3. ¿Cuál es la diferencia entre la energía potencial eléctrica, potencial eléctrico y el voltaje (diferencia de potencial eléctrico)?

4. De acuerdo con el video, ¿Cuál es la causa de que exista el voltaje?

5. ¿Qué aparatos se usan para propiciar el voltaje?

6. Explica el flujo de electrones respecto al voltaje.

7. Menciona y explica las unidades de intensidad de corriente, voltaje y resistencia.

8. De acuerdo con el tercer video, ¿cómo se definen los materiales aislantes y los conductores?

9. De acuerdo con el tercer video, ¿cuáles son los factores que determinan la resistencia de los materiales?

10. ¿Cuál es la importancia de las resistencias eléctricas?

11. Explica la relación entre la intensidad de corriente eléctrica, voltaje y resistencia.

ADA 10: EJERCICIOS DE CORRIENTE ELÉCTRICA

BLOQUE III

MATERIA: FÍSICA II

ALUMNO(A): _____

VALOR: _____

MAESTRO: I.Q. RICARDO HERNÁNDEZ CORTAZAR

SESIÓN 73 a 75

SEMESTRE: CUARTO

FECHA DE ENTREGA: _____

GRUPO: _____

Instrucciones: Resuelve en tu libreta los siguientes ejercicios.

1. Por la sección transversal de un alambre pasan 10 coulombios en 4 segundos. Calcula la intensidad de la corriente eléctrica.
2. La intensidad de la corriente que atraviesa a un conductor es 5 amperios. Calcula la carga que pasa por su sección transversal en 2 segundos.
3. Encuentra la intensidad de la corriente eléctrica de un circuito, si por él fluyen 9 C de carga durante 25 segundos.
4. Por la sección transversal de un conductor circula una corriente de 25 mA. Determina el tiempo necesario para que fluya una carga de 15 C.

ADA 11: LEY DE OHM

BLOQUE III

MATERIA: FÍSICA II

ALUMNO(A): _____

VALOR: _____

MAESTRO: I.Q. RICARDO HERNÁNDEZ CORTAZAR

SESIÓN 76 y 77

SEMESTRE: CUARTO

FECHA DE ENTREGA: _____

GRUPO: _____

Instrucción: Resuelve en tu libreta los siguientes ejercicios.

1. Determina la intensidad de la corriente eléctrica que circula en un circuito que tiene una resistencia de 25Ω , si está conectado a una fuente de 90 V .
2. Calcula el voltaje al cual debe ser conectada una resistencia de 25Ω para que circule por él una corriente de 2.4 A .
3. Encuentra el valor de la resistencia eléctrica necesaria para que en un circuito fluyan 500 mA , cuando se conecta a una fuente de 110 V .
4. Encuentra el valor de la resistencia eléctrica de un circuito, si por él fluyen 9 C de carga durante 25 s cuando está conectado una diferencia de potencial de 80 V .
5. Calcula el voltaje de fuente a la cual se conecta un circuito con resistencia de 40Ω , si debe fluir una carga de 150 C durante 0.05 minutos.
6. Calcula la resistencia de un conductor que al conectarse a una diferencia de potencial de 12 V deja pasar una corriente de 90 mA .
7. Calcula el voltaje necesario para que una batería produzca una corriente de 200 A a través de una resistencia de 0.03 ohms .

ADA 12: DEFINICIÓN DE POTENCIA ELÉCTRICA

BLOQUE III

MATERIA: FÍSICA II

ALUMNO(A): _____

VALOR: _____

MAESTRO: I.Q. RICARDO HERNÁNDEZ CORTAZAR

SESIÓN 78

SEMESTRE: CUARTO

FECHA DE ENTREGA: _____

GRUPO: _____

Instrucción: Después de escuchar la exposición del docente sobre el tema “potencia eléctrica”, escribe con tus propias palabras el concepto del mismo.

ADA 13: POTENCIA ELÉCTRICA

BLOQUE III

MATERIA: FÍSICA II

ALUMNO(A): _____

VALOR: _____

MAESTRO: I.Q. RICARDO HERNÁNDEZ CORTAZAR

SESIÓN 79 y 80

SEMESTRE: CUARTO

FECHA DE ENTREGA: _____

GRUPO: _____

Instrucciones: Sigue las instrucciones que el docente te dará.

ADA 14: EJERCICIOS DE POTENCIA ELÉCTRICA

BLOQUE III

MATERIA: FÍSICA II

ALUMNO(A): _____

VALOR: _____

MAESTRO: I.Q. RICARDO HERNÁNDEZ CORTAZAR

SESIÓN 81 y 82

SEMESTRE: CUARTO

FECHA DE ENTREGA: _____

GRUPO: _____

Instrucción: Resuelvan en binas los siguientes ejercicios.

1. Calculen la intensidad de corriente que circula por una parrilla eléctrica de 0.8 kW cuando se conecta a una fuente de voltaje de 110 V.
2. Calculen el tiempo para que un aparato eléctrico con resistencia de 60 Ω consuma 1.5 kWh, si se conecta a una fuente de voltaje de 220 V.
3. Calculen el voltaje que se debe suministrar a un dispositivo de 80 Ω , si trabaja con una potencia de 0.9 kW.
4. Un asador eléctrico tiene una resistencia de 25 Ω , determinen el costo de la energía consumida por este dispositivo durante 45 minutos, si se mantiene conectado a una fuente de 110 V.
(Costo: 1 kW-h = \$2.90)
5. Calculen el costo del consumo de energía eléctrica de un foco de 90 W que dura encendido 3 horas con 40 minutos. (Costo: 1 kW-h = \$2.90)
6. Un foco tiene una resistencia de 200 Ω y por él circula una corriente de 1.25 A durante 50 minutos. Calculen el costo de la energía consumida en ese tiempo. (Costo: 1 kW-h = \$2.90)

ADA 15: CIRCUITOS ELÉCTRICOS BÁSICOS

BLOQUE III

MATERIA: FÍSICA II

ALUMNO(A): _____

VALOR: _____

MAESTRO: I.Q. RICARDO HERNÁNDEZ CORTAZAR

SESIÓN 83

SEMESTRE: CUARTO

FECHA DE ENTREGA: _____

GRUPO: _____

Instrucción: En equipos, buscarán los componentes que integran a un circuito electrónico y sus definiciones, así como su funcionamiento; los tipos de circuitos que existen en la actualidad y cómo se representan gráficamente.

Visite la siguiente página:

http://roble.pntic.mec.es/jprp0006/tecnologia/3eso_recursos/unidad10_corriente_continua_y_electromagnetismo/apuntes_andres_rubio_espinosa.pdf

ADA 16: CIRCUITOS EN SERIE, PARALELO Y MIXTO

BLOQUE III

MATERIA: FÍSICA II

ALUMNO(A): _____

VALOR: _____

MAESTRO: I.Q. RICARDO HERNÁNDEZ CORTAZAR

SESIÓN 84 y 85

SEMESTRE: CUARTO

FECHA DE ENTREGA: _____

GRUPO: _____

Instrucciones:

1. Observa los videos de los siguientes enlaces:

- Circuitos en serie:
<https://www.youtube.com/watch?v=PjjVestxSM8>
<https://www.youtube.com/watch?v=ObARK0ciAil>
- Circuito en paralelo:
<https://www.youtube.com/watch?v=vUqPljXJIR8>
<https://www.youtube.com/watch?v=9jPCJrk6RYg>

2. Completa la siguiente tabla:

Tipo de circuito	Definición	Características respecto al voltaje	Características respecto a la corriente (Intensidad)	Características respecto a la resistencia	Ejemplos del tipo de circuito
Serie					
Paralelo					
Mixto					

ADA 17: EJERCICIOS DE CIRCUITOS

BLOQUE III

MATERIA: FÍSICA II

ALUMNO(A): _____

VALOR: _____

MAESTRO: I.Q. RICARDO HERNÁNDEZ CORTAZAR

SESIÓN 86 a 90

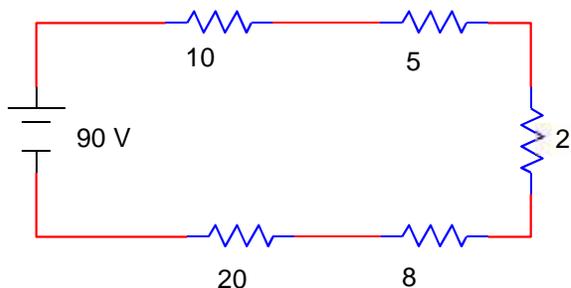
SEMESTRE: CUARTO

FECHA DE ENTREGA: _____

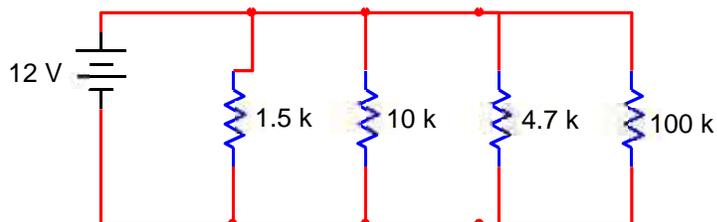
GRUPO: _____

Instrucción: Resuelve individualmente los siguientes ejercicios en tu libreta.

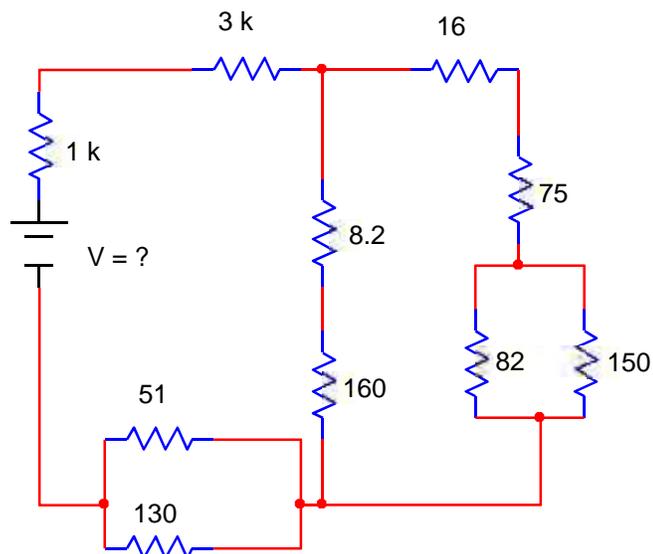
1. Calcular la corriente total que circula en el siguiente circuito con cargas en serie, considerando que la fuente es de 90 volts.



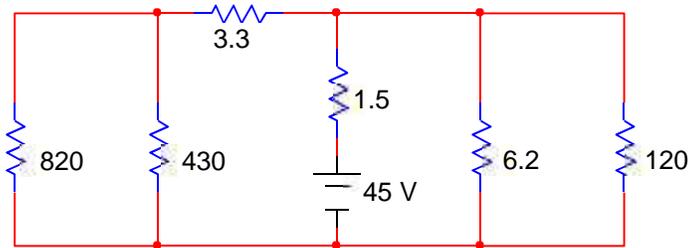
2. Encontrar la corriente que circula por el circuito mostrado, suponiendo que se tiene una fuente de 12V.



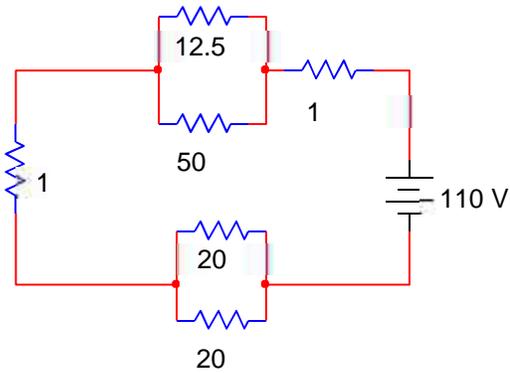
3. Determinar el voltaje que provee la fuente en el siguiente circuito, si existe una corriente circulando de 60 mA.



4. Encontrar la corriente suministrada por la fuente de 45V en el circuito mostrado:



5. Se tiene el siguiente circuito mixto, el cual es alimentado con una fuente de DC de 110V. Calcular para cada resistencia su corriente, voltaje y potencia individual.





RECURSOS

DE LA ASIGNATURA

FÍSICA II





MATERIALES DE LECTURA

DE LA ASIGNATURA

FÍSICA II



TRABAJO Y ENERGÍA CINÉTICA

6



Cuando una atleta lanza la jabalina en una competencia de atletismo, efectúa trabajo sobre la jabalina: es decir, ejerce una fuerza a lo largo de una distancia. El resultado es que la jabalina adquiere energía cinética (energía de movimiento). Al final del vuelo de la jabalina, esa energía cinética efectúa un trabajo sobre el suelo al penetrar en la superficie.

2 Según la tercera ley de Newton, la jabalina ejerce sobre la atleta tanta fuerza como la atleta ejerce sobre la jabalina. ¿Sería correcto decir que la jabalina efectúa trabajo sobre la atleta?

Algunos problemas son más difíciles de lo que parecen. Por ejemplo, suponga que trata de calcular la rapidez de una flecha disparada con un arco. Aplica las leyes de Newton y todas las técnicas de resolución de problemas que hemos aprendido, pero se topa con un obstáculo importante: una vez que el arquero suelta la flecha, la cuerda ejerce una fuerza *variable* que depende de la posición de la flecha. Por ello, los métodos sencillos que aprendimos no bastan para calcular la rapidez. No tema; nos falta mucho para acabar con la mecánica, y hay otros métodos para manejar este tipo de problemas.

El nuevo método que vamos a presentar usa las ideas de *trabajo y energía*. La importancia del concepto de energía surge del *principio de conservación de la energía*: la energía es una cantidad que se puede convertir de una forma a otra pero no puede crearse ni destruirse. En un motor de automóvil, la energía química almacenada en el combustible se convierte parcialmente en la energía del movimiento del auto y parcialmente en energía térmica. En un horno de microondas, la energía electromagnética obtenida de la compañía de electricidad se convierte en energía térmica en la comida cocida. En éstos y todos los demás procesos, la *energía total* —la suma de toda la energía presente en diferentes formas— no cambia. Todavía no se ha hallado ninguna excepción.

Usaremos el concepto de energía en el resto del libro para estudiar una amplísima gama de fenómenos físicos. La energía nos ayudará a entender por qué un

abrigo nos mantiene calientes, cómo el *flash* de una cámara produce un destello de luz, y el significado de la famosa ecuación de Einstein $E = mc^2$.

En este capítulo, empero, nos concentraremos en la mecánica. Conoceremos una importante forma de energía, la *energía cinética* o energía de movimiento, y su relación con el concepto de *trabajo*. También consideraremos la *potencia*, que es la rapidez con que se realiza trabajo. En el capítulo 7 ampliaremos las ideas de trabajo y energía cinética para entender más a fondo los conceptos de energía y conservación de la energía.

6.1 | Trabajo

Seguramente estará de acuerdo en que cuesta trabajo mover un sofá pesado, levantar una pila de libros del piso hasta colocarla en un estante alto, o empujar un auto averiado para retirarlo del camino. Todos estos ejemplos concuerdan con el significado cotidiano de *trabajo*: cualquier actividad que requiere esfuerzo muscular o mental.

En física, el trabajo tiene una definición mucho más precisa. Al utilizar esa definición, descubriremos que, en cualquier movimiento, por complicado que sea, el trabajo total realizado sobre una partícula por todas las fuerzas que actúan sobre ella es igual al cambio en su *energía cinética*: una cantidad relacionada con la rapidez de la partícula. Esta relación se cumple aun si dichas fuerzas no son constantes, situación que puede ser difícil o imposible de manejar con las técnicas de los capítulos 4 y 5. Los conceptos de trabajo y energía cinética nos permitirán resolver problemas de mecánica que no podríamos haber abordado antes.

Deduciremos la relación entre trabajo y energía cinética en la sección 6.2, y veremos qué hacer con fuerzas variables en la sección 6.3. Mientras tanto, veamos cómo se define el trabajo y cómo se calcula en diversas situaciones que implican fuerzas *constantes*. Aunque ya sabemos cómo resolver este tipo de problemas, el concepto de trabajo nos resultará útil.

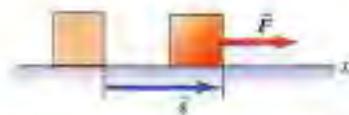
Los tres ejemplos de trabajo antes mencionados —mover un sofá, levantar una pila de libros y empujar un auto— tienen algo en común: realizamos trabajo ejerciendo una *fuerza* sobre un cuerpo mientras éste se *mueve* de un lugar a otro, es decir, sufre un *desplazamiento*. Efectuamos más trabajo si la fuerza es mayor (tiramos más fuerte del sofá) o si el desplazamiento es mayor (lo arrastramos una mayor distancia).

El físico define el trabajo con base en estas observaciones. Considere un cuerpo que sufre un desplazamiento de magnitud s en línea recta. (Por ahora, supondremos que todo cuerpo puede tratarse como partícula y haremos caso omiso cualquier rotación o cambio en la forma del cuerpo.) Mientras el cuerpo se mueve, una fuerza constante \vec{F} actúa sobre él en la dirección del desplazamiento \vec{s} (Fig. 6.1). Definimos el **trabajo** W realizado por esta fuerza constante en estas condiciones como el producto de la magnitud F de la fuerza y la magnitud s del desplazamiento:

$$W = Fs \quad (\text{fuerza constante en dirección del desplazamiento rectilíneo}) \quad (6.1)$$

El trabajo efectuado sobre el cuerpo es mayor si la fuerza F o el desplazamiento s es mayor, lo que coincide con nuestras observaciones.

⚠ CUIDADO No confunda W (trabajo) con w (peso). Si bien los símbolos son casi iguales, se trata de cantidades distintas.



6.1 Cuando una fuerza constante \vec{F} actúa en la misma dirección que el desplazamiento \vec{s} , el trabajo realizado por la fuerza es $W = Fs$.

La unidad de trabajo en el SI es el **joule** (que se abrevia J, se pronuncia “yul” y fue nombrado así en honor del físico inglés del siglo XIX James Prescott Joule).

Por la ecuación (6.1), vemos que, en cualquier sistema de unidades, la unidad de trabajo es la unidad de fuerza multiplicada por la de distancia. En el SI, la unidad de fuerza es el newton y la de distancia es el metro, así que un joule equivale a un *newton-metro* ($\text{N}\cdot\text{m}$):

$$1 \text{ joule} = (1 \text{ newton})(1 \text{ metro}) \quad \text{o} \quad 1 \text{ J} = 1 \text{ N}\cdot\text{m}$$

En el sistema británico, la unidad de fuerza es la libra (lb) y la de distancia es el pie, y la unidad de trabajo es el *pie-libra* ($\text{ft}\cdot\text{lb}$). Estas conversiones son útiles:

$$1 \text{ J} = 0.7376 \text{ ft}\cdot\text{lb} \quad 1 \text{ ft}\cdot\text{lb} = 1.356 \text{ J}$$

Como ilustración de la ecuación (6.1), pensemos en una persona que empuja un auto averiado. Si lo empuja a lo largo de un desplazamiento \vec{s} con una fuerza constante \vec{F} en la dirección del movimiento, la cantidad de trabajo que efectúa sobre el auto está dada por la ecuación (6.1): $W = Fs$. Sin embargo, ¿y si la persona hubiera empujado con un ángulo ϕ respecto al desplazamiento del auto (Fig. 6.2)? Sólo la componente de fuerza en la dirección del movimiento del auto sería útil para moverlo. (Otras fuerzas deben actuar en el auto para que se mueva en la dirección de \vec{s} , no en la dirección de \vec{F} , pero sólo nos interesa el trabajo realizado por la persona, así que sólo consideraremos la fuerza que ella ejerce.) Si la fuerza \vec{F} y el desplazamiento \vec{s} tienen diferente dirección, tomamos la componente de \vec{F} en la dirección de \vec{s} , y definimos el trabajo como el producto de esta componente y la magnitud del desplazamiento. La componente de \vec{F} en la dirección de \vec{s} es $F \cos \phi$, así que

$$W = Fs \cos \phi \quad (\text{fuerza constante, desplazamiento rectilíneo}) \quad (6.2)$$

Estamos suponiendo que F y ϕ son constantes durante el desplazamiento. Si $\phi = 0$ y \vec{F} y \vec{s} tienen la misma dirección, entonces $\cos \phi = 1$ y volvemos a la ecuación (6.1).

La ecuación 6.2 tiene la forma del *producto escalar* de dos vectores (presentado en la sección 1.10): $\vec{A} \cdot \vec{B} = AB \cos \phi$. Quizá desee repasar esa definición. Esto nos permite escribir la ecuación (6.2) de forma más compacta:

$$W = \vec{F} \cdot \vec{s} \quad (\text{fuerza constante, desplazamiento rectilíneo}) \quad (6.3)$$

CUIDADO He aquí un punto fundamental: el trabajo es una cantidad escalar, aunque se calcule usando dos cantidades vectoriales (fuerza y desplazamiento). Una fuerza de 5 N al este que actúa sobre un cuerpo que se mueve 6 m al este realiza exactamente el mismo trabajo que una fuerza de 5 N al norte que actúa sobre un cuerpo que se mueve 6 m al norte.



6.2 Cuando una fuerza constante \vec{F} actúa con un ángulo ϕ relativo al desplazamiento \vec{s} , el trabajo realizado por la fuerza es $(F \cos \phi)s = Fx \cos \phi$.

Ejemplo
6.1

Trabajo efectuado por una fuerza constante

a) Esteban ejerce una fuerza constante de magnitud 210 N sobre el auto averiado de la figura 6.2 mientras lo empuja una distancia de 18 m. Además, un neumático se desinfló, así que, para lograr que el auto avance al frente, Esteban debe empujarlo con un ángulo de 30° respecto a la dirección del movimiento. ¿Cuánto trabajo efectúa Esteban? b) Con ánimo de ayudar, Esteban empuja un segundo automóvil averiado con una fuerza constante $\vec{F} = (160 \text{ N})\hat{i} - (40 \text{ N})\hat{j}$. El desplazamiento del automóvil es $\vec{s} = (14 \text{ m})\hat{i} + (11 \text{ m})\hat{j}$. ¿Cuánto trabajo efectúa Esteban en este caso?

SOLUCIÓN

IDENTIFICAR Y PLANTEAR: En ambas partes, (a) y (b), la magnitud es el trabajo W efectuado por Esteban. En los dos casos, la fuerza es constante y el desplazamiento es rectilíneo, así que podemos usar la ecuación (6.2) o la (6.3). El ángulo entre \vec{F} y \vec{s} se da explícitamente en la parte (a), así que podemos aplicar directamente la ecuación (6.2). En la parte (b), no se da el ángulo, así que nos con-

viene más calcular el producto escalar de la ecuación (6.3) a partir de las componentes de \vec{F} y \vec{s} , como en la ecuación (1.21).

EJECUTAR: a) Por la ecuación (6.2),

$$W = F s \cos \phi = (210 \text{ N})(18 \text{ m}) \cos 30^\circ = 3.3 \times 10^3 \text{ J}$$

b) Las componentes de \vec{F} son $F_x = 160 \text{ N}$ y $F_y = -40 \text{ N}$, y las componentes de \vec{s} son $x = 14 \text{ m}$ y $y = 11 \text{ m}$. Así, utilizando las ecuaciones (1.21) y (6.3),

$$\begin{aligned} W &= \vec{F} \cdot \vec{s} = F_x s_x + F_y s_y \\ &= (160 \text{ N})(14 \text{ m}) + (-40 \text{ N})(11 \text{ m}) \\ &= 1.8 \times 10^3 \text{ J} \end{aligned}$$

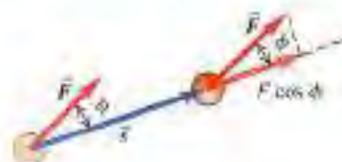
EVALUAR: Nuestros resultados muestran que 1 joule es relativamente poco trabajo.

En el ejemplo 6.1, el trabajo efectuado al empujar los autos fue positivo. No obstante, es importante entender que el trabajo también puede ser negativo o cero. Ésta es la diferencia esencial entre la definición de trabajo en física y la definición "cotidiana". Si la fuerza tiene una componente *en la dirección* del desplazamiento (ϕ entre 0° y 90°), $\cos \phi$ en la ecuación (6.2) es positivo y el trabajo W es *positivo* (Fig. 6.3a). Si la fuerza tiene una componente *opuesta* al desplazamiento (ϕ entre 90° y 180°), $\cos \phi$ es negativo y el trabajo es *negativo* (Fig. 6.3b). Si la fuerza es *perpendicular* al desplazamiento, $\phi = 90^\circ$ y el trabajo realizado por ella es *cero* (Fig. 6.3c). Los casos de trabajo cero y negativo ameritan mayor estudio; veamos algunos ejemplos.

Hay muchas situaciones en las que actúan fuerzas pero no realizan trabajo. Quizá piense que "cuesta trabajo" sostener una barra de halterofilia inmóvil en el aire durante cinco minutos (Fig. 6.4), pero en realidad no se está realizando trabajo sobre la barra porque no hay desplazamiento. Nos cansamos porque las fibras musculares de los brazos realizan trabajo al contraerse y relajarse continuamente. Sin embargo, se trata de trabajo efectuado por una parte del brazo que ejerce fuerza sobre otra, *no* sobre la barra. (En la sección 6.2 hablaremos más del trabajo realizado por una parte de un cuerpo sobre otra.) Aun si usted camina con velocidad constante

6.3 Una fuerza constante \vec{F} puede efectuar trabajo positivo, negativo o cero dependiendo del ángulo entre \vec{F} y el desplazamiento \vec{s} .

La fuerza tiene una componente en la dirección del desplazamiento; el trabajo efectuado es positivo.



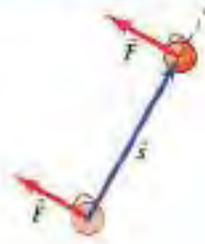
(a)

La fuerza tiene una componente opuesta al desplazamiento; el trabajo efectuado es negativo.



(b)

La fuerza es perpendicular al desplazamiento; el trabajo efectuado es cero.



(c)



6.4 Este levantador de pesas ejerce una fuerza \vec{F} hacia arriba sobre la barra en todo momento. (a) Efectúa trabajo positivo sobre la barra sólo cuando la está levantando, pues entonces la fuerza tiene la misma dirección que el desplazamiento \vec{s} . (b) Efectúa cero trabajo mientras la barra está estacionaria (el desplazamiento es cero). (c) Efectúa trabajo negativo al bajar la barra (\vec{F} es opuesta a \vec{s}).

por un piso horizontal llevando un libro, no realiza trabajo sobre él. El libro tiene un desplazamiento, pero la fuerza de soporte (vertical) que Ud. ejerce sobre el libro no tiene componente en la dirección (horizontal) del movimiento: $\phi = 90^\circ$ y $\cos \phi = 0$ en la ecuación (6.2). Si un cuerpo se desliza por una superficie, el trabajo realizado sobre él por la fuerza normal es cero; y cuando una bola atada a un hilo se pone en movimiento circular uniforme, el trabajo realizado sobre ella por la tensión en el hilo es cero. En ambos casos el trabajo es cero porque la fuerza no tiene componente en la dirección del movimiento.

¿Qué significa realmente realizar trabajo *negativo*? La respuesta está en la tercera ley del movimiento de Newton. Cuando atrapamos una pelota (Fig. 6.5a), la mano y la pelota se mueven juntas con el mismo desplazamiento \vec{s} (Fig. 6.5b). La pelota ejerce una fuerza $\vec{F}_{P \text{ sobre } M}$ sobre la mano en la dirección de su desplazamiento, así que el trabajo realizado por la *pelota* sobre la *mano* es positivo. Sin embargo, por la tercera ley de Newton, la mano ejerce una fuerza igual y opuesta $\vec{F}_{M \text{ sobre } P} = -\vec{F}_{P \text{ sobre } M}$ sobre la pelota (Fig. 6.5c). Esta fuerza, que detiene la pelota, actúa opuesta al desplazamiento de la pelota. Por tanto, el trabajo realizado por la *mano* sobre la *pelota* es negativo. Puesto que la mano y la pelota tienen el mismo desplazamiento, el trabajo realizado por la mano sobre la pelota es el negativo del realizado por la pelota sobre la mano. En general, cuando un cuerpo realiza trabajo negativo sobre otro, éste realiza una cantidad igual de trabajo *positivo* sobre el primero.

CUIDADO Siempre hablamos de trabajo realizado sobre un cuerpo específico por una fuerza específica. Nunca olvide especificar exactamente qué fuerza realiza el trabajo en cuestión. Si levantamos un libro, ejercemos una fuerza hacia arriba sobre el libro y el desplazamiento de éste es hacia arriba, así que el trabajo realizado por la fuerza de levantamiento sobre el libro es positivo. En cambio, el trabajo realizado por la fuerza *gravitacional* (peso) sobre el libro que se levanta es *negativo*, porque esta fuerza es opuesta al desplazamiento.

¿Cómo calculamos el trabajo cuando varias fuerzas actúan sobre un cuerpo? Podemos usar la ecuación (6.2) o (6.3) para calcular el trabajo realizado por cada fuerza. Dado que el trabajo es una cantidad escalar, el trabajo *total* W_{tot} realizado por las fuerzas sobre el cuerpo es la suma algebraica de los trabajos realizados por las fuerzas individuales. Otra forma de calcular W_{tot} es calcular la suma vectorial de las fuerzas (la fuerza *meta*) y usarla en vez de \vec{F} en la ecuación (6.2) o (6.3).



6.5 (a) Cuando se atrapa una pelota de béisbol, la mano y la pelota tienen el mismo desplazamiento \vec{s} . (b) La pelota ejerce una fuerza $\vec{F}_{P \text{ sobre } M}$ sobre la mano en la misma dirección que \vec{s} . (c) La mano ejerce una fuerza igual y opuesta $\vec{F}_{M \text{ sobre } P} = -\vec{F}_{P \text{ sobre } M}$ sobre la pelota en la dirección opuesta a \vec{s} .

Ejemplo
6.2

Trabajo realizado por varias fuerzas

Un granjero engancha su tractor a un trineo cargado con leña y lo arrastra 20 m sobre el suelo horizontal (Fig. 6.6a). El peso total del trineo y la leña es de 14 700 N. El tractor ejerce una fuerza constante de 5000 N a 36.9° sobre la horizontal. Una fuerza de fricción de 3500 N se opone al movimiento. Calcule el trabajo realizado por cada fuerza que actúa sobre el trineo y el trabajo total de todas las fuerzas.

SOLUCIÓN

IDENTIFICAR: Todas las fuerzas son constantes y el desplazamiento es rectilíneo, así que podemos calcular el trabajo empleando las fórmulas dadas en esta sección. Obtendremos el trabajo neto de dos maneras: (1) sumando los trabajos efectuados por cada fuerza sobre el trineo y (2) calculando el trabajo efectuado por la fuerza neta que actúa sobre el trineo. Obtendremos la fuerza neta empleando las técnicas descritas en el capítulo 5.

PLANTEAR: Puesto que estamos trabajando con fuerzas, los primeros pasos son dibujar un diagrama de cuerpo libre que muestre todas las fuerzas que actúan sobre el trineo, y escoger un sistema de coordenadas (Fig. 6.6b). Conocemos el ángulo entre el desplazamiento (que es en la dirección $+x$) y cada una de las cuatro fuerzas: peso, fuerza normal, fuerza del tractor y fuerza de fricción. Por tanto, podemos calcular con la ecuación (6.2) el trabajo realizado por cada fuerza.

Para obtener la fuerza neta, sumamos las componentes de las cuatro fuerzas. La segunda ley de Newton nos dice que, dado que el movimiento del trineo es exclusivamente horizontal, la fuerza neta sólo tiene componente horizontal.

EJECUTAR: El trabajo W_w realizado por el peso es cero porque su dirección es perpendicular al desplazamiento. (El ángulo entre la fuerza de gravedad y el desplazamiento es 90° , y el coseno del ángulo es cero.) Por lo mismo, el trabajo W_n realizado por la fuer-

za normal es cero. Entonces, $W_n = W_w = 0$. (Por cierto, la fuerza normal no es igual en magnitud al peso; véase el ejemplo 5.16 de la sección 5.3, donde el diagrama de cuerpo libre es muy similar a la Fig. 6.6b.)

Nos queda la fuerza F_T ejercida por el tractor y la fuerza de fricción f . Por la ecuación (6.2), el trabajo W_T efectuado por el tractor es

$$W_T = F_T s \cos \phi = (5000 \text{ N})(20 \text{ m})(0.800) = 80,000 \text{ N} \cdot \text{m} \\ = 80 \text{ kJ}$$

La fuerza de fricción \vec{f} es opuesta al desplazamiento, así que $\phi = 180^\circ$ y $\cos \phi = -1$. El trabajo W_f realizado por la fuerza de fricción es

$$W_f = fs \cos 180^\circ = (3500 \text{ N})(20 \text{ m})(-1) = -70,000 \text{ N} \cdot \text{m} \\ = -70 \text{ kJ}$$

El trabajo total realizado por todas las fuerzas sobre el trineo es la suma *algebraica* del trabajo realizado por cada fuerza:

$$W_{\text{tot}} = W_n + W_w + W_T + W_f = 0 + 0 + 80 \text{ kJ} + (-70 \text{ kJ}) \\ = 10 \text{ kJ}$$

Usando la otra estrategia, primero obtenemos la suma *vectorial* de todas las fuerzas (la fuerza neta) y la usamos para calcular el trabajo total. La mejor forma de hacerlo es usando componentes. De la figura 6.6b,

$$\sum F_x = F_T \cos \phi + (-f) = (5000 \text{ N}) \cos 36.9^\circ - 3500 \text{ N} \\ = 500 \text{ N}$$

$$\sum F_y = F_T \sin \phi + n + (-w) \\ = (5000 \text{ N}) \sin 36.9^\circ + n - 14,700 \text{ N}$$

No necesitamos la segunda ecuación; sabemos que la componente *y* de fuerza es perpendicular al desplazamiento, así que no realiza



6.6 (a) Un tractor tira de un trineo con leña. (b) Diagrama de cuerpo libre del trineo y su carga, tratados como partícula.

trabajo. Además, no hay componente y de aceleración, así que ΣF_y debe ser cero de todos modos. Por tanto, el trabajo total es el realizado por la componente x total:

$$W_{\text{tot}} = (\Sigma \vec{F}) \cdot \vec{s} = (\Sigma F_x)s = (500 \text{ N})(20 \text{ m}) = 10,000 \text{ J} \\ = 10 \text{ kJ}$$

EVALUAR: Obtenemos el mismo valor de W_{tot} con los dos métodos, como debe ser.

Observe que la fuerza neta en la dirección x no es cero, así que el trineo se está acelerando. En la sección 6.2 volveremos a este ejemplo y veremos cómo usar el concepto de trabajo para explorar el movimiento del trineo.

Ejemplo conceptual 6.3

Trabajo total cuando la velocidad es constante

Un electrón se mueve en línea recta hacia el este con rapidez constante de 8×10^7 m/s. Sobre él actúan fuerzas eléctricas, magnéticas y gravitacionales. Calcule el trabajo total efectuado sobre el electrón durante un desplazamiento de 1 m.

SOLUCIÓN

La velocidad del electrón es constante; por tanto, su aceleración es cero y, por la segunda ley de Newton, la fuerza neta es cero. Enton-

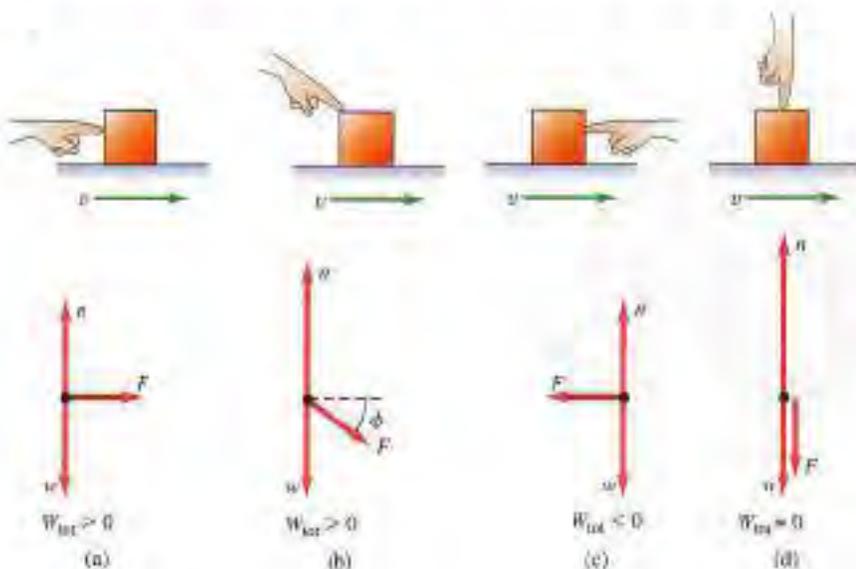
ces, el trabajo total realizado por todas las fuerzas (igual al realizado por la suma vectorial de las fuerzas) debe ser cero. El trabajo de fuerzas individuales tal vez no sea cero, pero eso no es lo que se pregunta.

Ejemplo de conceptualización

Suponga que la barra de la figura 6.4 pesa 500 N. Calcule el trabajo que el levantador de pesas efectúa sobre la barra para (a) levantarla con rapidez constante una distancia de 1.5 m; (b) sostenerla estacionaria durante 3.0 s a una altura de 1.5 m sobre el suelo; (c) bajarla con rapidez constante una distancia de 1.5 m.

6.2 | Trabajo y energía cinética

El trabajo total realizado por fuerzas externas sobre un cuerpo se relaciona con el desplazamiento de éste (los cambios en su posición), pero también está relacionado con los cambios en la rapidez del cuerpo. Para comprobarlo, considere la figura 6.7, que muestra varios ejemplos de un bloque que se desliza sobre una mesa sin fric-



6.7 Bloque que se desliza sobre una mesa sin fricción. (a) La fuerza neta hace que la rapidez aumente y realiza trabajo positivo. (b) Aquí también la fuerza neta hace que la rapidez aumente y efectúa trabajo positivo. (c) La fuerza neta se opone al desplazamiento, hace que la rapidez disminuya y realiza trabajo negativo. (d) La fuerza neta es cero y no realiza trabajo; la rapidez es constante.

ción. Las fuerzas que actúan sobre el bloque son su peso \vec{w} , la fuerza normal \vec{n} y la fuerza \vec{F} ejercida por la mano.

En la figura 6.7a, la fuerza neta sobre el bloque es en la dirección de su movimiento. Por la segunda ley de Newton, el bloque se acelera; la ecuación (6.1) nos dice que el trabajo total W_{tot} efectuado sobre el bloque es positivo. W_{tot} también es positivo en la figura 6.7b, pero sólo la componente $F \cos \phi$ contribuye a él. Aquí también el bloque se acelera, y esta misma componente $F \cos \phi$ es la que causa la aceleración. El trabajo total es *negativo* en la figura 6.7c porque la fuerza neta se opone al desplazamiento; aquí el cuerpo se frena. La fuerza neta es cero en la figura 6.7d, así que la rapidez del bloque no cambia y el trabajo total efectuado sobre él es cero. Podemos concluir que, si una partícula se desplaza, se acelera si $W_{\text{tot}} > 0$, se frena si $W_{\text{tot}} < 0$ y mantiene su rapidez si $W_{\text{tot}} = 0$.

Hagamos más cuantitativas estas observaciones. Consideremos una partícula de masa m que se mueve en el eje x bajo la acción de una fuerza neta constante de magnitud F dirigida hacia el eje $+x$ (Fig. 6.1). La aceleración de la partícula es constante y está dada por la segunda ley de Newton, $F = ma_x$. Supongamos que la rapidez cambia de v_1 a v_2 mientras la partícula sufre un desplazamiento $s = x_2 - x_1$ del punto x_1 a x_2 . Usando una ecuación de aceleración constante, ecuación (2.13), y sustituyendo v_0 por v_1 , v_1 por v_2 y $(x - x_0)$ por s , tenemos

$$v_2^2 = v_1^2 + 2a_x s$$

$$a_x = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2s}$$

Al multiplicar esto por m y sustituir ma_x por la fuerza neta F , obtenemos

$$F = ma_x = m \frac{v_2^2 - v_1^2}{2s}$$

y

$$Fs = \frac{1}{2} mv_2^2 - \frac{1}{2} mv_1^2 \quad (6.4)$$

El producto Fs es el trabajo efectuado por la fuerza neta F y por tanto es igual al trabajo total W_{tot} efectuado por todas las fuerzas que actúan sobre la partícula. Llamamos a la cantidad $\frac{1}{2} mv^2$ la **energía cinética** K de la partícula:

$$K = \frac{1}{2} mv^2 \quad (\text{definición de energía cinética}) \quad (6.5)$$

Igual que el trabajo, la energía cinética de una partícula es un escalar; sólo depende de la masa y la rapidez de la partícula, no de su dirección de movimiento. Un auto (visto como partícula) tiene la misma energía cinética yendo al norte a 10 m/s que yendo al este a 10 m/s. La energía cinética nunca puede ser negativa, y es cero sólo si la partícula está en reposo.

Ahora podemos interpretar la ecuación (6.4) en términos de trabajo y energía cinética. El primer término del miembro derecho es $K_2 = \frac{1}{2} mv_2^2$, la energía cinética final de la partícula (después del desplazamiento). El segundo término es la energía cinética inicial, $K_1 = \frac{1}{2} mv_1^2$, y la diferencia es el **cambio** de energía cinética. Así, la ecuación (6.4) dice que **el trabajo efectuado por la fuerza neta sobre una partícula es igual al cambio de energía cinética de la partícula**:

$$W_{\text{tot}} = K_2 - K_1 = \Delta K \quad (\text{teorema de trabajo-energía}) \quad (6.6)$$

Este resultado es el **teorema de trabajo-energía**.

Este teorema concuerda con nuestras observaciones acerca del bloque de la figura 6.7. Si W_{net} es *positivo*, K_2 es mayor que K_1 , la energía cinética *aumenta* y la partícula tiene mayor rapidez al final del desplazamiento que al principio. Si W_{net} es *negativo*, la energía cinética *disminuye* y la rapidez es menor después del desplazamiento. Si $W_{\text{net}} = 0$, K_1 y K_2 son iguales y la rapidez no cambia. Subrayamos que el teorema de trabajo-energía sólo habla de cambios en la *rapidez*, no en la velocidad, pues la energía cinética no contiene información acerca de la dirección del movimiento.

Por la ecuación (6.4) o (6.6), la energía cinética y el trabajo deben tener las mismas unidades. Por tanto, el joule es la unidad SI tanto del trabajo como de la energía cinética (y, como veremos, de todos los tipos de energía). Para verificarlo, observe que la cantidad $K = \frac{1}{2}mv^2$ tiene unidades de $\text{kg} \cdot (\text{m/s})^2$ o $\text{kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2$; recordamos que $1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m}/\text{s}^2$, así que

$$1 \text{ J} = 1 \text{ N} \cdot \text{m} = 1 (\text{kg} \cdot \text{m}/\text{s}^2) \cdot \text{m} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2$$

En el sistema británico, la unidad de energía cinética y trabajo es

$$1 \text{ ft} \cdot \text{lb} = 1 \text{ ft} \cdot \text{slug} \cdot \text{ft}/\text{s}^2 = 1 \text{ slug} \cdot \text{ft}^2/\text{s}^2$$

Puesto que usamos las leyes de Newton para deducir el teorema de trabajo-energía, sólo podemos usarlo en un marco de referencia inercial. Las rapidezces que usemos para calcular energía cinética y las distancias que usemos para calcular trabajo *deben* medirse en un marco inercial. Además, observe que el teorema es válido en *cualquier* marco inercial, pero los valores de W_{net} y $K_2 - K_1$ podrían diferir de un marco inercial a otro (porque el desplazamiento y rapidez de un cuerpo pueden ser diferentes en diferentes marcos).

Dedujimos el teorema de trabajo-energía para el caso especial de movimiento rectilíneo con fuerzas constantes, y en los siguientes ejemplos sólo lo aplicaremos a ese caso. En la siguiente sección veremos que el teorema es válido en general, aun si las fuerzas no son constantes y la trayectoria de la partícula es curva.

Estrategia para
resolver problemas

Trabajo y energía cinética

IDENTIFICAR *los conceptos pertinentes:* El teorema de trabajo-energía es extremadamente útil en situaciones en las que se desea relacionar la rapidez v_1 de un cuerpo en un punto de su movimiento, con su rapidez v_2 en otro punto. El enfoque es menos útil en problemas en los que interviene el tiempo, como determinar cuánto tarda un cuerpo en ir del punto 1 al punto 2. Ello se debe a que en el teorema de trabajo-energía, $W_{\text{net}} = K_2 - K_1$, no interviene el tiempo. Si es preciso calcular tiempos, suele ser mejor utilizar las relaciones entre tiempo, posición, velocidad y aceleración que describimos en los capítulos 2 y 3.

PLANTEAR *el problema con los pasos siguientes:*

1. Escója las posiciones inicial y final del cuerpo, y dibuje un diagrama de cuerpo libre con todas las fuerzas que actúan sobre él.
2. Escója un sistema de coordenadas. (Si el movimiento es rectilíneo, lo más fácil suele ser que las posiciones inicial y final estén sobre el eje x .)
3. Haga una lista de las cantidades conocidas y desconocidas, y decida cuáles son las incógnitas. En algunos casos,

la incógnita será la rapidez inicial o final del cuerpo; en otros, será la magnitud de una de las fuerzas que actúan sobre el cuerpo.

EJECUTAR *la solución:* Calcule el trabajo efectuado por cada fuerza. Si la fuerza es constante y el desplazamiento es en línea recta, se puede usar la ecuación (6.2) o la (6.3). (Más adelante veremos cómo manejar fuerzas variables y trayectorias curvas.) Revise el signo del trabajo para cada fuerza; debe ser positivo si la fuerza tiene una componente en la dirección del desplazamiento, negativo si tiene una componente opuesta al desplazamiento y cero si la fuerza y el desplazamiento son perpendiculares.

Sume los trabajos realizados por cada fuerza para obtener el trabajo total W_{net} . Cuide los signos. A veces es más fácil obtener primero la suma vectorial de las fuerzas (la fuerza neta) y luego calcular el trabajo de la fuerza neta; este valor también es W_{net} .

Escriba expresiones para la energía cinética inicial y final (K_1 y K_2). Tenga presente que en la energía cinética interviene la masa, no el peso; si le dan el peso del cuerpo, tendrá que usar la relación $w = mg$ para calcular la masa.

Por último, use la relación $W_{\text{tot}} = K_2 - K_1$ para obtener la incógnita. Recuerde que el miembro derecho de esta ecuación es la energía cinética *final* menos la energía cinética *inicial*, nunca al revés.

EVALUAR la respuesta: Compruebe que su respuesta sea lógica físicamente. Recuerde sobre todo que la energía cinética $K = \frac{1}{2}mv^2$ nunca puede ser negativa. Si obtiene una K negativa, cometió un error. Tal vez intercambié las energías inicial y final en $W_{\text{tot}} = K_2 - K_1$ o tuvo un error de signo en uno de los cálculos de trabajo.

Ejemplo 6.4

Uso de trabajo y energía para calcular rapidez

Veamos otra vez el trineo de la figura 6.6 y las cifras finales del ejemplo 6.2. Supongamos que la rapidez inicial v_1 es 2.0 m/s. ¿Cuál es la rapidez final del trineo después de avanzar 20 m?

SOLUCIÓN

IDENTIFICAR y PLANTEAR: Usaremos el teorema de trabajo-energía, pues nos dan la rapidez inicial $v_1 = 2.0$ m/s y nos piden calcular la rapidez final v_2 . La figura 6.8 muestra el diagrama de cuerpo libre del ejemplo 6.2. El movimiento es en la dirección $+x$.

EJECUTAR: Ya calculamos que trabajo total de todas las fuerzas en el ejemplo 6.2, donde obtuvimos $W_{\text{tot}} = 10$ kJ. Por tanto, la energía cinética del trineo y su carga debe aumentar en 10 kJ.

Si queremos escribir expresiones para las energías cinéticas inicial y final, necesitamos la masa del trineo y la carga. Nos dicen que el peso es de 14,700 N, así que la masa es

$$m = w/g = (14,700 \text{ N})/(9.8 \text{ m/s}^2) = 1500 \text{ kg}$$

Entonces, la energía cinética inicial K_1 es

$$K_1 = \frac{1}{2}mv_1^2 = \frac{1}{2}(1500 \text{ kg})(2.0 \text{ m/s})^2 = 3000 \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2 = 3000 \text{ J}$$

La energía cinética final K_2 es

$$K_2 = \frac{1}{2}mv_2^2 = \frac{1}{2}(1500 \text{ kg})v_2^2$$

donde v_2 es la rapidez que nos interesa. La ecuación (6.6) da

$$K_2 = K_1 + W_{\text{tot}} = 3000 \text{ J} + 10,000 \text{ J} = 13,000 \text{ J}$$

Igualemos estas dos expresiones de K_2 , sustituimos $1 \text{ J} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2$ y despejamos v_2 :

$$v_2 = 4.2 \text{ m/s}$$

EVALUAR: El trabajo total es positivo, así que la energía cinética aumenta ($K_2 > K_1$) y la rapidez aumenta ($v_2 > v_1$).

El problema también puede resolverse sin el teorema de trabajo-energía. Podemos obtener la aceleración de $\Sigma \vec{F} = m\vec{a}$ y usar las

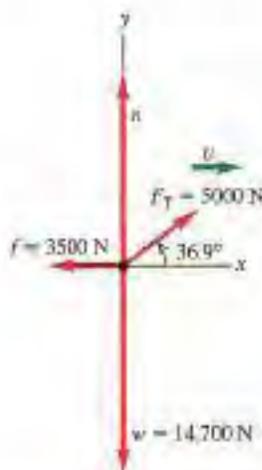
ecuaciones de movimiento con aceleración constante para obtener v_2 . Como la aceleración es en el eje x ,

$$a = a_x = \frac{\Sigma F_x}{m} = \frac{(5000 \text{ N}) \cos 36.9^\circ - 3500 \text{ N}}{1500 \text{ kg}} = 0.333 \text{ m/s}^2$$

entonces

$$v_2^2 = v_1^2 + 2ax = (2.0 \text{ m/s})^2 + 2(0.333 \text{ m/s}^2)(20 \text{ m}) = 17.3 \text{ m}^2/\text{s}^2 \\ v_2 = 4.2 \text{ m/s}$$

Obtuvimos el mismo resultado con el enfoque de trabajo-energía, pero ahí evitamos el paso intermedio de calcular la aceleración. Veremos varios ejemplos más en este capítulo y el siguiente que pueden resolverse sin considerar la energía, pero son más fáciles si lo hacemos. Si un problema puede resolverse con dos métodos distintos, resolverlo con ambos (como hicimos aquí) es una buena forma de comprobar los resultados.



6.8 Diagrama de cuerpo libre del trineo y su carga en el ejemplo 6.2.

Ejemplo
6.5

Fuerzas sobre un martillo

En un martinete, un martillo de acero de 200 kg se levanta 3.00 m sobre el tope de una viga I que se está clavando en el suelo (Fig. 6.9a). El martillo se suelta, metiendo la viga otros 7.4 cm en el suelo. Los rieles verticales que guían el martillo ejercen una fuerza de fricción constante de 60 N sobre él. Use el teorema de trabajo-energía para determinar a) la rapidez del martillo justo antes de golpear la viga y b) la fuerza media que el martillo ejerce sobre la viga. Haga caso omiso de los efectos del aire.

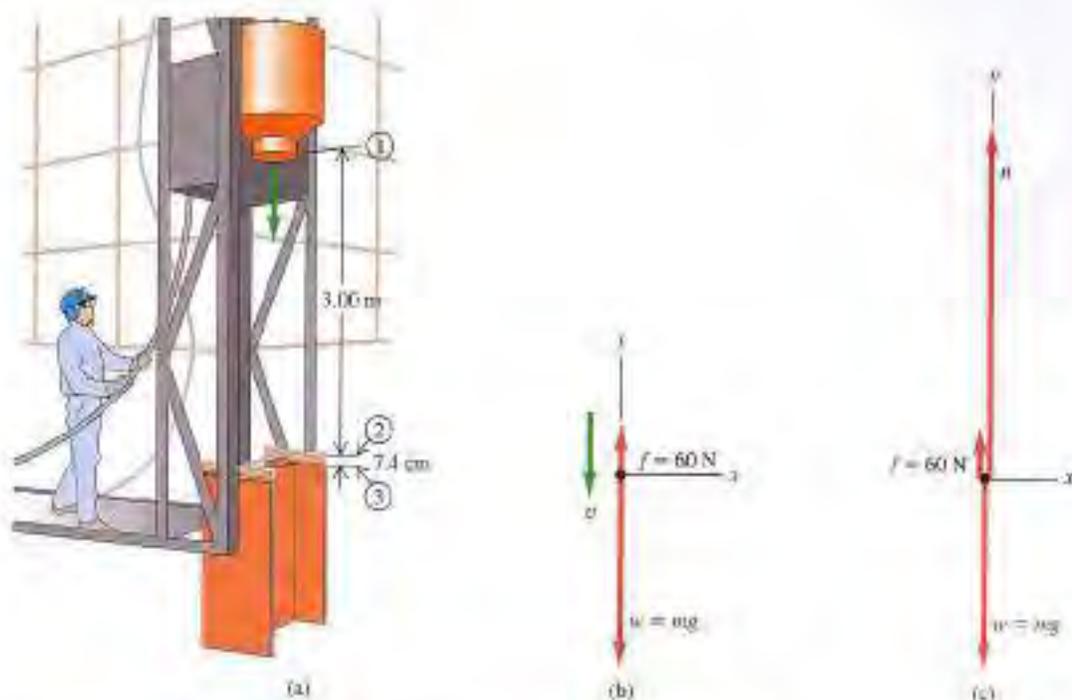
SOLUCIÓN

IDENTIFICAR: Este problema es un candidato ideal para el teorema de trabajo-energía, pues relaciona la rapidez de un cuerpo en distintos lugares con las fuerzas que actúan sobre el cuerpo. Aquí nos interesan tres posiciones: el punto 1, donde el martillo parte del reposo; el punto 2, donde hace contacto con la viga, y el punto 3, donde el martillo se detiene (véase la Fig. 6.9a). Dado que tenemos dos incógnitas —la rapidez del martillo en el punto 2 y la fuerza que la viga ejerce entre los puntos 2 y 3— aplicaremos el teorema de trabajo-energía dos veces: una al movimiento del punto 1 al 2 y otra al movimiento de 2 a 3.

PLANTEAR: La figura 6.9b es un diagrama de cuerpo libre que muestra las fuerzas verticales que actúan sobre el martillo en caída del punto 1 al 2. (Puesto que el desplazamiento es vertical, haremos caso omiso de cualesquier fuerzas horizontales que pudieran estar presentes, pues no efectúan trabajo.) En esta parte del movimiento, la incógnita es la rapidez del martillo v_2 .

El diagrama de cuerpo libre de la figura 6.9c muestra las fuerzas verticales que actúan sobre el martillo durante el movimiento del punto 2 al 3. Además de las fuerzas mostradas en la figura 6.9b, la viga ejerce hacia arriba una fuerza normal de magnitud n sobre el martillo. En realidad, esta fuerza varía al irse deteniendo el martillo, pero por sencillez consideraremos n constante. Así n representa el valor *medio* de la fuerza hacia arriba durante el movimiento. La incógnita en esta parte del movimiento es la fuerza que el *martillo* ejerce sobre la viga; es la fuerza de reacción a la fuerza normal ejercida por la viga así que, por la tercera ley de Newton su magnitud también es n .

EJECUTAR: a) Del punto 1 al punto 2, las fuerzas verticales son el peso $w = mg = (200 \text{ kg})(9.8 \text{ m/s}^2) = 1960 \text{ N}$ hacia abajo y la fuerza de fricción $f = 60 \text{ N}$ hacia arriba. La fuerza neta es entonces $w - f = 1900 \text{ N}$. El desplazamiento del martillo del punto 1 al 2 es $s_{12} = 3.00$



6.9 (a) Un martinete clava una viga I en el suelo. (b) Diagrama de cuerpo libre del martillo en caída. (c) Diagrama de cuerpo libre del martillo al clavar la viga. Las longitudes de los vectores no están a escala.

hacia abajo. El trabajo total sobre el martillo al bajar del punto 1 al 2 es entonces

$$W_{\text{tot}} = (w - f)s_{12} = (1900 \text{ N})(3,00 \text{ m}) = 5700 \text{ J}$$

En el punto 1, el martillo está en reposo, así que su energía cinética K_1 es cero. La ecuación (6.6) da

$$W_{\text{tot}} = K_2 - K_1 = \frac{1}{2}mv_2^2 - 0$$

$$v_2 = \sqrt{\frac{2W_{\text{tot}}}{m}} = \sqrt{\frac{2(5700 \text{ J})}{200 \text{ kg}}} = 7,55 \text{ m/s}$$

Esta es la rapidez del martillo en el punto 2, justo antes de golpear la viga.

b) Mientras el martillo se mueve hacia abajo entre los puntos 2 y 3, la fuerza neta hacia abajo que actúa sobre él es $w - f - n$ (véase la Fig. 6.9c). El trabajo total realizado sobre el martillo durante el desplazamiento es

$$W_{\text{tot}} = (w - f - n)s_{23}$$

La energía cinética inicial en esta parte del movimiento es K_2 que, de la parte (a), es igual a 5700 J (el trabajo total efectuado sobre el martillo mientras se mueve del punto 1 al 2). La energía cinética fi-

nal es $K_3 = 0$, porque el martillo se detiene. Entonces, por el teorema de trabajo-energía

$$W_{\text{tot}} = (w - f - n)s_{23} = K_3 - K_2$$

$$n = w - f - \frac{(K_3 - K_2)}{s_{23}}$$

$$= 1960 \text{ N} - 60 \text{ N} - \frac{(0 \text{ J} - 5700 \text{ J})}{0,074 \text{ m}}$$

$$= 79,000 \text{ N}$$

La fuerza hacia abajo que el martillo ejerce sobre la viga tiene esta misma magnitud, 79,000 N (unas 9 toneladas); más de 40 veces el peso del martillo.

EVALUAR: El cambio total en la energía cinética del martillo durante el proceso total es cero; una fuerza neta relativamente pequeña efectúa trabajo positivo durante una distancia grande, y luego una fuerza neta mucho mayor realiza trabajo negativo en una distancia mucho más corta. Lo mismo sucede si Ud. acelera un auto gradualmente y choca con una pared. La fuerza tan grande necesaria para reducir la energía cinética a cero en una distancia corta es lo que daña el auto (y quizá a usted).



6.10 Cuando un jugador de billar golpea una bola blanca en reposo, la energía cinética de la bola después de ser golpeada es igual al trabajo que el taco efectuó sobre ella. Cuanto mayor sea la fuerza ejercida por el taco y mayor sea la distancia que la bola se mueve mientras está en contacto con el taco, mayor será la energía cinética de la bola.

Significado de la energía cinética

El ejemplo 6.5 ilustra el significado físico de la energía cinética. El martillo se deja caer del reposo y, al golpear la viga, su energía cinética es igual al trabajo total realizado hasta ese punto por la fuerza neta. Esto se cumple en general: para acelerar una partícula de masa m desde el reposo (cero energía cinética) hasta una rapidez v , el trabajo total efectuado sobre ella debe ser igual al cambio de energía cinética desde 0 hasta $K = \frac{1}{2}mv^2$:

$$W_{\text{tot}} = K - 0 = K$$

Así, la energía cinética de una partícula es igual al trabajo total que se efectuó para acelerarla desde el reposo hasta su rapidez actual (Fig. 6.10). La definición $K = \frac{1}{2}mv^2$, no se escogió al azar; es la única definición que concuerda con esta interpretación.

En la segunda parte del ejemplo 6.5, se usó la energía cinética del martillo para efectuar trabajo sobre la viga y clavarla en el suelo. Esto nos proporciona otra interpretación: la energía cinética de una partícula es igual al trabajo real que puede efectuar una partícula mientras se detiene. Es por esto que hacemos hacia atrás la mano y el brazo cuando atrapamos una pelota (Fig. 6.5). Al detenerse la pelota, realiza un trabajo (fuerza por distancia) sobre la mano (igual a la energía cinética inicial de la pelota). Al hacer la mano hacia atrás, aumentamos la distancia en la que actúa la fuerza y así reducimos la fuerza ejercida sobre nuestra mano.

Ejemplo conceptual 6.6

Comparación de energías cinéticas

Dos veleros de hielo como el del ejemplo 5.6 (sección 5.2) compiten en un lago horizontal sin fricción (Fig. 6.11). Los botes tienen masas m y $2m$, respectivamente, pero sus velas son idénticas, así

que el viento ejerce la misma fuerza constante \vec{F} sobre cada bote. Los 2 botes parten del reposo y la meta está a una distancia s . ¿Cuál bote cruza la meta con mayor energía cinética?

SOLUCIÓN

Si usamos la definición matemática de energía cinética, $K = \frac{1}{2}mv^2$, [ecuación (6.5)], la respuesta no es obvia. El velero con masa $2m$ tiene mayor masa, y podríamos suponer que alcanza mayor energía cinética en la meta, pero el bote más pequeño de masa m cruza la meta con mayor rapidez, y podríamos suponer que este bote tiene mayor energía cinética. ¿Cómo decidimos?

La forma correcta de enfocar el problema es recordar que la energía cinética de una partícula es igual al trabajo total realizado para acelerarla desde el reposo. Ambos botes recorren la misma distancia s , y sólo la fuerza F en la dirección del movimiento realiza trabajo sobre ellos. Por tanto, el trabajo total efectuado entre la salida y la meta es el mismo para los dos botes, $W_{\text{tot}} = Fs$. En la meta, cada bote tiene una energía cinética igual al trabajo W_{tot} efectuado sobre él, porque partió del reposo. Así, ambos botes tienen la misma energía cinética en la meta.

El lector podría pensar que se trata de una pregunta "capciosa", pero no es así. Si entiende realmente el significado físico de cantidades como la energía cinética, podrá resolver problemas con mayor rapidez y comprensión.



6.11 Carrera entre veleros de hielo.

Observe que no necesitamos mencionar el tiempo que cada bote tardó en llegar a la meta. La razón es que el teorema de trabajo-energía no hace referencia directa al tiempo, sólo al desplazamiento. De hecho, el bote de masa m tarda menos en llegar a la meta que el de masa $2m$; dejamos el cálculo al lector (ejercicio 6.18).

Trabajo y energía cinética en sistemas compuestos

Tal vez notó que aquí nos hemos cuidado de aplicar el teorema de trabajo-energía sólo a cuerpos que podemos representar como *partículas*, o sea, como masas puntuales en movimiento. La razón es que, en los sistemas que deben representarse en términos de muchas partículas con diferentes movimientos, aparecen aspectos más complejos que no podemos ver con detalle en este capítulo. Sólo veremos un ejemplo.

Considere a un hombre parado en patines, sin fricción, sobre una superficie horizontal viendo hacia una pared rígida (Fig. 6.12). Él empuja la pared, poniéndose en movimiento a la derecha. Sobre él actúan su peso \vec{w} , las fuerzas normales \vec{n}_1 y \vec{n}_2 hacia arriba ejercidas por el suelo sobre sus patines y la fuerza horizontal \vec{F} ejercida por la pared. No hay desplazamiento vertical, así que \vec{w} , \vec{n}_1 y \vec{n}_2 no efectúan trabajo. \vec{F} es la fuerza horizontal que lo acelera a la derecha, pero el punto donde se aplica (las manos del hombre) no se mueve, así que \vec{F} tampoco efectúa trabajo. ¿De dónde proviene entonces la energía cinética del hombre?

El problema es que simplemente no es correcto representar al hombre como masa puntual. Para que el movimiento se dé como se describió, diferentes partes del cuerpo deben tener diferentes movimientos; las manos están estacionarias respecto a la pared y el tronco se aleja de ella. Las diversas partes del cuerpo interactúan y una puede ejercer fuerzas y realizar trabajo sobre otra. Por tanto, la energía cinética total de este sistema compuesto puede cambiar, aunque las fuerzas aplicadas por cuerpos (como la pared) externos al sistema no realicen trabajo. Esto no sería posible con un sistema que puede representarse como partícula. En el capítulo 8 veremos más a fondo el movimiento de un conjunto de partículas que interactúan. Descubriremos que, al igual que en el hombre del ejemplo, la energía cinética total del sistema puede cambiar aun cuando el exterior no realice trabajo sobre ninguna parte del sistema.



6.12 Las fuerzas externas que actúan sobre un patinador que se empuja de una pared. El trabajo realizado por estas fuerzas es cero, pero aun así su energía cinética cambia.

Ejemplo 6.2: Lanzamiento de una pelota

Una pelota de béisbol (masa 0.145 kg) sale de la mano del lanzador con una velocidad horizontal de 40 m/s (144 km/h). Si el movimiento del lanzador impulsa la pelota hacia adelante a lo largo de una distancia de 2.0 m, ¿qué fuerza horizontal media aplicó el lanzador a la pelota durante su lanzamiento?

6.3 | Trabajo y energía con fuerzas variables

Hasta ahora hemos considerado sólo trabajo efectuado por *fuerzas constantes*. Pero, ¿qué sucede cuando estiramos un resorte? Cuanto más lo estiramos, con más fuerza debemos tirar, así que la fuerza ejercida *no* es constante. También analizamos únicamente movimiento *rectilíneo*. Podemos imaginar muchas situaciones en las que una fuerza que varía en magnitud, dirección o ambas cosas actúa sobre un cuerpo que sigue una trayectoria curva. Necesitamos poder calcular el trabajo realizado por la fuerza en estos casos más generales. Por fortuna, veremos que el teorema de trabajo-energía se cumple aun cuando las fuerzas varían y la trayectoria del cuerpo no es recta.

Agreguemos sólo una complicación a la vez. Consideremos un movimiento rectilíneo con una fuerza dirigida sobre la línea pero con componente x F_x , que podría variar conforme se mueve el cuerpo. Imagine, por ejemplo, un tren que se mueve en una vía recta, pero el ingeniero está acelerando y frenando constantemente. Suponga que una partícula se mueve sobre el eje x de x_1 a x_2 . La figura 6.13a es una gráfica del componente x de la fuerza en función de la coordenada x de la partícula. Para determinar el trabajo realizado por la fuerza, dividimos el desplazamiento total en segmentos pequeños, Δx_a , Δx_b , etc. (Fig. 6.13b). Aproximamos el trabajo realizado por la fuerza en el segmento Δx_a como la fuerza media F_a en ese segmento multiplicada por el desplazamiento Δx_a . Hacemos esto para cada segmento y sumamos los resultados. El trabajo realizado por la fuerza en el desplazamiento total de x_1 a x_2 es aproximadamente

$$W = F_a \Delta x_a + F_b \Delta x_b + \dots$$

Si el número de segmentos se hace muy grande y su anchura muy pequeña, la suma se convierte (en el límite) en la *integral* de F_x de x_1 a x_2 :

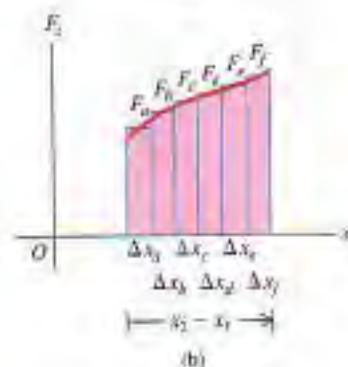
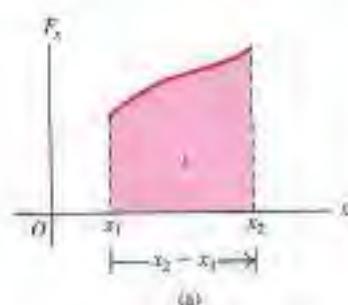
$$W = \int_{x_1}^{x_2} F_x dx \quad (6.7)$$

(componente x de fuerza variable, desplazamiento rectilíneo)

Observe que $F_a \Delta x_a$ es el *área* de la primera tira vertical de la figura 6.13b y que la integral de la ecuación (6.7) representa el área bajo la curva de la figura 6.13a entre x_1 y x_2 . En una gráfica de fuerza en función de posición, el trabajo total realizado por la fuerza está representado por el área bajo la curva entre las posiciones inicial y final. Otra interpretación de la ecuación (6.7) es que el trabajo W es igual a la fuerza media que actúa en todo el desplazamiento, multiplicada por el desplazamiento.

La ecuación (6.7) también es válida si F_x , la componente x de la fuerza, es constante. En tal caso, F_x puede sacarse de la integral:

$$W = \int_{x_1}^{x_2} F_x dx = F_x \int_{x_1}^{x_2} dx = F_x(x_2 - x_1)$$



6.13 (a) Curva que muestra cómo cierta fuerza F_x varía con x ; (b) Si el área se divide en rectángulos pequeños, la suma de sus áreas aproxima el trabajo total hecho durante el desplazamiento. El área total bajo la curva es el trabajo realizado por la fuerza al moverse la partícula de x_1 a x_2 .

Pero $x_2 - x_1 = s$, el desplazamiento total de la partícula. Así, en el caso de una fuerza constante F , la ecuación (6.7) dice que $W = Fs$, lo que coincide con la ecuación (6.1). La interpretación del trabajo como el área bajo la curva de F_x en función de x también es válida para una fuerza constante; $W = Fs$ es el área de un rectángulo de altura F y anchura s (Fig. 6.14).

Apliquemos lo aprendido al resorte estirado. Para mantener un resorte estirado una distancia x más allá de su longitud sin estiramiento debemos aplicar una fuerza de magnitud F en cada extremo (Fig. 6.15). Si el alargamiento x no es excesivo, vemos que la fuerza aplicada al extremo derecho tiene una componente x directamente proporcional a x :

$$F_x = kx \quad (\text{fuerza requerida para estirar un resorte}) \quad (6.8)$$

donde k es una constante llamada **constante de fuerza** (o constante de resorte) del resorte. La ecuación (6.8) indica que las unidades de k son fuerza entre distancia, N/m en el SI y lb/ft en unidades británicas. Un resorte blando de juguete (como SlinkyTM) tiene una constante de fuerza de cerca de 1 N/m; para los resortes mucho más rígidos de la suspensión de un auto, k es del orden de 10^5 N/m. La observación de que el alargamiento (no excesivo) es proporcional a la fuerza fue hecha por Robert Hooke en 1678 y se conoce como **ley de Hooke**, aunque no debería llamarse "ley", pues es una afirmación acerca de un dispositivo específico y no una ley fundamental de la naturaleza. Los resortes reales no siempre obedecen la ecuación (6.8) con precisión, pero es un modelo idealizado útil. Veremos esta ley más a fondo en el capítulo 11.

Para estirar un resorte, debemos efectuar trabajo. Aplicamos fuerzas iguales y opuestas a los extremos del resorte y las aumentamos gradualmente. Mantenemos fijo el extremo izquierdo, así que la fuerza aplicada en este punto no efectúa trabajo. La fuerza en el extremo móvil sí efectúa trabajo. La figura 6.16 es una gráfica de F_x contra x , el alargamiento del resorte. El trabajo realizado por F_x cuando x va de cero a un valor máximo X es

$$W = \int_0^X F_x dx = \int_0^X kx dx = \frac{1}{2}kX^2 \quad (6.9)$$

También podemos obtener este resultado gráficamente. El área del triángulo sombreado de la figura 6.16, que representa el trabajo total realizado por la fuerza, es igual a la mitad del producto de la base y la altura:

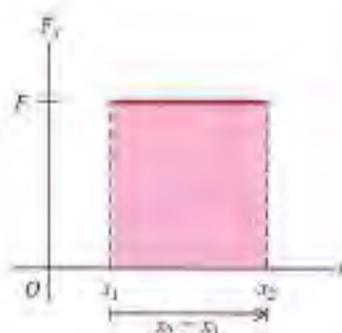
$$W = \frac{1}{2}(X)(kX) = \frac{1}{2}kX^2$$

Esta ecuación también dice que el trabajo es la fuerza *media* $kX/2$ multiplicada por el desplazamiento total X . Vemos que el trabajo total es proporcional al *cuadrado* del alargamiento final X . Para estirar un resorte ideal 2 cm necesitamos efectuar cuatro veces más trabajo que para estirarlo 1 cm.

La ecuación (6.9) supone que el resorte no estaba estirado originalmente. Si el resorte ya está estirado una distancia x_1 , el trabajo necesario para estirarlo a una distancia mayor x_2 es

$$W = \int_{x_1}^{x_2} F_x dx = \int_{x_1}^{x_2} kx dx = \frac{1}{2}kx_2^2 - \frac{1}{2}kx_1^2 \quad (6.10)$$

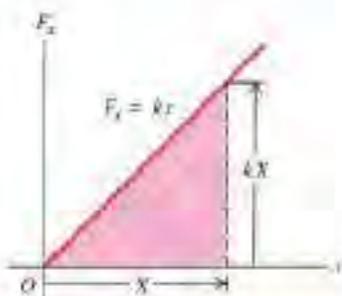
Si el resorte tiene espacios entre las espiras cuando no está estirado, también puede comprimirse. La ley de Hooke se cumple también para la compresión. En



6.14 El trabajo realizado por una fuerza constante F en la dirección x conforme una partícula se mueve de x_1 a x_2 es igual al área rectangular bajo la gráfica de fuerza contra desplazamiento.



6.15 La fuerza necesaria para estirar un resorte ideal es proporcional a su alargamiento: $F_x = kx$.



6.16 El trabajo efectuado para estirar un resorte una distancia X es igual al área triangular bajo la gráfica de fuerza contra desplazamiento.

este caso, la fuerza F y el desplazamiento x tienen direcciones opuestas a las de la figura 6.15, así que F_2 y x en la ecuación (6.8) son negativas. Dado que tanto F como x se invierten, la fuerza tiene la dirección del desplazamiento y su trabajo es positivo. El trabajo total sigue siendo el dado por la ecuación (6.9) o (6.10), aun si X es negativo o x_1 o x_2 , o ambas, son negativos.

¡CUIDADO! Observe que el trabajo dado por la ecuación (6.10) es el que se debe efectuar sobre un resorte para alterar su longitud. Por ejemplo, si estiramos un resorte que originalmente está relajado, $x_1 = 0$, $x_2 > 0$, y $W > 0$. Ello se debe a que la fuerza aplicada a un extremo del resorte tiene la misma dirección que el desplazamiento y el trabajo efectuado es positivo. En contraste, el trabajo que el resorte efectúa sobre el objeto al que está unido está dado por el negativo de la ecuación (6.10). Por tanto, cuando estiramos un resorte, éste efectúa trabajo negativo sobre nosotros. Fíjese bien en el signo del trabajo para evitar confusiones más adelante.

Ejemplo 6.7

Trabajo sobre una balanza de resorte

Una mujer que pesa 600 N se sube a una báscula que contiene un resorte rígido (Fig. 6.17). En equilibrio, el resorte se comprime 1.0 cm bajo su peso. Calcule la constante de fuerza del resorte y el trabajo total efectuado sobre él durante la compresión.

SOLUCIÓN

IDENTIFICAR Y PLANTEAR: En equilibrio, la fuerza hacia arriba ejercida por el resorte equilibra la fuerza hacia abajo del peso de la mujer. Usaremos este principio y la ecuación (6.8) para determinar la constante de fuerza k , y usaremos la ecuación (6.10) para calcu-

lar el trabajo W que la mujer efectúa sobre el trabajo para comprimirlo. Hacemos que los valores positivos de x correspondan a alargamientos, de modo que tanto el desplazamiento del resorte como la fuerza que la mujer ejerce sobre él son negativos.

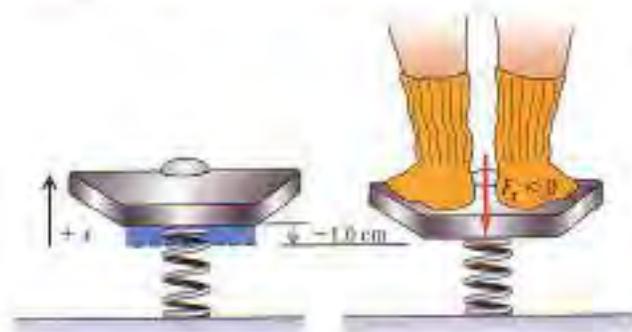
EJECUTAR: Con las coordenadas que escogimos, la parte superior del resorte se desplaza $x = -1.0 \text{ cm} = -0.010 \text{ m}$ y la fuerza que la mujer aplica al resorte es $F_2 = -600 \text{ N}$. Por la ecuación (6.8), la constante de fuerza es

$$k = \frac{F_2}{x} = \frac{-600 \text{ N}}{-0.010 \text{ m}} = 6.0 \times 10^4 \text{ N/m}$$

Entonces, usando $x_1 = 0$ y $x_2 = -0.010 \text{ m}$ en la ecuación (6.10),

$$\begin{aligned} W &= \frac{1}{2} k x_2^2 - \frac{1}{2} k x_1^2 \\ &= \frac{1}{2} (6.0 \times 10^4 \text{ N/m}) (-0.010 \text{ m})^2 - 0 = 3.0 \text{ J} \end{aligned}$$

EVALUAR: La fuerza aplicada y el desplazamiento del extremo del resorte tuvieron la misma dirección, así que el trabajo efectuado debe haber sido positivo. Esto concuerda con nuestro resultado. Nuestra selección arbitraria de la dirección positiva no afecta el valor de W obtenido. (Compruébelo haciendo que la dirección $+x$ correspondiera a una compresión. Obtendrá los mismos valores de k y W .)



6.17 Compresión de un resorte en una báscula de cuarto de baño. Una fuerza negativa causa un desplazamiento negativo pero efectúa un trabajo positivo sobre el resorte.

Teorema de trabajo-energía para movimiento rectilíneo, con fuerzas variables

En la sección 6.2 dedujimos el teorema de trabajo-energía, $W_{\text{net}} = K_2 - K_1$, para el caso especial de movimiento rectilíneo con fuerza neta constante. Ahora podemos demostrar que el teorema se cumple aun si la fuerza varía con la posición. Igual que

en la sección 6.2, consideremos una partícula que sufre un desplazamiento x bajo la acción de una fuerza neta F con componente x , que ahora permitimos variar. Igual que en la figura 6.13, dividimos el desplazamiento total en muchos segmentos pequeños Δx_i . Podemos aplicar el teorema de trabajo-energía, ecuación (6.6), a cada segmento porque F es aproximadamente constante en cada uno. El cambio de energía cinética en el segmento Δx_i es igual al trabajo $F_i \Delta x_i$, etc. El cambio total de la energía cinética es la suma de los cambios en los segmentos individuales, y por tanto igual al trabajo total efectuado sobre la partícula en todo el desplazamiento. Así, $W_{\text{net}} = \Delta K$ se cumple también para fuerzas variables.

El teorema de trabajo-energía para una fuerza que varía con la posición también puede deducirse usando v_x en vez de x como variable en la integral de trabajo. Para ello, recordamos que la aceleración a de una partícula puede expresarse de varias formas. Usando $a_x = dv_x/dt$, $v_x = dx/dt$ y la regla de la cadena para derivadas:

$$a_x \frac{dv_x}{dt} = \frac{dv_x}{dx} \frac{dx}{dt} = v_x \frac{dv_x}{dx} \quad (6.11)$$

Con este resultado, la ecuación (6.7) nos dice que el trabajo total de la fuerza neta F_x es

$$W_{\text{net}} = \int_{x_1}^{x_2} F_x dx = \int_{x_1}^{x_2} m a_x dx = \int_{x_1}^{x_2} m v_x \frac{dv_x}{dx} dx \quad (6.12)$$

Ahora, $(dv_x/dx)dx$ es el cambio de velocidad dv_x durante el desplazamiento dx , así que podemos sustituir dv_x por $(dv_x/dx)dx$ en la ecuación (6.12). Esto cambia la variable de integración de x a v_x , así que cambiamos los límites de x_1 y x_2 a las velocidades v_1 y v_2 en esos puntos. Esto nos da

$$W_{\text{net}} = \int_{v_1}^{v_2} m v_x dv_x$$

La integral de $v_x dv_x$ es $v_x^2/2$. Sustituyendo los límites, tenemos finalmente

$$W_{\text{net}} = \frac{1}{2} m v_2^2 - \frac{1}{2} m v_1^2 \quad (6.13)$$

Esta es la ecuación (6.6) pero sin el supuesto de que la fuerza neta F es constante. Por tanto, el teorema de trabajo-energía es válido aun si F varía durante el desplazamiento.

Ejemplo 6.8

Movimiento con fuerza variable

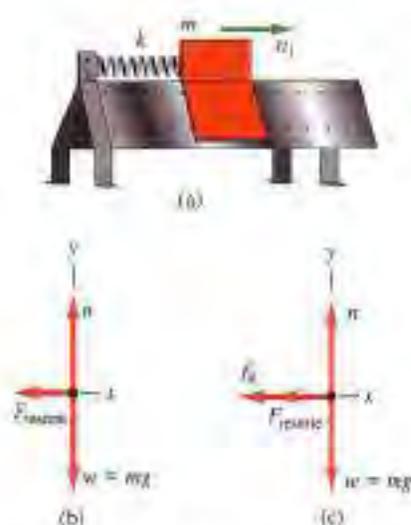
Un deslizador de riel de aire con masa de 0.100 kg se conecta al extremo del riel horizontal con un resorte cuya constante de fuerza es 20.0 N/m (Fig. 6.18a). Inicialmente, el resorte no está estirado y el deslizador se mueve con rapidez de 1.50 m/s a la derecha. Calcule la distancia máxima d que el deslizador se mueve a la derecha a) si el riel está activado, de modo que no hay fricción, y b) si se corta el suministro de aire al riel, de modo que hay fricción cinética con $\mu_k = 0.47$.

SOLUCIÓN

IDENTIFICAR: La fuerza ejercida por el resorte no es constante, así que no podemos usar las fórmulas de aceleración constante del ca-

pítulo 2 para resolver este problema. En vez de ello, usaremos el teorema de trabajo-energía, en el que interviene la distancia recorrida (nuestra incógnita) a través de la fórmula del trabajo.

PLANTEAR: Las figuras 6.18b y 6.18c son los diagramas de cuerpo libre del deslizador sin y con fricción, respectivamente. Escogemos la dirección $+x$ a la derecha (la dirección del movimiento del deslizador), con $x = 0$ en la posición inicial del deslizador (donde el resorte está relajado) y $x = d$ (la incógnita) en la posición donde el deslizador se detiene. En ambos casos, el movimiento es exclusivamente horizontal, así que sólo las fuerzas horizontales realizan tra-



6.18 (a) Deslizador sujeto a un riel de aire con un resorte. (b) Diagrama de cuerpo libre del deslizador sin fricción. (c) Diagrama de cuerpo libre del deslizador con fricción cinética.

bajo. Cabe señalar que la ecuación (6.10) da el trabajo efectuado sobre el resorte al estirarse, pero si queremos usar el teorema de trabajo-energía necesitaremos el trabajo efectuado por el resorte sobre el deslizador, es decir, el negativo de la ecuación (6.10):

EJECUTAR: a) Al moverse de $x_1 = 0$ a $x_2 = d$, el deslizador efectúa sobre el resorte un trabajo dado por la ecuación (6.10): $W = \frac{1}{2}kd^2 - \frac{1}{2}k(0)^2 = \frac{1}{2}kd^2$. El resorte efectúa sobre el deslizador un trabajo igual pero negativo: $-\frac{1}{2}kd^2$. El resorte se estira hasta que el deslizador se detiene momentáneamente, así que la energía cinética final del deslizador es $K_2 = 0$. Su energía cinética inicial es $\frac{1}{2}mv_1^2$, donde $v_1 = 1.50$ m/s es la rapidez inicial del deslizador. Usando el teorema de trabajo-energía, tenemos

$$-\frac{1}{2}kd^2 = 0 - \frac{1}{2}mv_1^2$$

y la distancia que recorre el deslizador es

$$d = v_1 \sqrt{\frac{m}{k}} = (1.50 \text{ m/s}) \sqrt{\frac{0.100 \text{ kg}}{20.0 \text{ N/m}}} \\ = 0.106 \text{ m} = 10.6 \text{ cm}$$

El resorte estirado tira del deslizador hacia la izquierda, así que éste sólo está en reposo momentáneamente.

b) Si el aire se apaga, debemos incluir el trabajo efectuado por la fuerza de fricción cinética constante. La fuerza normal n es igual en magnitud al peso del deslizador, pues el riel es horizontal y no hay otras fuerzas verticales. La magnitud de la fuerza de fricción cinética es entonces $f_k = \mu_k n = \mu_k mg$, dirigida opuesta al desplazamiento, y el trabajo que efectúa es

$$W_{fric} = f_k d \cos 180^\circ = -f_k d = -\mu_k mgd$$

El trabajo total es la suma de $W_{resorte}$ y el trabajo realizado por el resorte, $-\frac{1}{2}kd^2$. Por tanto

$$-\mu_k mgd - \frac{1}{2}kd^2 = 0 - \frac{1}{2}mv_1^2 \\ -(0.47)(0.100 \text{ kg})(9.8 \text{ m/s}^2)d - \frac{1}{2}(20.0 \text{ N/m})d^2 \\ = -\frac{1}{2}(0.100 \text{ kg})(1.50 \text{ m/s})^2 \\ (10.0 \text{ N/m})d^2 + (0.461 \text{ N})d - (0.113 \text{ N}\cdot\text{m}) = 0$$

Esta es una ecuación cuadrática en d . Las soluciones son

$$d = \frac{-(0.461 \text{ N}) \pm \sqrt{(0.461 \text{ N})^2 - 4(10.0 \text{ N/m})(-0.113 \text{ N}\cdot\text{m})}}{2(10.0 \text{ N/m})} \\ = 0.086 \text{ m, o bien, } -0.132 \text{ m}$$

Usamos d para representar un desplazamiento positivo, así que sólo el valor positivo tiene sentido. Así, con fricción, el deslizador se mueve una distancia

$$d = 0.086 \text{ m} = 8.6 \text{ cm}$$

EVALUAR: Con fricción, el desplazamiento y el estiramiento son menores, como esperábamos. Una vez más, el deslizador se detiene momentáneamente y el resorte tira de él hacia la izquierda; que se mueva o no dependerá de la magnitud de la fuerza de fricción estática. ¿Qué valor debe tener el coeficiente de fricción estática μ_s para evitar que el deslizador regrese a la izquierda?

Teorema de trabajo-energía para movimiento en una curva

Podemos generalizar nuestra definición de trabajo para incluir una fuerza que varía en dirección, no sólo en magnitud, con un desplazamiento curvo. Suponga que una partícula se mueve de P_1 a P_2 siguiendo una curva, como se muestra en la figura 6.19a. Dividimos la curva entre esos puntos en muchos desplazamientos vectoriales infinitesimales, siendo $d\vec{l}$ uno representativo. Cada $d\vec{l}$ es tangente a la trayectoria en su posición. Sea \vec{F} la fuerza en un punto representativo de la trayectoria, y sea ϕ el ángulo entre \vec{F} y $d\vec{l}$ en ese punto. El elemento de trabajo dW realizado sobre la partícula durante $d\vec{l}$ puede escribirse como

$$dW = F \cos \phi \, dl = F_{\parallel} \, dl = \vec{F} \cdot d\vec{l}$$

donde $F_{\parallel} = F \cos \phi$ es la componente de \vec{F} en la dirección paralela a $d\vec{l}$ (Fig. 6.19b). El trabajo total realizado por \vec{F} sobre la partícula al moverse de P_1 a P_2 es

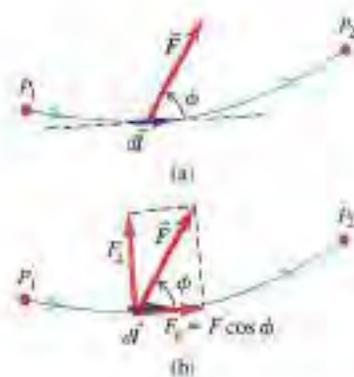
$$W = \int_{P_1}^{P_2} F \cos \phi \, dl = \int_{P_1}^{P_2} F_{\parallel} \, dl = \int_{P_1}^{P_2} \vec{F} \cdot d\vec{l} \quad (6.14)$$

(trabajo en una trayectoria curva)

Ahora podemos demostrar que el teorema de trabajo-energía, ecuación (6.6), cumple aun con fuerzas variables y desplazamiento curvo. La fuerza \vec{F} es prácticamente constante en cualquier segmento infinitesimal $d\vec{l}$ de la trayectoria, así que podemos aplicar el teorema de trabajo-energía para movimiento rectilíneo a ese segmento. Así, el cambio de energía cinética de la partícula en ese segmento, ΔK , es igual al trabajo $dW = F_{\parallel} \, dl = \vec{F} \cdot d\vec{l}$ realizado sobre la partícula. La suma de estos trabajos infinitesimales de todos los segmentos de la trayectoria nos da el trabajo total realizado, ecuación (6.14), que es igual al cambio total de energía cinética en la trayectoria. Por tanto, $W_{\text{tot}} = \Delta K = K_2 - K_1$ se cumple en general, sea cual sea la trayectoria y el carácter de las fuerzas. Esto puede demostrarse con mayor rigor usando pasos como los de las ecuaciones (6.11) a (6.13) (véase el Problema de desafío 6.104).

Observe que sólo la componente de la fuerza neta paralela a la trayectoria, F_{\parallel} , realiza trabajo sobre la partícula, así que sólo ella puede cambiar la rapidez y la energía cinética de la partícula. La componente perpendicular, $F_{\perp} = F \sin \phi$, no afecta la rapidez de la partícula; sólo cambia su dirección.

La integral de la ecuación (6.14) es una *integral de línea*. Para evaluarla en un problema específico, necesitamos una descripción detallada de la trayectoria y de cómo \vec{F} varía en ella. Normalmente expresamos la integral de línea en términos de alguna variable escalar, como en el ejemplo que sigue.



6.19 (a) Una partícula sigue una trayectoria curva de P_1 a P_2 bajo la acción de una fuerza \vec{F} que varía en magnitud y dirección. En un desplazamiento infinitesimal $d\vec{l}$ el trabajo dW efectuado por la fuerza está dado por $dW = \vec{F} \cdot d\vec{l} = F \cos \phi \, dl$. (b) La fuerza que contribuye al trabajo es la componente de fuerza paralela al desplazamiento; $F_{\parallel} = F \cos \phi$.

Ejemplo 6.9

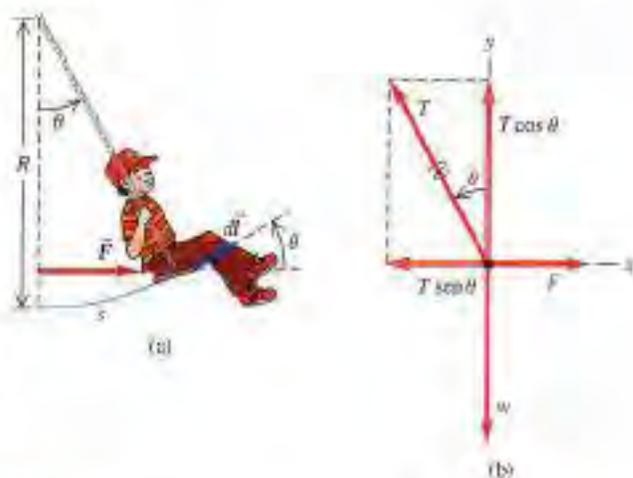
Movimiento en una trayectoria curva I

En un paseo familiar, le piden empujar a su odioso primo Tito en un columpio (Fig. 6.20a). Su peso es w , la longitud de las cadenas es R , y Ud. empuja a Tito hasta que las cadenas forman un ángulo θ con la vertical. Para ello, Ud. ejerce una fuerza [horizontal] variable \vec{F} que comienza en cero y aumenta apenas lo suficiente para que Tito se mueva lentamente y permanezca casi en equilibrio. ¿Qué trabajo total realizan todas las fuerzas sobre Tito? ¿Qué trabajo realiza la tensión T en las cadenas? ¿Qué trabajo efectúa usted aplicando la fuerza \vec{F} ? (Haga caso omiso del peso del columpio.)

SOLUCIÓN

IDENTIFICAR Y PLANTEAR: El movimiento sigue una curva, así que usaremos la ecuación (6.14) para calcular el trabajo efectuado por la fuerza de tensión, por \vec{F} y por la fuerza neta. La figura 6.20b muestra el diagrama de cuerpo libre y el sistema de coordenadas. Sustituimos las dos tensiones de las cadenas por una sola, T .

EJECUTAR: Hay dos formas de obtener el trabajo total efectuado durante el movimiento: (1) calculando el trabajo efectuado por cada fuerza y obteniendo el total de esos trabajos, y (2) calculando el



6.20 (a) Empujar al primo Tito en un columpio. (b) Diagrama de cuerpo libre de Tito, considerado como partícula y sin tomar en cuenta el peso de las cadenas y el asiento.

trabajo efectuado por la fuerza neta. La segunda estrategia es mucho más fácil. Puesto que en esta situación Tito está siempre en equilibrio, la fuerza neta sobre él es cero, la integral de la fuerza neta de la ecuación (6.14) es cero y el trabajo total realizado sobre él por todas las fuerzas es cero.

También es fácil calcular el trabajo efectuado sobre Tito por la tensión de las cadenas, porque en todos los puntos del movimiento la tensión es perpendicular a la dirección del movimiento. Por tanto, en todos los puntos, el ángulo entre la tensión de la cadena y el vector de desplazamiento $d\vec{l}$ es 90° y el producto escalar de la ecuación (6.14) es cero. Por tanto, el trabajo realizado por la tensión de la cadena es cero.

Para calcular el trabajo realizado por \vec{F} , debemos averiguar cómo varía con el ángulo θ . Tito está siempre en equilibrio, así que de $\Sigma \vec{F}_y = 0$ obtenemos

$$F + (-T \sin \theta) = 0$$

y de $\Sigma \vec{F}_x = 0$ obtenemos

$$T \cos \theta + (-w) = 0$$

Eliminando T de estas ecuaciones obtenemos

$$F = w \tan \theta$$

El punto donde se aplica \vec{F} describe el arco s , cuya longitud es igual al radio R de la trayectoria circular multiplicada por su longitud θ (en radianes): $s = R\theta$. Por tanto, el desplazamiento $d\vec{l}$ que corresponde al pequeño cambio de ángulo $d\theta$ tiene magnitud $d\vec{l} = ds = R d\theta$. El trabajo de \vec{F} es

$$W = \int \vec{F} \cdot d\vec{l} = \int F \cos \theta ds$$

Expresando todo en términos del ángulo variable θ :

$$W = \int_0^{\theta_0} (w \tan \theta) \cos \theta (R d\theta) = wR \int_0^{\theta_0} \sec \theta d\theta \\ = wR (1 - \cos \theta_0)$$

EVALUAR: Si $\theta_0 = 0$, no hay desplazamiento; en tal caso, $\cos \theta_0 = 1$ y $W = 0$, como esperábamos. Si $\theta_0 = 90^\circ$, $\cos \theta_0 = 0$ y $W = wR$. En este caso, el trabajo que Ud. realiza es el mismo que efectuaría si levantara a Tito verticalmente una distancia R con una fuerza igual a su peso w . De hecho, la cantidad $R(1 - \cos \theta_0)$ es el aumento en su altura sobre el suelo durante el desplazamiento, así que, para cualquier θ_0 , el trabajo efectuado por \vec{F} es el cambio de altura multiplicado por el peso. Este es un ejemplo de un resultado más general que demostraremos en la sección 7.1.

Ejemplo 6.10

Movimiento en una trayectoria curva II

En el ejemplo 6.9, el desplazamiento infinitesimal $d\vec{l}$ que se muestra en la figura 6.20a tiene magnitud ds , su componente x es $ds \cos \theta$ y su componente y es $ds \sin \theta$. Por tanto, podemos escribir $d\vec{l} = \hat{i} ds \cos \theta + \hat{j} ds \sin \theta$. Use esta expresión y la ecuación (6.14) para calcular el trabajo efectuado durante el movimiento por la tensión de la cadena, por la fuerza de gravedad y por la fuerza \vec{F} .

SOLUCIÓN

IDENTIFICAR Y PLANTEAR: Usamos el mismo diagrama de cuerpo libre del ejemplo 6.9 (Fig. 6.20b). La única diferencia es que aquí calculamos el producto escalar de la ecuación (6.14) utilizando la ecuación (1.21) para el producto escalar en términos de componentes.

EJECUTAR: La figura 6.20b nos dice que podemos escribir las tres fuerzas en términos de vectores unitarios:

$$\vec{T} = \hat{i}(-T \sin \theta) + \hat{j}T \cos \theta$$

$$\vec{w} = \hat{j}(-w)$$

$$\vec{F} = \hat{j}F$$

Para usar la ecuación (6.14), deberemos calcular el producto escalar de cada una de estas fuerzas con $d\vec{l}$. Utilizando la ecuación (1.21),

$$\vec{T} \cdot d\vec{l} = (-T \sin \theta)(ds \cos \theta) + (T \cos \theta)(ds \sin \theta) = 0$$

$$\vec{w} \cdot d\vec{l} = (-w)(ds \sin \theta) = -w \sin \theta ds$$

$$\vec{F} \cdot d\vec{l} = F(ds \cos \theta) = F \cos \theta ds$$

Puesto que $\vec{T} \cdot d\vec{l} = 0$, la integral de esta cantidad es cero y el trabajo efectuado por la tensión de la cadena es cero (como vimos en el ejemplo 6.9). Utilizando $ds = R d\theta$ como en el ejemplo 6.9, el trabajo efectuado por la fuerza de gravedad es

$$\int \vec{w} \cdot d\vec{l} = \int (-w \sin \theta) R d\theta = -wR \int_0^{\theta_0} \sin \theta d\theta \\ = -wR(1 - \cos \theta_0)$$

El trabajo efectuado por la gravedad es negativo porque la gravedad tira hacia abajo mientras Tito se mueve hacia arriba. Por último, el trabajo efectuado por \vec{F} es la integral $\int \vec{F} \cdot d\vec{l} = \int F \cos \theta ds$, que calculamos en el ejemplo 6.9; la respuesta es $+wR(1 - \cos \theta_0)$.

EVALUAR: Como comprobación de las respuestas, vemos que la suma de las tres cantidades de trabajo es cero. Esto es lo que concluimos en el ejemplo 6.9 empleando el teorema de trabajo-energía.

El método de componentes suele ser la forma más cómoda de calcular productos escalares. Úselo cuando facilite las cosas.

Problemas de comprensión

Se están efectuando pruebas de resistencia a choques con un automóvil de 1000 kg, conduciéndolo a 20 m/s contra un resorte gigante cuya constante de fuerza es 1.6×10^4 N/m. ¿Cuánto trabajo efectúa el automóvil sobre el resorte mientras se detiene? ¿Cuánto trabajo efectúa el resorte sobre el automóvil? ¿Qué tanto se comprime el resorte? Haga caso omiso de la fricción.

6.4 | Potencia

La definición de trabajo no menciona el paso del tiempo. Si levantamos una pesa de 400 N una distancia vertical de 0.5 m con velocidad constante, realizamos $(400 \text{ N})(0.5 \text{ m}) = 200 \text{ J}$ de trabajo sea que tardemos 1 segundo, 1 hora o 1 año. No obstante, muchas veces necesitamos saber con qué rapidez se efectúa trabajo. Describimos esto en términos de *potencia*. En el habla cotidiana, “potencia” suele ser sinónimo de “energía” o “fuerza”. En física usamos una definición mucho más precisa: **potencia** es la *rapidez* con que se efectúa trabajo; al igual que el trabajo y la energía, es una cantidad escalar.

Si se realiza un trabajo ΔW en un intervalo Δt , el trabajo medio efectuado por unidad de tiempo o **potencia media** P_{med} se define como

$$P_{\text{med}} = \frac{\Delta W}{\Delta t} \quad (\text{potencia media}) \quad (6.15)$$

La rapidez con que se efectúa trabajo podría no ser constante. Aun si varía, podemos definir la **potencia instantánea** P como el límite del cociente de la ecuación (6.15) cuando Δt se aproxima a cero:

$$P = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta W}{\Delta t} = \frac{dW}{dt} \quad (\text{potencia instantánea}) \quad (6.16)$$

La unidad SI de potencia es el **watt** (W), llamada así por el inventor inglés James Watt. Un watt es un joule por segundo ($1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$). También son de uso común el kilowatt ($1 \text{ kW} = 10^3 \text{ W}$) y el megawatt ($1 \text{ MW} = 10^6 \text{ W}$). En el sistema inglés, el trabajo se expresa en pies-libra, y la unidad de potencia es el pie-libra por segundo. También se usa una unidad mayor, el *caballo de fuerza* (hp):

$$1 \text{ hp} = 550 \text{ ft} \cdot \text{lb/s} = 33,000 \text{ ft} \cdot \text{lb/min}$$

Es decir, un motor de 1 hp que trabaja con carga completa realiza 33,000 ft · lb de trabajo cada minuto. Un factor de conversión útil es

$$1 \text{ hp} = 746 \text{ W} = 0.746 \text{ kW}$$

es decir, un caballo de fuerza equivale a cerca de $\frac{1}{3}$ de kilowatt.

El watt es una unidad común de potencia *eléctrica*; una bombilla de 100 W convierte 100 J de energía eléctrica en luz y calor cada segundo, pero los watts no son inherentemente eléctricos. Una bombilla podría especificarse en términos de caballos de fuerza, y algunos fabricantes de autos especifican sus motores en términos de kilowatts, no hp.

Las unidades de potencia pueden servir para definir nuevas unidades de trabajo o energía. El *kilowatt-hora* (kWh) es la unidad comercial usual de energía eléctrica. Un kWh es el trabajo realizado en 1 hora (3600 s) cuando la potencia es 1 kW (10^3 J/s), así que

$$1 \text{ kWh} = (10^3 \text{ J/s})(3600 \text{ s}) = 3.6 \times 10^6 \text{ J} = 3.6 \text{ MJ}$$

El kilowatt-hora es una unidad de *trabajo* o *energía*, no de potencia.

En mecánica, también podemos expresar la potencia en términos de fuerza y velocidad. Suponga que una fuerza \vec{F} actúa sobre un cuerpo que tiene un desplazamiento $\Delta\vec{s}$. Si F_{\parallel} es la componente de \vec{F} tangente a la trayectoria (paralela a $\Delta\vec{s}$), el trabajo realizado por la fuerza es $\Delta W = F_{\parallel} \Delta s$, y la potencia media es

$$P_{\text{med}} = \frac{F_{\parallel} \Delta s}{\Delta t} = F_{\parallel} \frac{\Delta s}{\Delta t} = F_{\parallel} v_{\text{med}} \quad (6.17)$$

La potencia instantánea P es el límite de esto cuando $\Delta t \rightarrow 0$:

$$P = F_{\parallel} v \quad (6.18)$$

donde v es la magnitud de la velocidad instantánea. También podemos expresar la ecuación (6.18) en términos del producto escalar:

$$P = \vec{F} \cdot \vec{v} \quad (6.19)$$

(rapidez instantánea con que la fuerza realiza trabajo sobre una partícula)

Ejemplo 6.11

Fuerza y potencia

Cada uno de los dos motores a reacción de un avión Boeing 767 desarrolla un empuje (fuerza hacia adelante sobre el avión) de 197,000 N (44,300 lb). Cuando el avión está volando a 250 m/s (900 km/h), ¿cuántos caballos de potencia desarrolla cada motor?

SOLUCIÓN

IDENTIFICAR Y PLANTEAR: El empuje tiene la dirección del movimiento, así que F_{\parallel} de la ecuación (6.18) es simplemente igual al empuje. La incógnita es la potencia instantánea P .

EJECUTAR: Con $v = 250$ m/s, cada motor desarrolla una potencia P dada por la ecuación (6.18):

$$\begin{aligned} P &= F_{\parallel} v = (1.97 \times 10^5 \text{ N})(250 \text{ m/s}) = 4.93 \times 10^7 \text{ W} \\ &= (4.93 \times 10^7 \text{ W}) \frac{1 \text{ hp}}{746 \text{ W}} = 66,000 \text{ hp} \end{aligned}$$

EVALUAR: La rapidez de los aviones comerciales modernos depende directamente con la potencia de los motores (Fig. 6.21). Los motores más grandes de los aviones de hélice de los años 50 desarrollaban aproximadamente 3400 hp (2.5×10^6 W) y tenían rapidez máxima del orden de 600 km/h. La potencia de cada motor de un Boeing 767 es casi 20 veces mayor, y permite al avión volar a cerca de 900 km/h y llevar una carga mucho más pesada.

¿Qué pasa si los motores están produciendo el empuje máximo mientras el avión está en reposo en tierra (con los frenos puestos)? Puesto que $v = 0$, la potencia desarrollada por los motores es cero. ¿Fuerza y potencia no son la misma cosa!



(a)



(b)

6.21 Aviones comerciales impulsados (a) por hélices y (b) por motores a reacción.

Ejemplo
6.12

Un "potente ascenso"

En un evento de caridad, una maratonista de 50.0 kg sube corriendo las escaleras de la Torre Sears de Chicago (443 m de altura, el edificio más alto de EE.UU.) (Fig. 6.22). ¿Qué potencia media en watts desarrolla si sube en 15.0 min? ¿En kilowatts? ¿En hp?

SOLUCIÓN

IDENTIFICAR Y PLANTEAR: Trataremos a la corredora como una partícula de masa m . Podemos calcular la potencia media que desarrolla de dos maneras: (1) determinando primero cuánto trabajo debe efectuar y dividiendo ese trabajo entre el tiempo transcurrido, como en la ecuación (6.15), o (2) calculando la fuerza media hacia arriba que la corredora debe ejercer (en la dirección del ascenso) y multiplicándola por su velocidad hacia arriba, como en la ecuación (6.17).

EJECUTAR: Como en el ejemplo 6.9, para levantar una masa m contra la gravedad se requiere una cantidad de trabajo igual al peso mg multiplicado por la altura h que se levanta. Por tanto, el trabajo que la corredora debe efectuar es

$$W = mgh = (50.0 \text{ kg})(9.80 \text{ m/s}^2)(443 \text{ m}) \\ = 2.17 \times 10^5 \text{ J}$$

El tiempo es 15.0 min = 900 s, así que, por la ecuación (6.15), la potencia media es

$$P_{\text{med}} = \frac{2.17 \times 10^5 \text{ J}}{900 \text{ s}} = 241 \text{ W} = 0.241 \text{ kW} = 0.323 \text{ hp}$$

Intentemos ahora los cálculos empleando el enfoque alterno de la ecuación (6.17). La fuerza ejercida es vertical, y la componente vertical media de la velocidad es $(443 \text{ m})/(900 \text{ s}) = 0.492 \text{ m/s}$, así que la potencia media es



6.22 ¿Cuánta potencia se necesita para subir corriendo la Torre Sears de Chicago en 15 minutos?

$$P_{\text{med}} = F_{\text{v}}v_{\text{med}} = (mg)v_{\text{med}} \\ = (50.0 \text{ kg})(9.80 \text{ m/s}^2)(0.492 \text{ m/s}) = 241 \text{ W}$$

que es el mismo resultado de antes.

EVALUAR: De hecho, la potencia *total* desarrollada por la corredora será muchas veces más que la calculada, porque ella no es una partícula, sino un conjunto de partes que ejercen fuerzas unas sobre otras y realizan trabajo, como el necesario para inhalar y exhalar y oscilar piernas y brazos. Lo que calculamos es sólo la parte de su gasto de potencia que se invierte en subirla al tope del edificio.

Ejemplo 6.22 comparado

En el ejemplo 6.2, ¿qué potencia está asociada a la fuerza F_T cuando el trineo se mueve a 2.0 m/s? ¿Qué potencia está asociada a la fuerza de fricción con esta rapidez?

RESUMEN

Cuando una fuerza constante \vec{F} actúa sobre una partícula que sufre un desplazamiento rectilíneo \vec{s} , el trabajo realizado por la fuerza sobre la partícula se define como el producto escalar de \vec{F} y \vec{s} . La unidad de trabajo en el SI es 1 joule = 1 newtonmetro (1 J = 1 N · m). El trabajo es una cantidad escalar; tiene un signo algebraico (positivo o negativo) pero no tiene dirección en el espacio. (Véanse los ejemplos 6.1 a 6.3.)

$$W = \vec{F} \cdot \vec{s} = F s \cos \phi$$

$\phi =$ ángulo entre \vec{F} y \vec{s}

(6.2), (6.3)

La fuerza tiene componentes en la dirección del desplazamiento; el trabajo efectuado es positivo



La energía cinética K de una partícula es igual al trabajo necesario para acelerarla desde el reposo hasta la rapidez v . También es igual al trabajo que la partícula puede efectuar en el proceso de detenerse. La energía cinética es una cantidad escalar sin dirección en el espacio; siempre es positiva o cero, y sus unidades son las mismas que las del trabajo: 1 J = 1 N · m = 1 kg · m²/s².

$$K = \frac{1}{2} mv^2$$

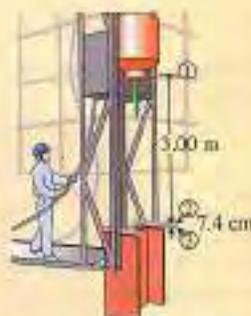
(6.5)



Cuando actúan fuerzas sobre una partícula mientras sufre un desplazamiento, la energía cinética de la partícula cambia en una cantidad igual al trabajo total W_{tot} realizado sobre ella por todas las fuerzas. Esta relación, llamada teorema de trabajo-energía, es válida para fuerzas tanto constantes como variables y para trayectorias tanto rectas como curvas de la partícula, pero sólo es aplicable a cuerpos que pueden tratarse como partículas. (Véanse los ejemplos 6.4 a 6.6.)

$$W_{\text{tot}} = K_2 - K_1 = \Delta K$$

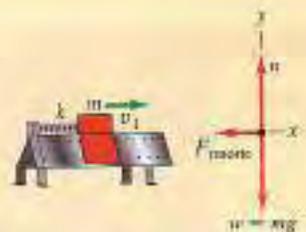
(6.6)



Si la fuerza varía durante un desplazamiento rectilíneo, el trabajo que realiza está dado por una integral [ecuación (6.7)]. (Véanse los ejemplos 6.7 y 6.8.)

$$W = \int_{x_1}^{x_2} F_x dx$$

(6.7)

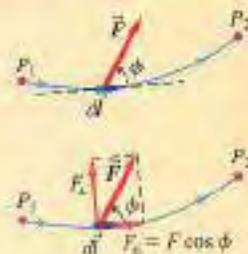


Si la partícula tiene una trayectoria curva, el trabajo efectuado por una fuerza \vec{F} está dada por una integral en la que interviene el ángulo ϕ entre la fuerza y el desplazamiento. Esta expresión es válida aun si la magnitud de la fuerza y el ángulo ϕ varían durante el desplazamiento. (Véanse los ejemplos 6.9 y 6.10.)

$$W = \int_{P_1}^{P_2} F \cos \phi dl = \int_{P_1}^{P_2} F_x dl$$

$$= \int_{P_1}^{P_2} \vec{F} \cdot d\vec{l}$$

(6.14)

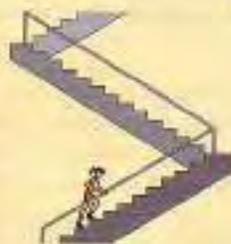


La potencia es la rapidez con que se efectúa trabajo. La potencia media P_{med} es la cantidad de trabajo ΔW realizada en un tiempo Δt dividida entre ese tiempo. La potencia instantánea es el límite de la potencia media cuando Δt se acerca a cero. Cuando una fuerza \vec{F} actúa sobre una partícula que se mueve con velocidad \vec{v} , la potencia instantánea (rapidez con que la fuerza efectúa trabajo) es el producto escalar de \vec{F} y \vec{v} . Al igual que el trabajo y la energía cinética, la potencia es una cantidad escalar. Su unidad en el SI es 1 watt = 1 joule/se-gundo ($1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$). (Véanse los ejemplos 6.11 y 6.12.)

$$P_{\text{med}} = \frac{\Delta W}{\Delta t} \quad (6.15)$$

$$P = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta W}{\Delta t} = \frac{dW}{dt} \quad (6.16)$$

$$P = \vec{F} \cdot \vec{v} \quad (6.19)$$



Términos clave

constante de fuerza, 221
 energía cinética, 214
 joule, 208
 ley de Hooke, 221

potencia, 227
 potencia instantánea, 227
 potencia media, 227

teorema de trabajo-energía, 214
 trabajo, 208
 watt, 227

Notas del lector

Respuesta a la pregunta inicial del capítulo

Es verdad que la jabalina efectúa trabajo sobre la atleta. Sin embargo, dado que la jabalina ejerce una fuerza hacia atrás sobre la mano de la atleta mientras la mano se mueve hacia adelante, el trabajo efectuado por la jabalina es *negativo*. (Véase la sección 6.1.)

Respuestas a las preguntas de Evalúe su comprensión

Sección 6.1 En todos los casos, la barra tiene cero aceleración, así que la fuerza neta que actúa sobre ella es cero. Por tanto, el levantador de pesas debe ejercer una fuerza hacia arriba cuya magnitud es igual al peso de la barra, 500 N. (a) La fuerza y el desplazamiento tienen la misma dirección, así que $W = Fx = (500 \text{ N})(1.5 \text{ m}) = 750 \text{ J}$. (b) El desplazamiento es cero, así que $W = 0$. (c) El desplazamiento es opuesto a la fuerza, así que $W = -Fx = -(500 \text{ N})(1.5 \text{ m}) = -750 \text{ J}$.

Sección 6.2 El trabajo que el lanzador efectuó sobre la pelota es igual al cambio de energía cinética que le produjo. Ese trabajo es igual al producto de la fuerza media horizontal F que aplicó y el desplazamiento $s = 2.0 \text{ m}$. La energía cinética inicial K_1 era cero (la pelota estaba inicialmente en reposo), y la final $K_2 = \frac{1}{2}mv_2^2 = \frac{1}{2}(0.145 \text{ kg})(40 \text{ m/s})^2 = 116 \text{ J}$. Así pues, por el teorema de trabajo-energía, $F(2.0 \text{ m}) = 116 \text{ J} - 0$ y $F = (116 \text{ J})/(2.0 \text{ m}) = 58 \text{ N}$.

Sección 6.3 Al detenerse el auto, efectúa sobre el resorte un trabajo igual a su energía cinética inicial: $\frac{1}{2}mv_1^2 = \frac{1}{2}(1000 \text{ kg})(20 \text{ m/s})^2 = 2.0 \times 10^5 \text{ J}$. El trabajo efectuado por el resorte sobre el auto es el negativo de este valor, $-2.0 \times 10^5 \text{ J}$. Por la ecuación (6.10), el trabajo que el automóvil efectúa sobre el resorte es $\frac{1}{2}kx_2^2 - \frac{1}{2}kx_1^2$; el resorte no está comprimido inicialmente, así que $x_1 = 0$ y $2.0 \times 10^5 \text{ J} = \frac{1}{2}kx_2^2 = \frac{1}{2}(1.6 \times 10^6 \text{ N/m})x_2^2$. Despejando, obtenemos $x_2 = 5.0 \text{ m}$ o -5.0 m ; en este caso, el signo menos es el apropiado porque el resorte se comprime. Por tanto, el resorte se comprime 5.0 m.

Sección 6.4 La componente de la fuerza F_T en la dirección del movimiento del trineo es $F_x = F_T \cos 36.9^\circ$, con $F_T = 5000 \text{ N}$. Por tanto, la potencia es $P = F_x v = (5000 \text{ N})(\cos 36.9^\circ)(2.0 \text{ m/s}) = 8000 \text{ W}$. Para la fuerza de fricción, $F_f = -f = -3500 \text{ N}$; el signo menos indica que la fuerza es opuesta a la velocidad. Así, la potencia por fricción es $P = F_f v = (-3500 \text{ N})(2.0 \text{ m/s}) = -7000 \text{ W}$. Dicho de otro modo, la fuerza de fricción efectúa 7000 J de trabajo *negativo* sobre el trineo cada segundo.

Preguntas para análisis

P6.1 En el caso de una fuerza constante en la dirección del desplazamiento, ¿cómo puede efectuarse el doble de trabajo con una fuerza de la mitad de la magnitud?

P6.2 Un elevador es subido por sus cables con rapidez constante. ¿El trabajo realizado sobre él es positivo, negativo o cero? Explique.

P6.3 Se tira de una cuerda atada a un cuerpo y éste se acelera. Según la tercera ley de Newton, el cuerpo tira de la cuerda con una fuerza igual y opuesta. ¿Es cero el trabajo total realizado? Si así es, ¿cómo puede cambiar la energía cinética del cuerpo? Explique.

P6.4 Cuando se usa un gato para levantar un auto, se ejerce una fuerza de mucha menor magnitud que el peso del auto. ¿Implica esto que se efectúa mucho menos trabajo sobre el auto que si éste se levantara directamente? Explique.

P6.5 Si hubiera una fuerza neta distinta de cero y de magnitud constante sobre un objeto, ¿el trabajo total realizado sobre él podría ser cero? Explique, ilustrando su respuesta con un ejemplo.

P6.6 En el ejemplo 5.5 (sección 5.1), compare el trabajo realizado sobre la cubeta por la tensión del cable y el realizado sobre el carro por dicha tensión.

P6.7 En el ejemplo 5.21 (sección 5.4), ¿la fuerza \vec{F} realiza trabajo sobre el trineo? Explique. ¿Alguna de las fuerzas aplicadas al trineo realiza trabajo sobre él? ¿Es constante la rapidez del trineo? ¿Es constante su velocidad? Explique sus respuestas.

P6.8 En el ejemplo 5.11 (sección 5.2) la gravedad efectúa trabajo sobre el tobogán que viaja una distancia d cuesta abajo, midiendo d paralela a la pendiente. La magnitud de la fuerza de gravedad depende de la masa del tobogán y su contenido pero no del ángulo de pendiente α de la colina. Para una distancia constante d , ¿el trabajo realizado por la gravedad depende de α ? Explique.

P6.9 Una fuerza F sobre el eje x tiene magnitud que depende de x . Dibuje una posible gráfica de F contra x tal que la fuerza no realice trabajo sobre un objeto que se mueve de x_1 a x_2 , aunque la magnitud de la fuerza nunca sea cero en este intervalo.

P6.10 ¿La energía cinética de un auto cambia más al acelerar de 10 a 15 m/s o de 15 a 20 m/s? Explique.

P6.11 Un tabique de 1.5 kg cae verticalmente a 5.0 m/s. Un libro de física de 1.5 kg se desliza sobre el piso a 5.0 m/s. Un melón de 1.5 kg viaja con componentes de velocidad de 3.0 m/s a la derecha y 4.0 m/s hacia arriba. ¿Todos estos objetos tienen la misma velocidad? ¿Tienen la misma energía cinética? Para cada pregunta, justifique su respuesta.

P6.12 ¿El trabajo *total* efectuado sobre un objeto durante un desplazamiento puede ser negativo? Explique. Si el trabajo total es negativo, ¿puede su magnitud ser mayor que la energía cinética inicial del objeto? Explique.

P6.13 Una fuerza neta actúa sobre un objeto y lo acelera desde el reposo hasta una rapidez v_f , efectuando un trabajo W_f . ¿En qué factor debe aumentarse ese trabajo para lograr una rapidez final tres veces mayor, si el objeto parte del reposo?

P6.14 Un camión que va por una autopista tiene mucha energía cinética relativa a una patrulla detenida, pero ninguna relativa al conductor del camión. En estos dos marcos de referencia, ¿se requiere el mismo trabajo para detener el camión? Explique.

P6.15 Imagine que sostiene un portafolios por el asa, con el brazo recto a su costado. ¿La fuerza que la mano ejerce efectúa trabajo sobre el portafolios i) cuando usted camina con rapidez constante por un pasillo horizontal? ii) ¿Cuando usa una escalera eléctrica para subir del primer al segundo piso de un edificio? Justifique su respuesta en cada caso.

P6.16 Si un libro se desliza sobre una mesa, la fuerza de fricción realiza trabajo *negativo* sobre él. ¿Existe algún caso en que la fricción realice trabajo *positivo*? Explique. (*Sugerencia:* Piense en una caja en un camión que acelera, con fricción entre ella y el piso del camión.)

P6.17 Cronométrese al subir corriendo una escalera y calcule la tasa media con que efectúa trabajo contra la fuerza de gravedad. Exprese su respuesta en wats y en caballos de fuerza.

P6.18 Si se aplica una fuerza constante a un objeto que se mueve con aceleración constante, ¿es constante la potencia de la fuerza? Si no, ¿cómo tendría que variar la fuerza con la rapidez para que la potencia fuera constante?

P6.19 Un anuncio de un generador eléctrico portátil asegura que el motor a diesel produce 28,000 hp para impulsar un generador eléctrico que produce 30 MW de potencia eléctrica. ¿Es esto posible? Explique.

P6.20 Un auto aumenta su rapidez mientras el motor produce potencia constante. ¿La aceleración es mayor al principio de este proceso o al final? Explique.

P6.21 Considere una gráfica de potencia instantánea contra tiempo, cuyo eje P vertical comienza en $P = 0$. ¿Qué significado físico tiene el área bajo la curva entre dos líneas verticales en t_1 y t_2 ? ¿Cómo podría calcular la potencia media a partir de la gráfica? Dibuje una curva de P contra t que conste de dos secciones rectas y en la que la potencia máxima sea igual al doble de la potencia media.

P6.22 Una fuerza neta distinta de cero actúa sobre un objeto. ¿Alguna de las cantidades siguientes puede ser constante? i) La rapidez del objeto; ii) la velocidad del objeto; iii) la energía cinética del objeto.

Ejercicios

Sección 6.1 Trabajo

6.1 Imagine que empuja su libro de física 1.50 m sobre una mesa horizontal con fuerza horizontal de 2.40 N. La fuerza de fricción opuesta es de 0.600 N. a) ¿Cuánto trabajo efectúa la fuerza de 2.40 N sobre el libro? b) ¿Y la de fricción? c) ¿Qué trabajo total se efectúa sobre el libro?

6.2 Un viejo cubo de roble de 6.75 kg cuelga en un pozo del extremo de una cuerda que pasa sobre una polea sin fricción en la parte superior del pozo, y usted tira de la cuerda horizontalmente para levantar el cubo lentamente 4.00 m. a) ¿Cuánto trabajo efectúa Ud. sobre el cubo? b) ¿Y la fuerza gravitacional que actúa sobre el cubo? c) ¿Qué trabajo total se realiza sobre el cubo?

6.3 Un pescador enrolla 12.0 m de sedal al tirar de un pez que ejerce una resistencia constante de 25.0 N. Si se tira con velocidad constante, ¿cuánto trabajo realiza sobre el pez la tensión del sedal?

6.4 Un obrero empuja horizontalmente una caja de 30.0 kg una distancia de 4.5 m en un piso plano, con velocidad constante. El coeficiente de fricción cinética entre el piso y la caja es de 0.25. a) ¿Qué magnitud de fuerza debe aplicar el obrero? b) ¿Cuánto trabajo efectúa sobre la caja? c) ¿Cuánto trabajo efectúa la fricción sobre la caja? d) ¿Cuánto trabajo realiza la fuerza normal? ¿La gravedad? e) ¿Qué trabajo total se efectúa sobre la caja?

6.5 Suponga que el obrero del ejercicio 6.4 empuja con un ángulo de 30° bajo la horizontal. a) ¿Qué magnitud de fuerza debe aplicar para mover la caja con velocidad constante? b) ¿Qué trabajo realiza esta fuerza sobre la caja si se empuja 4.5 m? c) ¿Qué trabajo realiza la fricción sobre la caja en este desplazamiento? d) ¿Cuánto trabajo realiza la fuerza normal? ¿La gravedad? e) ¿Qué trabajo total se efectúa sobre la caja?

6.6 Una lancha tira de una esquiadora con una cuerda horizontal. Ella esquía hacia un lado, hasta que la cuerda forma un ángulo de 15.0° con su dirección de movimiento, y luego sigue en línea recta.

La tensión en la cuerda es de 180 N. ¿Cuánto trabajo realiza la cuerda sobre el esquiador durante un desplazamiento de 300 m?

6.7 Dos remolcadores tiran de un buque tanque averiado. Cada uno ejerce una fuerza constante de 1.80×10^3 N, uno 14° al oeste del norte y el otro 14° al este del norte, tirando del buque tanque 0.75 km al norte. ¿Qué trabajo total efectúan sobre el buque tanque?

6.8 Un carrito de supermercado cargado rueda por un estacionamiento por el que sopla un viento fuerte. Usted aplica una fuerza constante $\vec{F} = (30 \text{ N})\hat{i} - (40 \text{ N})\hat{j}$ al carrito mientras éste sufre un desplazamiento $\vec{s} = (-9.0 \text{ m})\hat{i} + (3.0 \text{ m})\hat{j}$. ¿Cuánto trabajo efectúa la fuerza que usted aplica al carrito?

6.9 Una pelota de 0.800 kg se ata al extremo de un cordón de 1.60 m de longitud y se hace girar en un círculo vertical. a) Durante un círculo completo, contando a partir de cualquier punto, calcule el trabajo total efectuado sobre la pelota por: (i) la tensión en el cordón; (ii) la gravedad. b) Repita la parte (a) para el movimiento a lo largo del semicírculo que va del zenit al nadir de la trayectoria.

Sección 6.2 Trabajo y energía cinética

6.10 a) Calcule la energía cinética, en joules, de un auto de 1600 kg que viaja a 50.0 km/h. b) ¿En qué factor cambia la energía cinética si se duplica la rapidez?

6.11 T. Rex. Se cree que la masa de un *Tyrannosaurus rex* era del orden de 7000 kg. a) Trate al dinosaurio como una partícula y estime su energía cinética al caminar con rapidez de 4.0 km/h. b) ¿Con qué rapidez tendría que moverse una persona de 70 kg para tener la misma energía cinética que el T. rex al caminar?

6.12 a) ¿Cuántos joules de energía cinética tiene una persona al caminar? ¿Y al correr? b) ¿Cuántos joules de energía cinética tiene un automóvil grande que avanza a velocidades de autopista? c) Si dejamos caer una pesa de 1 kg desde la altura del hombro, ¿cuántos joules de energía cinética tendrá al llegar al suelo?

6.13 Imagine que pertenece a la Cuadrilla de Rescate Alpino y debe proyectar hacia arriba una caja de suministros por una pendiente de ángulo constante α de modo que llegue a un esquiador varado que está una distancia vertical h sobre la base de la pendiente. La pendiente es resbalosa, pero hay cierta fricción presente, con coeficiente de fricción cinética μ_k . Use el teorema de trabajo-energía para calcular la rapidez mínima que debe impartir a la caja en la base de la pendiente para que llegue al esquiador. Expresé su respuesta en términos de g , h , μ_k y α .

6.14 Se lanza una piedra de 20 N verticalmente hacia arriba desde el suelo. Se observa que, cuando está 15.0 m sobre el suelo, vira con velocidad de 25.0 m/s hacia arriba. Use el teorema de trabajo-energía para determinar a) su rapidez en el momento de ser lanzada; b) su altura máxima.

6.15 Una masa m baja deslizándose por un plato inclinado liso que forma un ángulo α con la horizontal, desde una altura vertical inicial h . a) El trabajo efectuado por una fuerza es la sumatoria del trabajo efectuado por las componentes de la fuerza. Considere las componentes de la gravedad paralela y perpendicular al plano. Calcule el trabajo efectuado sobre la masa por cada componente y use estos resultados para demostrar que el trabajo efectuado por la gravedad es exactamente el mismo que efectuaría si la masa cayera verticalmente por el aire desde una altura h . b) Use el teorema de trabajo-energía para demostrar que la rapidez de la masa en la base

del plano inclinado es la misma que tendría si se hubiera dejado caer desde la altura h , sea cual sea el ángulo α del plano. Explique cómo esta rapidez puede ser independiente del ángulo del plano. c) Use los resultados de la parte (b) para obtener la rapidez de una piedra que baja deslizándose por una colina helada sin fricción, partiendo del reposo 15.0 m arriba del pie de la colina.

6.16 Un auto es detenido por una fuerza de fricción constante independiente de la rapidez del auto. ¿En qué factor cambia la distancia en que se detiene el auto si se duplica su rapidez inicial? (Utilice métodos de trabajo-energía.)

6.17 Una pelota de béisbol sale de la mano del lanzador con rapidez de 32.0 m/s. La masa de la pelota es 0.145 kg. Haga caso omiso de la resistencia del aire. ¿Cuánto trabajo efectuó el lanzador sobre la bola?

6.18 **Velero de hielo.** En el ejemplo conceptual 6.6 (sección 6.2), sea A el bote de masa m y el otro, de masa $2m$, B . a) En la meta, ¿qué razón v_A/v_B tienen las rapideces de los dos botes? b) Sea t_A el tiempo que tarda A en llegar a la meta, y t_B el que tarda B . ¿Cuánto vale t_A/t_B ?

6.19 Un electrón en movimiento tiene energía cinética K_i . Después de realizarse sobre él una cantidad neta de trabajo W , se mueve con una cuarta parte de su rapidez anterior y en la dirección opuesta. a) Calcule W en términos de K_i . b) ¿Su respuesta depende de la dirección final del movimiento del electrón?

6.20 Un trineo de 8.00 kg se mueve en línea recta sobre una superficie horizontal sin fricción. En cierto punto, su rapidez es de 4.00 m/s; 2.50 m más adelante, es de 6.00 m/s. Use el teorema de trabajo-energía para determinar la fuerza que actúa sobre el trineo, suponiendo que es constante y actúa en la dirección del movimiento.

6.21 Un balón de fútbol soccer de 0.420 kg se mueve inicialmente con rapidez de 2.00 m/s. Una jugadora lo patea, ejerciendo una fuerza constante de 40.0 N en la dirección del movimiento del balón. ¿Durante qué distancia debe estar su pie en contacto con el balón para aumentar la rapidez de éste a 6.00 m/s?

6.22 Un "12-pack" de Omni-Cola (masa de 4.30 kg) está en reposo en un piso horizontal. Luego, un perro entrenado que ejerce una fuerza horizontal con magnitud de 36.0 N lo empuja 1.20 m en línea recta. Use el teorema de trabajo-energía para determinar la rapidez final si a) no hay fricción entre el 12-pack y el piso; b) el coeficiente de fricción cinética entre el 12-pack y el piso es de 0.30.

6.23 Una bola de béisbol de 0.145 kg se lanza hacia arriba con rapidez inicial de 25.0 m/s. a) ¿Cuánto trabajo ha realizado la gravedad sobre ella cuando alcanza una altura de 20.0 m sobre la mano del lanzador? b) Use el teorema de trabajo-energía para calcular la rapidez de la bola a esa altura. Haga caso omiso de la resistencia del aire. c) La respuesta a la parte (b) depende de si la bola se está moviendo hacia arriba o hacia abajo cuando está a la altura de 20.0 m? Explique.

6.24 Una sandía de 4.80 kg se deja caer (rapidez inicial cero) desde la azotea de un edificio de 25.0 m. a) Calcule el trabajo realizado por la gravedad sobre la sandía durante su desplazamiento desde la azotea hasta la acera. ¿Qué energía cinética tiene la sandía justo antes de estrellarse con el suelo? Haga caso omiso de la resistencia del aire.

6.25 Un vagón de juguete de 7.00 kg se mueve en línea recta sobre una superficie horizontal sin fricción. Tiene rapidez inicial de 4.00 m/s y luego es empujado 3.0 m en la dirección de la velocidad inicial por una fuerza de 10.0 N. a) Use el teorema de trabajo-energía para calcular la rapidez final del vagón. b) Calcule la aceleración producida por la fuerza y úsela en las relaciones de cinemática del

capítulo 2 para calcular la rapidez final. Compare este resultado con el de la parte (a).

6.26 Un bloque de hielo de 2.00 kg se desliza 0.750 m hacia abajo por un plano inclinado 36.9° bajo la horizontal. Si el bloque parte del reposo, ¿qué rapidez final tiene? Puede despreciarse la fricción.

5.27 **Distancia de paro.** Un auto viaja por un camino horizontal con rapidez v_0 en el instante en que los frenos se amarran, de modo que las llantas se deslizan en lugar de rodar. a) Use el teorema de trabajo-energía para calcular la distancia mínima en que puede detenerse el auto en términos de v_0 , g y el coeficiente de fricción cinética μ_k entre las llantas y el camino. b) El auto se detiene en 91.2 m si $v_0 = 80.0$ km/h. ¿En qué distancia se detiene si $v_0 = 60.0$ km/h? Suponga que el valor de μ_k no varía.

Sección 6.3 Trabajo y energía con fuerzas variables

6.28 Se requiere un trabajo de 12.0 J para estirar un resorte 3.00 cm respecto a su longitud no estirada. ¿Cuánto trabajo debe efectuarse para comprimir ese resorte 4.00 cm respecto a su longitud no estirada?

6.29 Una fuerza de 160 N estira un resorte 0.050 m más allá de su longitud no estirada. a) ¿Qué fuerza se requiere para un estiramiento de 0.015 m? ¿Para una compresión de 0.020 m respecto a la longitud no estirada? b) ¿Cuánto trabajo debe efectuarse en los dos casos de la parte (a)?

6.30 Una niña aplica una fuerza \vec{F} paralela al eje x a un trineo de 10.0 kg que se mueve sobre la superficie congelada de un estanque. La niña controla la rapidez del trineo, y la componente x de la fuerza que aplica varía con la coordenada x del objeto como se muestra en la figura 6.23. Calcule el trabajo efectuado por \vec{F} cuando el trineo se mueve a) de $x = 0$ a $x = 8.0$ m; b) de $x = 8.0$ m a $x = 12.0$ m; c) de $x = 0$ a $x = 12.0$ m.

6.31 Suponga que el trineo del ejercicio 6.30 está inicialmente en reposo en $x = 0$. Use el teorema de trabajo-energía para determinar la rapidez del trineo en a) $x = 8.0$ m; b) $x = 12.0$ m. Puede despreciarse la fricción entre el trineo y la superficie del estanque.

6.32 Una vaca terca trata de salirse del establo mientras usted la empuja cada vez con más fuerza para impedirlo. En coordenadas cuyo origen es la puerta del establo, la vaca camina de $x = 0$ a $x = 6.9$ m mientras usted aplica una fuerza con componente x $F_x = -[20.0 \text{ N} + (3.0 \text{ N/m})x]$. ¿Cuánto trabajo efectúa sobre la vaca la fuerza que usted aplica durante este desplazamiento?

6.33 Una caja de 6.0 kg que se mueve a 3.0 m/s sobre una superficie horizontal sin fricción choca con un resorte ligero cuya constante de fuerza es de 75 N/cm. Use el teorema de trabajo-energía para determinar la compresión máxima del resorte.

6.34 **"Press" de piernas.** Como parte de su ejercicio diario, usted se acuesta boca arriba y empuja con los pies una plataforma conectada a dos resortes firmes paralelos. Al empujar la plataforma, Ud.

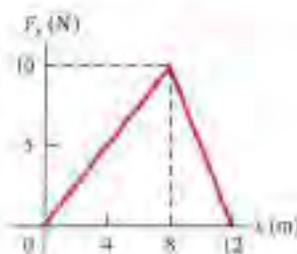


Figura 6.23 Ejercicios 6.30 y 6.31

comprime los resortes. Realiza 80.0 J de trabajo al comprimir los resortes 0.200 m respecto a su longitud no comprimida. a) ¿Qué fuerza debe aplicar para mantener la plataforma en esta posición? b) ¿Cuánto trabajo *adicional* debe realizar para mover la plataforma 0.200 m más, y qué fuerza máxima debe aplicar?

6.35 a) En el ejemplo 6.8 (sección 6.3), se calcula que, con el riel de aire apagado, el deslizador viaja 8.6 cm antes de parar momentáneamente. ¿Qué valor debe tener el coeficiente de fricción estática μ_s para evitar que el deslizador regrese a la izquierda? b) Si μ_s entre el deslizador y el riel es de 0.60, ¿qué rapidez inicial máxima v_i puede imprimirse al deslizador sin que regrese a la izquierda luego de detenerse momentáneamente? Con el riel desactivado, el coeficiente de fricción cinética es $\mu_k = 0.47$.

6.36 Un bloque de hielo de 4.00 kg se coloca contra un resorte horizontal con $k = 200$ N/m, comprimido 0.025 m. El resorte se suelta y acelera al bloque sobre una superficie horizontal. Pueden despreciarse la fricción y la masa del resorte. a) Calcule el trabajo efectuado por el resorte sobre el bloque desde la posición inicial hasta que el resorte recupera su longitud no comprimida. b) ¿Qué rapidez tiene el bloque al perder contacto con el resorte?

6.37 Se aplica a un automóvil modelo de 2.0 kg, controlado por radio, una fuerza \vec{F} paralela al eje x , mientras el auto se mueve por una pista recta. La componente x de la fuerza varía con la coordenada x del auto como se muestra en la figura 6.24. Calcule el trabajo efectuado por \vec{F} cuando el auto se mueve de a) $x = 0$ a $x = 3.0$ m; b) $x = 3.0$ m a $x = 4.0$ m; c) $x = 4.0$ m a $x = 7.0$ m; d) $x = 0$ a $x = 7.0$ m; e) $x = 7.0$ m a $x = 2.0$ m.

6.38 Suponga que el auto de 2.0 kg (del ejercicio 6.37) está inicialmente en reposo en $x = 0$ y que \vec{F} es la fuerza neta que actúa sobre el auto. Use el teorema de trabajo-energía para determinar la rapidez del auto en a) $x = 3.0$ m; b) $x = 4.0$ m; c) $x = 7.0$ m.

6.39 En un parque acuático, trineos con pasajeros se impulsan por una superficie horizontal sin fricción liberando un gran resorte comprimido. El resorte, con constante de fuerza $k = 4000$ N/m y masa despreciable, descansa sobre la superficie horizontal sin fricción. Un extremo está en contacto con una pared fija; un trineo con pasajero (masa total 70.0 kg) se empuja contra el otro extremo, comprimiendo el resorte 0.375 m. Luego se libera el trineo con velocidad inicial cero. ¿Qué rapidez tiene el trineo cuando el resorte a) regresa a su longitud no comprimida? b) ¿Está aún comprimido 0.200 m?

6.40 En el ejemplo 6.9 (sección 6.3), en lugar de aplicar una fuerza horizontal variable \vec{F} que mantiene a Tito casi en equilibrio, usted aplica una fuerza horizontal constante de magnitud $F = 2w$, donde w es el peso de Tito. Al igual que en ese ejemplo, considere a Tito como partícula y desprecie el peso del columpio. Ud. empuja hasta que las cadenas forman un ángulo de θ_i con la horizontal. a) Use la ecuación (6.14) para calcular el trabajo efectuado sobre Tito por \vec{F} . b) Con el ángulo θ_i , ¿qué relación hay entre la magnitud de \vec{F} en este ejercicio y en el ejemplo 6.7? c) Compare el trabajo realizado por \vec{F} en este ejercicio con el del ejemplo 6.7.

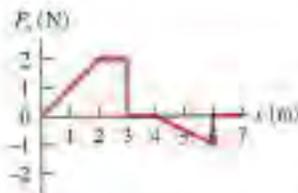


Figura 6.24 Ejercicios 6.37 y 6.38.

6.41 Un deslizador pequeño de 0.0900 kg se coloca contra un resorte comprimido en la base de un riel de aire inclinado 40.0° sobre la horizontal. El resorte tiene $k = 640$ N/m y masa despreciable. Al soltarse el resorte, el deslizador viaja una distancia máxima de 1.80 m sobre el riel antes de deslizarse hacia abajo. Antes de alcanzar esta distancia máxima, el deslizador pierde contacto con el resorte. a) ¿Qué distancia se comprimió originalmente el resorte? b) Cuando el deslizador ha recorrido 0.80 m por el riel desde su posición inicial contra el resorte comprimido, ¿está todavía en contacto con el resorte? ¿Qué energía cinética tiene en ese punto?

6.42 Un albañil ingenioso construye un aparato para disparar tabiques hasta arriba de la pared en la que está trabajando. Se coloca un tabique sobre un resorte vertical comprimido con $k = 450$ N/m y masa despreciable. Al soltarse el resorte, el tabique es empujado hacia arriba. Si un tabique de 1.80 kg debe alcanzar una altura máxima de 3.6 m sobre su posición inicial, ¿qué distancia debe comprimirse el resorte? (El tabique pierde contacto con el resorte cuando éste recupera su longitud no comprimida. ¿Por qué?)

Sección 6.4 Potencia

6.43 ¿Cuántos joules de energía consume una bombilla de 100 watts cada hora? ¿Con qué rapidez tendría que coctear una persona de 70 kg para tener esa cantidad de energía?

6.44 Una piedra de 20.0 kg se desliza por una superficie horizontal áspere a 8.0 m/s y finalmente se para debido a la fricción. El coeficiente de fricción cinética entre la piedra y la superficie es de 0.200. ¿Cuánta potencia térmica media se produce al detenerse la piedra?

6.45 Un equipo de dos personas en una bicicleta tandem debe vencer una fuerza de 165 N para mantener una rapidez de 9.00 m/s. Calcule la potencia requerida por ciclista, suponiendo contribuciones iguales. Expresé su respuesta en watts y en caballos de fuerza.

6.46 El consumo total de energía eléctrica en EE.UU. es del orden de 1.0×10^{19} J/año. a) Expresé la tasa media de consumo de energía eléctrica en watts. b) Si la población de ese país es de 260 millones, determine la tasa media de consumo por persona. c) El Sol transfiere energía a la Tierra por radiación a razón de 1.0 kW por m^2 de superficie, aproximadamente. Si esta energía pudiera recolectarse y convertirse en energía eléctrica con eficiencia del 40%, ¿qué área (en km^2) se requeriría para recolectar la energía eléctrica gastada por EE.UU.?

6.47 Cuando el motor de 75 kW (100 hp) está desarrollando su potencia máxima, un pequeño avión monomotor con masa de 700 kg gana altitud a razón de 2.5 m/s (150 m/min). ¿Qué fracción de la potencia del motor se está invirtiendo en hacer que el avión ascienda? (El resto se usa para vencer la resistencia del aire o se pierde por ineficiencias en la hélice y el motor.)

6.48 Trabajar como caballo. Imagine que trabaja levantando cajas de 30 kg una distancia vertical de 0.90 m del suelo a un camión. a) ¿Cuántas cajas tendría que cargar en el camión en 1 min para que su gasto medio de potencia invertido en levantar las cajas fuera de 0.50 hp? b) ¿Y para que fuera de 100 W?

6.49 Un elevador vacío tiene masa de 600 kg y está diseñado para subir con rapidez constante una distancia vertical de 20.0 m (5 pi-

sos) en 16.0 s. Es impulsado por un motor capaz de suministrar 40 hp al elevador. ¿Cuántos pasajeros como máximo pueden subir en el elevador? Suponga una masa de 65.0 kg por pasajero.

6.50 El martillo de un martinete pesa 3800 N y debe levantarse verticalmente 2.80 m con rapidez constante en 4.00 s. ¿Qué potencia en hp debe alimentar el motor al martillo?

6.51 El portaaviones *John F. Kennedy* tiene una masa de 7.4×10^7 kg. Cuando sus máquinas desarrollan su potencia máxima de 280,000 hp, la nave viaja con su rapidez máxima de 25 nudos (65 km/h). Si el 70% de esa potencia se dedica a empujar la nave por el agua, ¿qué magnitud tiene la fuerza de resistencia del agua que se opone al movimiento del portaaviones a esta velocidad?

6.52 Un "remolcador" de esquiferos opera en una lidera de 15.0° con longitud de 300 m. La cuerda se mueve a 12.0 km/h y se suministra potencia para remolcar 50 pasajeros (de 70.0 kg en promedio) a la vez. Estime dicha potencia.

6.53 Una partícula se acelera del reposo con una fuerza neta constante. a) Demuestre que la potencia instantánea provista por la fuerza es mv^2/t . b) ¿En qué factor debe aumentarse la potencia para triplicar la aceleración? c) En $t = 5.0$ s, la potencia suministrada por la fuerza neta es de 36 W. ¿Qué potencia se necesita en $t = 15.0$ s para mantener una aceleración constante?

6.54 Demuestre que la potencia instantánea P suministrada por la fuerza neta que actúa sobre una partícula está relacionada con la energía cinética K de la partícula por $P = dK/dt$.

6.55 Un insecto volador representativo aplica una fuerza media (igual al doble de su peso durante cada aleteo) hacia abajo cuando se cierra en el aire. Suponga que la masa del insecto es de 10 g y que las alas recorren una distancia media vertical de 1.0 cm en cada aleteo. Suponiendo 100 aleteos por segundo, estime el gasto medio de potencia del insecto.

Problemas

6.56 Barra giratoria. Una barra delgada y uniforme con masa de 12.0 kg y longitud de 2.00 m gira uniformemente alrededor de un pivote en un extremo, describiendo 3.00 revoluciones completas cada 3.00 segundos. ¿Qué energía cinética tiene esta barra? (*Sugerencia:* Los diferentes puntos de la barra tienen diferente velocidad. Divida la barra en segmentos infinitesimales de masa dm e integre para obtener la energía cinética total de todos estos segmentos.)

6.57 Un transportador de equipaje tira de una maleta de 20.0 kg para subirla por una rampa inclinada 25.0° sobre la horizontal con una fuerza \vec{F} de magnitud 140 N que actúa paralela a la rampa. El coeficiente de fricción cinética entre la rampa y la maleta es $\mu_k = 0.300$. Si la maleta viaja 3.80 m en la rampa, calcule el trabajo realizado sobre la maleta por a) \vec{F} ; b) la fuerza gravitacional, c) la fuerza normal, d) la fuerza de fricción, e) todas las fuerzas (el trabajo total hecho sobre la maleta). f) Si la rapidez de la maleta es cero en la base de la rampa, ¿qué rapidez tiene después de haber subido 3.80 m por la rampa?

6.58 Dominadas. Al hacer una "dominada", un hombre levanta su cuerpo 0.40 m. a) ¿Cuánto trabajo efectúa por kilogramo de masa corporal? b) Los músculos que intervienen en el movimiento pue-

den generar aproximadamente 70 J de trabajo por kilogramo de masa muscular. Si el hombre apenas logra hacer una dominada de 0.40 m, ¿qué porcentaje de la masa de su cuerpo corresponde a esos músculos? (Como comparación, el porcentaje *total* de músculo en un hombre representativo de 70 kg con el 14% de grasa corporal es cercano al 43%.) c) Repita la parte (b) para el pequeño hijo de nuestro hombre, cuyos brazos tienen la mitad de la longitud pero cuyos músculos también pueden generar 70 J de trabajo por kilogramo de masa muscular. d) Los adultos y niños tienen aproximadamente el mismo porcentaje de músculo en su cuerpo. Explique por qué para los niños suele ser más fácil hacer dominadas que para sus padres.

6.59 Máquinas simples. Se instalan rampas para discapacitados porque un peso w puede levantarse con una fuerza relativamente pequeña igual a $w \sin \alpha$ más la pequeña fuerza de fricción. Estos planos inclinados son un ejemplo de una clase de dispositivos llamados *máquinas simples*. Se aplica una fuerza de entrada F_e al sistema y produce una fuerza de salida F_s aplicada al objeto que se mueve. En una máquina simple, el cociente F_s/F_e se llama ventaja mecánica real (AMA, por sus siglas en inglés). La razón inversa de las distancias que los puntos de aplicación de estas fuerzas se desplazan durante el movimiento del objeto, s_e/s_s , es la ventaja mecánica ideal (IMA, por sus siglas en inglés). a) Calcule la IMA de un plano inclinado. b) ¿Qué puede decir de la relación entre el trabajo suministrado a la máquina, W_e , y el producido por ella, W_s , si $AMA = IMA$? c) Dibuje una polea dispuesta para producir $IMA = 2$. d) Definimos la eficiencia e de una máquina simple como el cociente del trabajo de salida y el de entrada, $e = W_s/W_e$. Demuestre que $e = AMA/IMA$.

6.60 Una mujer está en un elevador que tiene aceleración constante hacia arriba mientras sube una distancia de 18.0 m. Durante este desplazamiento, la fuerza normal ejercida por el piso del elevador efectúa 8.25 kJ de trabajo sobre ella y la gravedad realiza -7.35 kJ de trabajo sobre ella. a) ¿Qué masa tiene la mujer? b) ¿Qué fuerza normal ejerce el piso sobre ella? c) ¿Qué aceleración tiene el elevador?

6.61 El transbordador espacial *Endeavour*, con masa de 86,400 kg, está en una órbita circular con radio de 6.66×10^6 m alrededor de la Tierra, tardando 90.1 min en completar una órbita. En una misión de reparación, la nave se acerca cuidadosamente 1.00 m cada 3.00 s a un satélite averiado. Calcule la energía cinética del *Endeavour* a) relativa a la Tierra; b) relativa al satélite.

6.62 Un paquete de 5.00 kg baja 1.50 m deslizándose por una larga rampa inclinada 12.0° bajo la horizontal. El coeficiente de fricción cinética entre el paquete y la rampa es $\mu_k = 0.310$. Calcule el trabajo realizado sobre el paquete por a) la fricción, b) la gravedad, c) la fuerza normal, d) todas las fuerzas (el trabajo total sobre el paquete). e) Si el paquete tiene una rapidez de 2.20 m/s en la parte superior de la rampa, ¿qué rapidez tiene después de bajar deslizándose 1.50 m?

6.63 El paquete del problema 6.62 tiene una rapidez de 2.20 m/s en la parte superior de la rampa. Use el teorema de trabajo-energía para determinar qué distancia baja el paquete por la rampa antes de detenerse.

6.64 Un objeto es atraído hacia el origen con una fuerza dada por $F_x = -kx^2$. (Las fuerzas gravitacionales y eléctricas tienen esta dependencia de la distancia.) a) Calcule el trabajo realizado por F_x cuando el objeto se mueve en la dirección x de x_1 a x_2 . Si $x_2 > x_1$, ¿el

trabajo hecho por F_x es positivo o negativo? b) La otra fuerza que actúa sobre el objeto es la que Ud. ejerce con la mano para moverlo lentamente de x_1 a x_2 . ¿Qué tanto trabajo efectúa Ud.? Si $x_2 > x_1$, ¿es el trabajo que usted hace positivo o negativo? c) Explique las similitudes y diferencias entre sus respuestas a las partes (a) y (b).

6.65 La atracción gravitacional de la Tierra sobre un objeto es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre el objeto y el centro de la Tierra. En la superficie terrestre, esa fuerza es igual al peso normal del objeto, mg , donde $g = 9.8 \text{ m/s}^2$, mientras que a grandes distancias la fuerza es cero. Si un asteroide de 20,000 kg cae a la Tierra desde un punto muy lejano, ¿qué rapidez mínima tendrá al chocar con la superficie terrestre y cuánta energía cinética impartirá a nuestro planeta? Puede hacer caso omiso de los efectos de la atmósfera terrestre.

6.66 Coeficientes de fricción variables. Una caja resbala con una rapidez de 4.50 m/s por una superficie horizontal cuando, en el punto P , se topa con una sección áspera. Ahí, el coeficiente de fricción no es constante: inicia en 0.100 en P y aumenta linealmente con la distancia después de P , alcanzando un valor de 0.600 en 12.5 m más allá de P . a) Use el teorema de trabajo-energía para averiguar la distancia que la caja se desliza antes de pararse. b) Determine el coeficiente de fricción en el punto donde se paró. c) ¿Qué distancia se habría deslizado la caja si el coeficiente de fricción, en vez de aumentar, se hubiera mantenido en 0.100?

6.67 Un objeto que puede moverse a lo largo del eje x es atraído hacia el origen con una fuerza de magnitud $F = \alpha x^2$ ($\alpha = 4.00 \text{ N/m}^2$). ¿Cuánto vale F cuando el objeto está a) en $x = 1.00 \text{ m}$? b) En $x = 2.00 \text{ m}$? c) ¿Cuánto trabajo efectúa F cuando el objeto se mueve de $x = 1.00 \text{ m}$ a $x = 2.00 \text{ m}$? ¿Es este trabajo positivo o negativo?

6.68 Considere un resorte (con un extremo fijo) que no obedece fielmente la ley de Hooke. Para mantenerlo estirado o comprimido una distancia x , se debe aplicar al extremo libre una fuerza sobre el eje x con componente x $F_x = kx - bx^2 + cx^3$. Aquí $k = 100 \text{ N/m}$, $b = 700 \text{ N/m}^2$ y $c = 12,000 \text{ N/m}^3$. Escogemos x positiva cuando se estira el resorte y negativa cuando se comprime. a) ¿Cuánto trabajo debe realizarse para estirar este resorte 0.050 m respecto a su longitud no estirada? b) ¿Y para comprimirlo 0.050 m respecto a su longitud no estirada? c) ¿Es más fácil estirar o comprimir este resorte? Explique por qué en términos de la dependencia de F_x en x . (Muchos resortes reales tienen el mismo comportamiento cualitativo.)

6.69 Un pequeño bloque de 0.120 kg se conecta a un cordón que pasa por un agujero en una superficie horizontal sin fricción (Fig. 6.25). El bloque está girando a una distancia de 0.40 m del agujero con rapidez de 0.70 m/s. Luego, se tira del cordón por abajo, acortando el radio de la trayectoria del bloque a 0.10 m. Ahora la rapidez del bloque es de 2.80 m/s. a) ¿Qué tensión hay en el cordón en la situación original ($v = 0.70 \text{ m/s}$)? b) ¿Y en la situación final ($v = 2.80 \text{ m/s}$)? c) ¿Cuánto trabajo efectuó la persona que tiró del cordón?

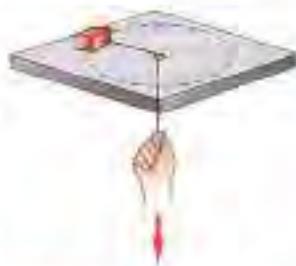


Figura 6.25 Problema 6.69.

6.70 Bombardeo con protones. Un protón con masa de $1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$ es impulsado con una rapidez inicial de $3.00 \times 10^5 \text{ m/s}$ directamente hacia un núcleo de uranio que está a 5.00 m. El protón es repelido por el núcleo con una fuerza de magnitud $F = \alpha/x^2$, donde x es la separación de los objetos y $\alpha = 2.12 \times 10^{-26} \text{ N} \cdot \text{m}^2$. Suponga que el núcleo no se mueve. a) ¿Qué rapidez tiene el protón cuando está a $8.00 \times 10^{-10} \text{ m}$ del núcleo? b) Al acercarse el protón al núcleo de uranio, la fuerza repulsiva lo frena hasta detenerlo momentáneamente, después de lo cual el protón se aleja del núcleo. ¿Qué tanto se acerca el protón al núcleo? c) ¿Qué rapidez tiene el protón cuando está otra vez a 5.00 m del núcleo de uranio?

6.71 Un bloque de hielo de 6.00 kg está en reposo en una superficie horizontal sin fricción. Un obrero le aplica una fuerza horizontal \vec{F} y el bloque se mueve sobre el eje x de modo que su posición en función del tiempo está dada por $x(t) = \alpha t^2 + \beta t^3$ ($\alpha = 0.200 \text{ m/s}^2$, $\beta = 0.0200 \text{ m/s}^3$). a) Calcule la velocidad del objeto en $t = 4.00 \text{ s}$. b) Calcule la magnitud de \vec{F} en $t = 4.00 \text{ s}$. c) Calcule el trabajo efectuado por \vec{F} durante los primeros 4.00 s del movimiento.

6.72 Una fuerza neta de magnitud $(5.00 \text{ N/m}^2)x^2$ que forma un ángulo constante de 31.0° con el eje $+x$ actúa sobre un objeto de 0.250 kg mientras éste se mueve paralelo al eje x . ¿Qué rapidez tiene el objeto en $x = 1.50 \text{ m}$ si su rapidez era de 4.00 m/s en $x = 1.00 \text{ m}$?

6.73 Un hombre y su bicicleta tienen una masa combinada de 80.0 kg. Al llegar a la base de un puente, el hombre viaja a 5.00 m/s (Fig. 6.26). La altura vertical del puente es de 5.20 m, y la rapidez del ciclista en la cima ha bajado a 1.50 m/s. Haga caso omiso de la fricción y cualquier ineficiencia de la bicicleta o de las piernas del ciclista. a) ¿Qué trabajo total se efectúa sobre el hombre y su bicicleta al subir de la base a la cima del puente? b) ¿Cuánto trabajo realizó el hombre con la fuerza que aplicó a los pedales?



Figura 6.26 Problema 6.73.

6.74 Una fuerza en la dirección $+x$ tiene magnitud $F = b/x^n$, donde b y n son constantes. a) Para $n > 1$, calcule el trabajo efectuado sobre una partícula por esta fuerza cuando la partícula se mueve sobre el eje x de $x = x_0$ al infinito. b) Demuestre que, para $0 < n < 1$, aunque F se acerque a cero al hacerse x muy grande, F realiza un trabajo infinito cuando la partícula se mueve de $x = x_0$ al infinito.

6.75 Imagine que le piden diseñar amortiguadores de resorte para las paredes de un estacionamiento. Un auto de 1200 kg que rueda libremente a 0.65 m/s no debe comprimir el resorte más de 0.070 m

antes de pararse. ¿Qué constante de fuerza debe tener el resorte? Suponga que la masa del resorte es despreciable.

6.76 El resorte de un rifle de resorte tiene masa despreciable y $k = 400 \text{ N/m}$. El resorte se comprime 6.00 cm y una esfera de 0.0300 kg se coloca en el cañón horizontal contra el resorte. El resorte se libera y la esfera sale por el cañón. Éste mide 6.00 cm , así que la esfera sale de él en el instante en que pierde contacto con el resorte. El rifle se sostiene con el cañón horizontal. a) Calcule la rapidez con que la esfera sale del cañón, haciendo caso omiso de la fricción. b) Repita el cálculo suponiendo que una fuerza resistiva constante de 6.00 N actúa sobre la esfera mientras se mueve dentro del cañón. c) Para la situación de la parte (b), ¿en qué posición dentro del cañón la esfera tiene mayor rapidez? Determine esa rapidez. (En este caso, la rapidez máxima no se alcanza en el extremo del cañón.)

6.77 Un libro de 2.50 kg se empuja contra un resorte horizontal de masa despreciable y $k = 250 \text{ N/m}$, comprimiéndolo 0.250 m . Al soltarse, el libro se desliza sobre una mesa horizontal que tiene coeficiente de fricción cinética $\mu_k = 0.30$. Use el teorema de trabajo-energía para averiguar qué distancia recorre el libro desde su posición inicial hasta detenerse.

6.78 Empujar un gato. Micihuaz (masa 7.00 kg) está tratando de llegar al tope de una rampa sin fricción de 2.00 m de longitud que tiene una inclinación de 30.0° sobre la horizontal. Puesto que el pobre felino no tiene tracción sobre la rampa, usted lo empuja en todo momento con una fuerza constante de 100 N paralela a la rampa. Si Micihuaz adquiere vuelo, de modo que tiene una rapidez de 2.40 m/s en la base de la rampa, ¿qué rapidez tendrá al llegar al tope? Use el teorema de trabajo-energía.

6.79 Barrera protectora. Un estudiante propone un diseño para una barrera contra choques de automóviles consistente en un resorte con masa despreciable capaz de detener una vagoneta de 1700 kg que se mueve a 20.0 m/s . Para no lastimar a los pasajeros, la aceleración del auto al frenarse no puede ser mayor que $5.00g$. a) Calcule la constante de resorte k requerida y la distancia que el resorte se comprimirá para detener el vehículo. No considere la deformación sufrida por el vehículo ni la fricción entre el vehículo y el suelo. b) ¿Qué desventajas tiene este diseño?

6.80 Un grupo de estudiantes empuja a un profesor sentado en una silla provista de ruedas sin fricción para subirlo 2.50 m por una rampa inclinada 30.0° sobre la horizontal. La masa combinada del profesor y la silla es de 85.0 kg . Los estudiantes aplican una fuerza horizontal constante de 600 N . La rapidez del profesor en la base de la rampa es de 2.00 m/s . Use el teorema de trabajo-energía para calcular su rapidez final.

6.81 Un bloque de 5.00 kg se mueve con $v_0 = 6.00 \text{ m/s}$ en una superficie horizontal sin fricción hacia un resorte con $k = 500 \text{ N/m}$ y masa despreciable conectado a una pared (Fig. 6.27). Calcule la



Figura 6.27 Problema 6.81.

distancia máxima que se comprimirá el resorte. b) Si dicha distancia no debe ser mayor que 0.150 m , ¿qué valor máximo puede tener v_0 ?

6.82 Considere el sistema de la figura 6.28. La cuerda y la polea tienen masas despreciables, y la polea no tiene fricción. Entre el bloque de 8.00 kg y la mesa, el coeficiente de fricción cinética es $\mu_k = 0.250$.

Los bloques se liberan del reposo. Use métodos de energía para calcular la rapidez del bloque de 6.00 kg después de descender 1.50 m .

6.83 Considere el sistema de la figura 6.28. La cuerda y la polea tienen masas despreciables, y la polea no tiene fricción. El bloque de 6.00 kg se mueve inicialmente hacia abajo, y el de 8.00 kg lo hace a la derecha, ambos con rapidez de 0.900 m/s . Los bloques se detienen después de moverse 2.00 m . Use el teorema de trabajo-energía para calcular el coeficiente de fricción cinética entre el bloque de 8.00 kg y la mesa.

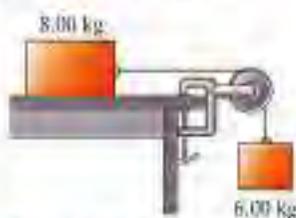


Figura 6.28 Problemas 6.82 y 6.83.

6.84 Arco y flecha. La figura 6.29 muestra cómo la fuerza ejercida por la cuerda de un arco compuesto sobre una flecha varía en función de qué tan atrás se tira de la flecha (la longitud de tensado). Suponga que la misma fuerza se ejerce sobre la flecha cuando ésta se mueve hacia adelante después de ser soltada. El tensado máximo de este arco es una longitud de 75.0 cm . Si el arco dispara una flecha de 0.0250 kg con tensado máximo, ¿qué rapidez tiene la flecha al separarse del arco?

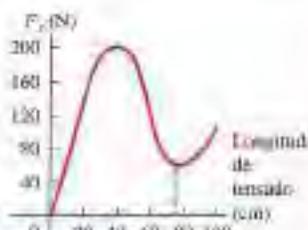


Figura 6.29 Problema 6.84.

6.85 En una pista de hielo horizontal, prácticamente sin fricción, una patinadora que se mueve a 3.0 m/s encuentra una zona áspera que reduce su rapidez en un 45% debido a una fuerza de fricción que es el 25% del peso de la patinadora. Use el teorema de trabajo-energía para determinar la longitud de la zona áspera.

6.86 Rescate. Imagine que una amiga (masa 65.0 kg) está parada en medio de un estanque congelado. Hay muy poca fricción entre sus pies y el hielo, de modo que no puede caminar. Por fortuna, tiene una cuerda ligera atada a la cintura y usted está en la orilla sosteniendo el otro extremo. Usted tira de la cuerda durante 3.00 s y acelera a su amiga desde el reposo hasta tener una rapidez de 6.00 m/s mientras usted permanece en reposo. ¿Qué potencia media suministra la fuerza que aplicó?

6.87 Se requiere una bomba para elevar 800 kg de agua por minuto desde el fondo de un pozo de 14.0 m , expulsándola con una rapidez de 18.0 m/s . a) ¿Cuánto trabajo se efectuará por minuto para subir el agua? b) ¿Y para impartirle la energía cinética que tiene al salir? c) ¿Qué potencia desarrolla la bomba?

6.88 Calcule la potencia desarrollada por el obrero del problema 6.71 en función del tiempo. ¿Qué valor numérico tiene la potencia (en watts) en $t = 4.00 \text{ s}$?

6.89 Una estudiante de física pasa una parte del día caminando entre clases o por esparcimiento, y durante ese tiempo gasta energía a razón de 280 W en promedio. El resto del día está sentada en clase, estudiándolo o descansando durante estas actividades, gasta energía a razón de 100 W en promedio. Si en un día ella gasta en total $1.1 \times 10^7 \text{ J}$ de energía, ¿cuánto tiempo dedicó a caminar?

6.90 Todas las aves, sea cual sea su tamaño, deben desarrollar continuamente entre 10 y 25 watts por kilogramo de masa corporal para volar batiendo las alas. (a) El colibrí gigante de las Andes (*Pteronotus giganteus*) tiene una masa de 70 g y aletea 10 veces por segundo al volar. Estime el trabajo efectuado por ese colibrí en cada aleteo. (b) Un atleta de 70 kg puede desarrollar 1.4 kW durante unos cuantos segundos como máximo; el desarrollo constante de potencia de un atleta representativo es sólo del orden de 500 W. ¿Es posible para un avión de propulsión humana poder volar por periodos largos batiendo las alas? Explique.

6.91 La presa Grand Coulee tiene 1270 m de longitud y 170 m de altura. La potencia eléctrica producida por los generadores en su base es de aproximadamente 2000 MW. ¿Cuántos metros cúbicos de agua deben fluir cada segundo desde la parte superior de la presa para producir esta potencia si el 92% del trabajo realizado sobre el agua por la gravedad se convierte en energía eléctrica? (Cada m^3 de agua tiene 1000 kg de masa.)

6.92 El motor de un auto de masa m alimenta una potencia constante P a las ruedas para acelerar el auto. Puede hacerse caso omiso de la fricción de rodamiento y la resistencia del aire. El auto está inicialmente en reposo. a) Demuestre que la rapidez del auto en función del tiempo es $v = (2Pt/m)^{1/2}$. b) Demuestre que la aceleración del auto no es constante, sino que está dada en función del tiempo por $a = (P/2mt)^{1/2}$. c) Demuestre que el desplazamiento en función del tiempo es $x - x_0 = (8P/9m)^{1/2} t^{3/2}$.

6.93 Potencia del corazón humano. El corazón humano es una bomba potente y muy confiable, cada día admite y descarga unos 7500 L de sangre. Suponga que el trabajo que realiza es igual al requerido para levantar esa cantidad de sangre a la altura media de una mujer estadounidense (1.63 m). La densidad (masa por unidad de volumen) de la sangre es de $1.05 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$. a) ¿Cuánto trabajo realiza el corazón en un día? b) ¿Qué potencia desarrolla en watts?

6.94 Seis unidades diesel en serie pueden suministrar 13.4 MW al primer vagón de un tren de carga. Las unidades tienen una masa total de $1.10 \times 10^5 \text{ kg}$. Los vagones tienen una masa media de $8.2 \times 10^4 \text{ kg}$ y cada uno requiere una tracción horizontal de 2.8 kN para moverse a 27 m/s (constante) en vías horizontales. a) ¿Cuántos vagones puede tener el tren en estas condiciones? b) En tal caso, ¿sobraría potencia para acelerar ni para subir cuestas. Demuestre que la fuerza adicional requerida para acelerar el tren es aproximadamente la misma para lograr una aceleración de 0.10 m/s^2 que para subir una pendiente de 1.0% ($\alpha = \arctan 0.010$). c) Con la pendiente de 1.0%, demuestre que se necesitan 2.9 MW más para mantener la rapidez de 27 m/s de las unidades diesel. d) Con 2.9 MW menos de potencia disponible, ¿cuántos vagones pueden arrastrar las unidades diesel subiendo una cuesta de 1.0% con rapidez constante de 27 m/s?

6.95 Se necesita una fuerza de 53 kN aplicada al primer vagón de un tren de 16 vagones con masa de $9.1 \times 10^5 \text{ kg}$ para tirar de él con rapidez constante de 45 m/s sobre rieles horizontales. a) ¿Qué potencia debe proporcionar la locomotora al primer vagón? b) ¿Cuánta más potencia que la calculada en (a) se necesitaría para impartir al tren una aceleración de 1.5 m/s^2 en el instante en que el tren va a 45 m/s sobre vías horizontales? c) ¿Y para tirar del tren subiendo una cuesta de 1.5% (ángulo de pendiente $\alpha = \arctan 0.015$) con rapidez constante de 45 m/s?

6.96 Varias fuerzas actúan sobre un objeto. Una de ellas es $\vec{F} = \alpha xy\hat{i}$, una fuerza en la dirección x cuya magnitud depende de la posición del objeto, con $\alpha = 2.50 \text{ N/m}^2$. Calcule el trabajo realizado por esta fuerza sobre el objeto para cada uno de los siguientes desplazamientos del objeto: a) El objeto parte del punto $x = 0, y = 3.00 \text{ m}$ y se mueve paralelo al eje x hasta el punto $x = 2.00 \text{ m}, y = 3.00 \text{ m}$. b) El objeto parte del punto $x = 2.00 \text{ m}, y = 0$ y se mueve en la dirección y hasta el punto $x = 2.00 \text{ m}, y = 3.00 \text{ m}$. c) El objeto parte del origen y se mueve sobre la línea $y = 1.5x$ hasta el punto $x = 2.00 \text{ m}, y = 3.00 \text{ m}$.

6.97 Ciclismo. Para una ciclista de ruta, el coeficiente de arrastre es 1.00, el área frontal es de 0.463 m^2 y el coeficiente de fricción $C(\rho v^2) = \frac{1}{2} C_d(\rho v^2)$ de rodamiento es de 1.00. Ella tiene una masa de 50.0 kg, y su bicicleta, 12.0 kg. a) Para mantener una rapidez de 12.0 m/s en un camino plano, ¿qué potencia debe suministrar la ciclista a la rueda trasera? b) En carreras de velocidad, la misma ciclista usa otra bicicleta con coeficiente de fricción de rodamiento de 0.0030 y masa de 9.00 kg. Además, la ciclista se encorva para reducir su coeficiente de arrastre a 0.88 y su área frontal a 0.366 m^2 . ¿Qué potencia debe suministrar ahora a la rueda trasera para mantener una rapidez de 12.0 m/s? c) En la situación de la parte (b), ¿qué potencia se requiere para mantener una rapidez de 6.0 m/s? Tome nota de la gran reducción en la potencia requerida cuando la rapidez sólo se reduce a la mitad. (Si desea saber más acerca de las limitaciones aerodinámicas de la rapidez para una amplia variedad de vehículos de propulsión humana, véase "The Aerodynamics of Human-Powered Land Vehicles", *Scientific American*, diciembre de 1983.)

6.98 Potencia automotriz I. El motor de un camión transmite 28.0 kW (37.5 hp) a las ruedas de tracción cuando el camión viaja con velocidad constante de magnitud 60.0 km/h sobre una carretera horizontal. a) Determine la fuerza resistiva que actúa sobre el camión. b) Suponga que el 65% de esa fuerza se debe a la fricción de rodamiento, y el resto, al arrastre del aire. Si la fuerza de fricción de rodamiento es independiente de la rapidez y el arrastre del aire es proporcional al cuadrado de la rapidez, ¿qué potencia impulsará el camión a 30.0 km/h? ¿A 120 km/h? Dé sus respuestas en kilowatts y en hp.

6.99 Potencia automotriz II. a) Si se requieren 8.00 hp para impulsar un automóvil de 1800 kg a 60.0 km/h en una carretera horizontal, calcule la fuerza retardante total debida a la fricción, la resistencia del aire, etc. b) ¿Qué potencia se requiere para impulsar el auto a 60.0 km/h en una subida de 10.0% (una pendiente que sube 10.0 m por cada 100.0 m de distancia horizontal)? c) ¿Qué potencia se requiere para impulsar el auto a 60.0 km/h en una bajada de 1.00%? d) ¿Qué inclinación debe tener una bajada para que el auto avance a 60.0 km/h sin motor?

Problemas de desafío

6.100 En un día invernal en Maine, un bodeguero está empujando cajas hacia arriba por una tabla áspera inclinada con un ángulo α arriba de la horizontal. La tabla está cubierta en parte con hielo, habiendo más hielo cerca de la base de la tabla que cerca del tope, de modo que el coeficiente de fricción aumenta con la distancia x a lo largo de la tabla: $\mu = \lambda x$, donde λ es una constante positiva y la ba-

se de la tabla está en $x = 0$. (Para esta tabla, los coeficientes de fricción cinética y estática son iguales, $\mu_k = \mu_s = \mu$.) El bodeguero empuja una caja hacia arriba de modo que sale de la base de la tabla con rapidez v_0 . Demuestre que cuando la caja se detiene, permanecerá detenida si

$$v_0^2 \geq \frac{3g \sec^2 \alpha}{A \cos \alpha}$$

6.101 Un resorte con masa. Normalmente hacemos caso omiso de la energía cinética de las espiras en movimiento de un resorte, pero tratemos de obtener una aproximación razonable de esta cantidad. Considere un resorte de masa M , longitud en equilibrio L_0 y constante de fuerza k . El trabajo efectuado para estirar o comprimir el resorte en una distancia L es $\frac{1}{2}kL^2$, donde $L = L - L_0$. a) Considere que el resorte descrito tiene un extremo fijo y el otro moviéndose con rapidez v . Suponga que la rapidez de los puntos a lo largo del resorte varía linealmente con la distancia l medida desde el extremo fijo. Suponga también que la masa M del resorte se distribuye uniformemente a lo largo del mismo. Calcule la energía cinética del resorte en términos de M y v . (Sugerencia: Divida el resorte en segmentos de longitud dl ; determine la rapidez de cada segmento en términos de l , v y L ; calcule la masa de cada segmento en términos de dl , M y L , e integre desde 0 hasta L . El resultado no es $\frac{1}{2}Mv^2$, ya que no todo el resorte se mueve con la misma rapidez.) En un rifle de resorte, un resorte de masa 0.243 kg y $k = 3200$ N/m se comprime 2.50 cm respecto a su longitud no estirada. Cuando se tira del gatillo, el resorte empuja una esfera de 0.053 kg horizontalmente. El trabajo efectuado por la fricción es despreciable. Calcule la rapidez de la esfera cuando el resorte recupera su longitud no comprimida b) haciendo caso omiso de la masa del resorte; c) incluyendo, con ayuda de los resultados de la parte (a), la masa del resorte. d) En la parte (c), ¿qué energía cinética final tienen la esfera y el resorte?

6.102 Un avión en vuelo está sujeto a una fuerza de resistencia del aire proporcional al cuadrado de su rapidez v , pero hay una fuerza de resistencia adicional porque el avión tiene alas. El aire que fluye sobre las alas es empujado hacia abajo y ligeramente hacia adelan-



Figura 6.30 Problema de desafío 6.102.

te, de modo que, por la tercera ley de Newton, el aire ejerce una fuerza sobre las alas y el avión que es hacia arriba y ligeramente hacia atrás (Fig. 6.30). La fuerza hacia arriba es la fuerza de sustentación que mantiene al avión en el aire, y la fuerza hacia atrás se denomina *arrastre inducido*. A las velocidades de vuelo, el arrastre inducido es inversamente proporcional a v^2 , así que la fuerza de resistencia total del aire se puede expresar como $F_{\text{aire}} = \alpha v^2 + \beta/v^2$, donde α y β son constantes positivas que dependen de la forma y tamaño del avión y de la densidad del aire. Para un Cessna 150, un avión pequeño de un solo motor, $\alpha = 0.30$ N \cdot s²/m² y $\beta = 3.5 \times 10^3$ N \cdot m²/s². En vuelo estable, el motor debe suministrar una fuerza hacia adelante que equilibre exactamente la fuerza de resistencia del aire. a) Calcule la rapidez (en km/h) a la que este avión tiene el alcance máximo (es decir, viaja mayor distancia) para una cantidad dada de combustible. b) Calcule la rapidez (en km/h) con la que el avión tendrá *permanencia* máxima en el aire.

6.103 La figura 6.31 muestra la tasa de consumo de oxígeno de hombres que caminan y corren a diferentes velocidades. El eje vertical indica volumen de oxígeno (en cm³) que un hombre consume por kilogramo de masa corporal por minuto. Observe la transición de caminar a correr que se da naturalmente cerca de los 9 km/h. El metabolismo de 1 cm³ de oxígeno libera unos 20 J de energía. Usando los datos de la gráfica, calcule la energía requerida para que un hombre de 70 kg viaje 1 km a pie con cada una de las siguientes rapidezces: a) 5 km/h (caminando); b) 10 km/h (corriendo); c) 15 km/h (corriendo). d) ¿Cuál rapidez es la más eficiente, es decir, requiere menor energía para viajar 1 km?

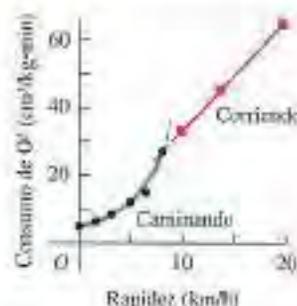


Figura 6.31 Problema de desafío 6.103.

6.104 Demostración general del teorema de trabajo-energía. Considere una partícula que se mueve siguiendo una trayectoria curva en el espacio desde (x_1, y_1, z_1) hasta (x_2, y_2, z_2) . En el punto inicial, la partícula tiene velocidad $\vec{v} = v_1\hat{i} + v_1\hat{j} + v_1\hat{k}$. La trayectoria se puede dividir en segmentos infinitesimales $d\vec{l} = dx\hat{i} + dy\hat{j} + dz\hat{k}$. Mientras la partícula se mueve, actúa sobre ella una fuerza neta $\vec{F} = F_x\hat{i} + F_y\hat{j} + F_z\hat{k}$. Las componentes de fuerza F_x , F_y y F_z son, en general, funciones de la posición. Por la misma sucesión de pasos empleada en las ecuaciones (6.11) a (6.13), demuestre el teorema de trabajo-energía para este caso general. Es decir, demuestre que

$$W_{\text{net}} = K_2 - K_1$$

donde

$$W_{\text{net}} = \int_{(x_1, y_1, z_1)}^{(x_2, y_2, z_2)} \vec{F} \cdot d\vec{l} = \int_{(x_1, y_1, z_1)}^{(x_2, y_2, z_2)} (F_x dx + F_y dy + F_z dz)$$

MECÁNICA DE FLUIDOS

14



Este ciclista olímpico monta una bicicleta estacionaria en un túnel de viento. Observando el flujo de aire en torno a su cuerpo (con la ayuda de estelas de humo), los científicos pueden determinar qué diseños de bicicleta y técnicas de ciclismo reducen al mínimo la resistencia del aire y aumentan al máximo el desempeño.

En diversos puntos alrededor del ciclista, el aire se ve obligado a pasar por marcadas constricciones (como entre el brazo y el tronco). ¿Esto hace que el aire se frene, se acelere o ninguna de las dos cosas?

Los fluidos desempeñan un papel crucial en muchos aspectos de la vida cotidiana. Los bebemos, respiramos y nadamos en ellos; circulan por nuestro organismo y controlan el clima. Los aviones vuelan en ellos y los barcos flotan en ellos. Un fluido es cualquier sustancia que puede fluir; usamos el término tanto para líquidos como para gases. Normalmente, pensamos que los gases son fáciles de comprimir y que los líquidos son casi incompresibles, empero hay casos excepcionales.

Comenzaremos nuestro estudio con la **estática de fluidos**, o sea el estudio de fluidos en reposo en situaciones de equilibrio. Al igual que otras situaciones de equilibrio, ésta se basa en la primera y tercera leyes de Newton. Exploraremos los conceptos clave de densidad, presión y flotación. La **dinámica de fluidos**, es decir, el estudio de fluidos en movimiento, es mucho más compleja; de hecho, es una de las ramas más complejas de la mecánica. Por fortuna, podemos analizar muchas situaciones importantes usando modelos idealizados sencillos y los principios que ya conocemos, como las leyes de Newton y la conservación de la energía. Aun así, apenas tocaremos la superficie de este tema tan amplio e interesante.

14.1 | Densidad

Una propiedad importante de cualquier material es su **densidad**, la cual es definida como su masa por unidad de volumen. Un material homogéneo, como el hielo o el hierro, tiene la misma densidad en todas sus partes. Usamos la letra griega ρ (ro) para la densidad. Si una masa m de material tiene un volumen V , la densidad ρ es



14.1 El precio del oro se cotiza por peso (digamos, en dólares por onza). Dado que el oro es uno de los metales más densos, es posible almacenar una fortuna en oro en un volumen pequeño.

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (\text{definición de densidad}) \quad (14.1)$$

La densidad de algunos materiales varía de un punto a otro dentro del material; ejemplos de ello son la atmósfera terrestre (que es menos densa a mayor altitud) y los océanos (que son más densos a grandes profundidades). En el caso de estos materiales, la ecuación (14.1) describe la densidad *media*. En general, la densidad de un material depende de los factores ambientales como la temperatura y la presión.

La unidad de densidad en el SI es el kilogramo por metro cúbico (1 kg/m^3). También se usa mucho la unidad cgs, gramo por centímetro cúbico (1 g/cm^3). El factor de conversión

$$1 \text{ g/cm}^3 = 1000 \text{ kg/m}^3$$

resulta útil. En la tabla 14.1, se dan las densidades de varias sustancias comunes a temperaturas ordinarias (véase también la Fig. 14.1). Observe la amplia gama de magnitudes. El material más denso que se encuentra en la Tierra es el metal osmio ($\rho = 22,500 \text{ kg/m}^3$), pero esto no es nada en comparación con la densidad de los objetos astronómicos exóticos como las estrellas enanas blancas y las estrellas de neutrones.

Tabla 14.1 Densidades de algunas sustancias comunes

Material	Densidad (kg/m^3) ^a	Material	Densidad (kg/m^3) ^a
Aire (1 atm, 20°C)	1.20	Hierro, acero	7.8×10^3
Etanol	0.81×10^3	Latón	8.6×10^3
Benceno	0.90×10^3	Cobre	8.9×10^3
Hielo	0.92×10^3	Plata	10.5×10^3
Agua	1.00×10^3	Plomo	11.3×10^3
Agua de mar	1.03×10^3	Mercurio	13.6×10^3
Sangre	1.06×10^3	Oro	19.3×10^3
Glicerina	1.26×10^3	Platino	21.4×10^3
Concreto	2×10^3	Estrella enana blanca	10^{10}
Aluminio	2.7×10^3	Estrella de neutrones	10^{18}

^aPara obtener las densidades en gramos por centímetro cúbico, divida entre 10^3 .

La **gravedad específica** de un material es la razón entre su densidad y la del agua a 4.0°C , 1000 kg/m^3 ; es un número puro sin unidades. Por ejemplo, la gravedad específica del aluminio es 2.7. Aunque “gravedad específica” no es un buen término, pues nada tiene que ver con la gravedad; habría sido mejor la definición de “densidad relativa”.

La medición de la densidad es una técnica analítica importante. Por ejemplo, podemos determinar el nivel de carga de un acumulador midiendo la densidad de su electrolito, o sea una disolución de ácido sulfúrico (H_2SO_4). Al descargarse la batería, el H_2SO_4 se combina con el plomo de las placas del acumulador para formar sulfato de plomo (PbSO_4) insoluble, lo que reduce la concentración de la disolución. La densidad baja de cerca de $1.30 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ en un acumulador cargado a $1.15 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ en uno descargado.

Otro ejemplo automotriz es el anticongelante permanente, que suele ser una disolución de etilén glicol ($\rho = 1.12 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$) y agua. El punto de congelación de la disolución depende de la concentración de glicol, el cual puede determinarse midiendo su gravedad específica. Tales mediciones se realizan en forma rutinaria en los talleres de servicio automotriz por medio de un dispositivo llamado hidrómetro, el cual estudiaremos en la sección 14.3.

Ejemplo
14.1

Peso de un cuarto lleno de aire

Calcule la masa y el peso del aire de una estancia cuyo piso mide $4.0 \text{ m} \times 5.0 \text{ m}$ y que tiene una altura de 3.0 m . ¿Qué masa y peso tiene un volumen igual de agua?

SOLUCIÓN

IDENTIFICAR: Suponemos que el aire es homogéneo, así que la densidad es la misma en todo el cuarto. (Es verdad que el aire es menos denso a gran altitud que cerca del nivel del mar, pero la variación de densidad a lo largo de la altura de 3.0 m del cuarto es despreciable; véase la sección 14.2.)

PLANTEAR: Usaremos la ecuación (14.1) para relacionar la masa (la incógnita) con el volumen (que calculamos a partir de las dimensiones del cuarto) y la densidad (de la tabla 14.1).

EJECUTAR: El volumen del recinto es $V = (3.0 \text{ m})(4.0 \text{ m})(5.0 \text{ m}) = 60 \text{ m}^3$. La masa m_{aire} está dada por la ecuación (14.1):

$$m_{\text{aire}} = \rho_{\text{aire}} V = (1.2 \text{ kg/m}^3)(60 \text{ m}^3) = 72 \text{ kg}$$

El peso del aire es

$$w_{\text{aire}} = m_{\text{aire}} g = (72 \text{ kg})(9.8 \text{ m/s}^2) = 700 \text{ N} = 160 \text{ lb}$$

La masa de un volumen igual de agua es

$$m_{\text{agua}} = \rho_{\text{agua}} V = (1000 \text{ kg/m}^3)(60 \text{ m}^3) = 6.0 \times 10^4 \text{ kg}$$

El peso es

$$w_{\text{agua}} = m_{\text{agua}} g = (6.0 \times 10^4 \text{ kg})(9.8 \text{ m/s}^2) \\ = 5.9 \times 10^5 \text{ N} = 1.3 \times 10^5 \text{ lb} = 66 \text{ tons}$$

EVALUAR: ¿El aire contenido en un cuarto pesa aproximadamente lo que pesa una persona adulta? El agua es casi mil veces más densa que el aire, y su masa y peso son mayores en la misma proporción. De hecho, el peso de un cuarto lleno de agua seguramente hundiría el piso de una casa común.

Problema de ejemplo 14.1

¿Qué volumen de agua tendría la misma masa que un metro cúbico de platino? Si esa agua ocupara un cubo, ¿cuánto mediría cada lado?

14.2 | Presión en un fluido

Cuando un fluido (líquido o gas) está en reposo, ejerce una fuerza perpendicular a cualquier superficie en contacto con él, como la pared de un recipiente o un cuerpo sumergido en el fluido. Ésta es la fuerza que sentimos en las piernas al meterlas en una piscina. Aunque el fluido global está en reposo, las moléculas que lo componen están en movimiento; la fuerza ejercida por el fluido se debe a los choques de las moléculas con su entorno.

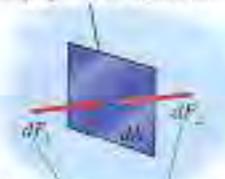
Si imaginamos una superficie *dentro* del fluido, el fluido a cada lado de ella ejerce fuerzas iguales y opuestas sobre ella. (Si no, la superficie se aceleraría y el fluido no permanecería en reposo.) Considere una superficie pequeña de área dA centrada en un punto en el fluido; la fuerza normal que el fluido ejerce sobre cada lado es dF_{\perp} (Fig. 14.2). Definimos la **presión** p en ese punto como la fuerza normal por unidad de área, es decir, la razón de dF_{\perp} a dA :

$$p = \frac{dF_{\perp}}{dA} \quad (\text{definición de presión}) \quad (14.2)$$

Si la presión es la misma en todos los puntos de una superficie plana finita de área A , entonces

$$p = \frac{F_{\perp}}{A} \quad (14.3)$$

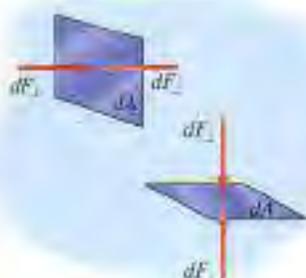
Área pequeña dA dentro del fluido



Fuerzas normales iguales ejercidas sobre ambos lados por el fluido circundante

14.2 La presión que actúa sobre ambos lados de un área pequeña dentro de un fluido es $p = dF_{\perp}/dA$.

La presión no tiene dirección propia: puede producir una fuerza $dF_{\perp} = p dA$ en cualquier dirección



14.3 La presión es un escalar (no tiene dirección intrínseca) y sus unidades son newtons por metro cuadrado. En contraste, la fuerza es un vector y sus unidades son newtons.

donde F_{\perp} es la fuerza normal neta en un lado de la superficie. La unidad en el SI de la presión es el **pascal**, donde

$$1 \text{ pascal} = 1 \text{ Pa} = \text{N/m}^2$$

Ya presentamos el pascal en el capítulo 11. Dos unidades relacionadas, que se emplean principalmente en meteorología, son el *bar*, igual a 10^5 Pa, y el *milibar*, igual a 100 Pa.

La **presión atmosférica** p_a es la presión de la atmósfera terrestre, es decir, la presión en el fondo del mar de aire en que vivimos. Esta presión varía con el estado del tiempo y con la altitud. La presión atmosférica normal al nivel del mar (valor medio) es 1 *atmósfera* (atm), definida como exactamente 101,325 Pa. Con cuatro cifras significativas,

$$\begin{aligned} (p_a)_{\text{est}} &= 1 \text{ atm} = 1.013 \times 10^5 \text{ Pa} \\ &= 1.013 \text{ bar} = 1013 \text{ milibares} = 14.70 \text{ lb/pulg.}^2 \end{aligned}$$

¡CUIDADO! En el lenguaje ordinario, las palabras "presión" y "fuerza" significan casi lo mismo, pero en la mecánica de fluidos describen cantidades distintas con características diferentes (Fig. 14.3). La presión de fluidos actúa perpendicular a cualquier superficie en el fluido, sin importar su orientación. Por tanto, la presión no tiene una dirección intrínseca: es un escalar. En cambio, la fuerza es un vector con dirección definida. Recuerde que la presión es fuerza por unidad de área.

Ejemplo 14.2

La fuerza del aire

En la estancia del ejemplo 14.1, ¿qué fuerza total actúa hacia abajo sobre el piso debido a una presión del aire de 1.00 atm?

SOLUCIÓN

IDENTIFICAR Y PLANTEAR: La presión es uniforme, así que usamos la ecuación (14.3) para determinar la fuerza F_{\perp} a partir de la presión y el área.

EVALUAR: El área del piso es $A = (4.0 \text{ m})(5.0 \text{ m}) = 20 \text{ m}^2$. Por la ecuación (14.3) la fuerza total hacia abajo es

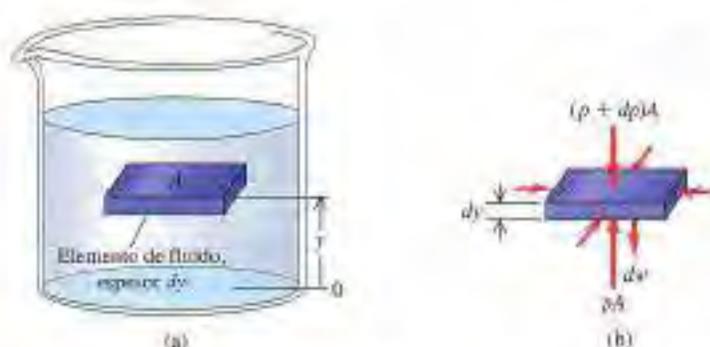
$$\begin{aligned} F_{\perp} &= pA = (1.013 \times 10^5 \text{ N/m}^2)(20 \text{ m}^2) \\ &= 2.0 \times 10^6 \text{ N} = 4.5 \times 10^5 \text{ lb} = 225 \text{ toneladas} \end{aligned}$$

EVALUAR: Al igual que en el ejemplo 14.1, esta fuerza basta para hundir el piso. ¿Por qué no lo hace? Porque hay una fuerza hacia arriba en el lado de abajo del piso. Si la casa tiene sótano, dicha fuerza es ejercida por el aire bajo el piso. En este caso, si despreciamos el espesor del piso, la fuerza neta debida a la presión del aire es cero.

Presión, profundidad y ley de Pascal

Si podemos despreciar el peso del fluido, la presión en un fluido es la misma en todo su volumen. Usamos esta aproximación al ver el esfuerzo y la deformación de volumen en la sección 11.4, pero muchas veces el peso del fluido *no* es despreciable. La presión atmosférica es menor a gran altitud que al nivel del mar, lo que obliga a presurizar la cabina de un avión que vuela a 35,000 pies. Al sumergirnos en agua profunda, los oídos nos indican que la presión aumenta rápidamente al aumentar la profundidad.

Podemos deducir una relación general entre la presión p en cualquier punto de un fluido en reposo y la altura y del punto. Supondremos que la densidad ρ y la



14.4 Fuerzas que actúan sobre un elemento de fluido en equilibrio.

aceleración debida a la gravedad g son las mismas en todo el fluido. Si el fluido está en equilibrio, cada elemento de volumen está en equilibrio. Considere un elemento delgado, de altura dy (Fig. 14.4). Las superficies inferior y superior tienen área A , y están a distancias y y $y + dy$ por arriba de algún nivel de referencia donde $y = 0$. El volumen del elemento es $dV = A dy$, su masa es $dm = \rho dV = \rho A dy$, y su peso es $dw = dm g = \rho g A dy$.

¿Qué otras fuerzas actúan sobre este elemento? Llamemos a la presión en la superficie inferior p ; la componente y de fuerza total hacia arriba que actúa sobre esa superficie es pA . La presión en la superficie de arriba es $p + dp$, y la componente y de fuerza total (hacia abajo) sobre esta superficie es $-(p + dp)A$. El elemento de fluido está en equilibrio, así que la componente y de fuerza total, incluido el peso y las fuerzas en las superficies de arriba y abajo, debe ser cero:

$$\sum F_y = 0 \quad \text{así que} \quad pA - (p + dp)A - \rho g A dy = 0$$

Dividiendo entre el área A y acomodando, obtenemos

$$\frac{dp}{dy} = -\rho g \quad (14.4)$$

Esta ecuación indica que, si y aumenta, p disminuye; es decir, al subir en el fluido la presión disminuye, como esperaríamos. Si p_1 y p_2 son las presiones en las alturas y_1 y y_2 respectivamente, y si ρ y g son constantes, entonces

$$p_2 - p_1 = -\rho g(y_2 - y_1) \quad (\text{presión en un fluido de densidad uniforme}) \quad (14.5)$$

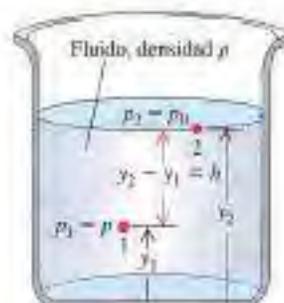
Suele ser útil expresar la ecuación (14.5) en términos de la *profundidad* bajo la superficie de un fluido (Fig. 14.5). Tomemos el punto 1 en cualquier nivel en el fluido y sea p la presión en ese punto. Tomemos el punto 2 en la *superficie* del fluido, donde la presión es p_0 (el subíndice indica profundidad cero). La profundidad del punto 1 es $h = y_2 - y_1$, y la ecuación (14.5) se convierte en

$$p_0 - p = -\rho g(y_2 - y_1) = -\rho gh$$

$$p = p_0 + \rho gh \quad (\text{presión en un fluido de densidad uniforme}) \quad (14.6)$$

La presión p a una profundidad h es mayor que la presión p_0 en la superficie, en una cantidad ρgh . Observe que la presión es la misma en cualesquier dos puntos situados en el mismo nivel en el fluido. La *forma* del recipiente no importa (Fig. 14.6).

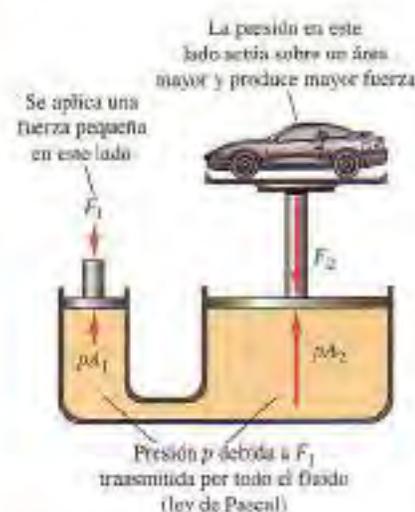
La ecuación (14.6) nos dice que, si aumentamos la presión p_0 en la superficie, tal vez usando un pistón que embona herméticamente en el recipiente para empujar



14.5 La presión p a una profundidad h en un fluido es mayor que en la superficie, por ρgh .



14.6 La presión en la parte superior de cada columna de fluido es igual a p_0 , la presión atmosférica. La presión sólo depende de la altura, no de la forma del recipiente, así que todas las columnas de fluido tienen la misma altura.



14.7 Principio del elevador hidráulico, una aplicación de la ley de Pascal. El tamaño del recipiente lleno de fluido se ha exagerado por claridad.

contra la superficie del fluido, la presión p a cualquier profundidad aumenta en la misma cantidad exactamente. El científico francés Blaise Pascal (1623-1662) reconoció este hecho en 1653, y se llama **ley de Pascal**: **La presión aplicada a un fluido encerrado se transmite sin disminución a todas las partes del fluido y las paredes del recipiente.**

El elevador hidráulico que se muestra esquemáticamente en la figura 14.7 ilustra la ley de Pascal. Un pistón con área transversal pequeña A_1 ejerce una fuerza F_1 sobre la superficie de un líquido (aceite). La presión aplicada $p = F_1/A_1$ se transmite a través del tubo conector a un pistón mayor de área A_2 . La presión aplicada es la misma en ambos cilindros, así que

$$p = \frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \quad \text{y} \quad F_2 = \frac{A_2}{A_1} F_1 \quad (14.7)$$

El elevador hidráulico es un dispositivo multiplicador de la fuerza con un factor de multiplicación igual al cociente de las áreas de los pistones. Las sillas de los dentistas, los gatos hidráulicos para autos, muchos elevadores y los frenos hidráulicos usan este principio.

En el caso de los gases, el supuesto de que la densidad ρ es uniforme sólo es realista en distancias verticales cortas. En un cuarto de 3.00 m de altura lleno de aire con densidad uniforme de 1.2 kg/m^3 , la diferencia de presión entre el piso y el techo, dada por la ecuación (14.6) es

$$\rho gh = (1.2 \text{ kg/m}^3)(9.8 \text{ m/s}^2)(3.0 \text{ m}) = 35 \text{ Pa}$$

o sea, cerca de 0.00035 atm, una diferencia muy pequeña. En cambio, entre el nivel del mar y la cumbre del Monte Everest (8882 m) la densidad del aire cambia en un factor de casi 3, y no podemos usar la ecuación (14.6). Los líquidos, en cambio, son casi incompresibles, y suele ser una buena aproximación considerar su densidad como independiente de la presión. Una presión de varios cientos de atmósferas sólo causa un pequeño incremento porcentual en la densidad de la mayor parte de los líquidos.

Presión absoluta, presión manométrica y manómetros

Si la presión dentro de un neumático es igual a la presión atmosférica, el neumático estará desinflado. La presión debe ser *mayor* que la atmosférica para poder sostener el vehículo, así que la cantidad significativa es la *diferencia* entre las presiones interior y exterior. Si decimos que la presión de un neumático es de "32 libras" (en realidad 32 lb/pulg^2 , igual a 220 kPa o $2.2 \times 10^5 \text{ Pa}$), queremos decir que es *mayor* que la presión atmosférica (14.7 lb/pulg^2 o $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$) en esa cantidad. La presión *total* en el neumático es de 47 lb/pulg^2 , o 320 kPa . El exceso de presión más allá de la atmosférica suele llamarse **presión manométrica**, y la presión total se llama **presión absoluta**. Los ingenieros usan las abreviaturas psig y psia para "lb/pulg² manométrica" y "lb/pulg² absoluta", respectivamente. Si la presión es *menor* que la atmosférica, como en un vacío parcial, la presión manométrica es negativa.

Ejemplo 14.3

Determinación de presión absoluta y manométrica

Un sistema de calentamiento solar del agua usa paneles solares colocados en el techo, 12.0 m arriba del tanque de almacenamiento. La presión del agua en el nivel de los paneles es de 1 atm. ¿Qué presión absoluta hay en el tanque? ¿Y cuál es la presión manométrica?

SOLUCIÓN

IDENTIFICAR: El agua es casi incompresible. (Imagine que trata de comprimir con un pistón un cilindro lleno de agua. ¿No podría hacerlo!) Por tanto, consideramos que el fluido tiene densidad uniforme.

PLANTEAR: El nivel de los paneles corresponde al punto 2 de la figura 14.5, y el del tanque, al punto 1. Por tanto, la incógnita es p en la ecuación (14.6); nos dan $p_0 = 1 \text{ atm} = 1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ y $h = 12.0 \text{ m}$.

EJECUTAR: Por la ecuación (14.6), la presión absoluta es

$$\begin{aligned} p &= p_0 + \rho gh \\ &= (1.01 \times 10^5 \text{ Pa}) + (1000 \text{ kg/m}^3)(9.80 \text{ m/s}^2)(12.0 \text{ m}) \\ &= 2.19 \times 10^5 \text{ Pa} = 2.16 \text{ atm} = 31.8 \text{ lb/pulg}^2 \end{aligned}$$

La presión manométrica es

$$\begin{aligned} p - p_0 &= (2.19 - 1.01) \times 10^5 \text{ Pa} \\ &= 1.18 \times 10^5 \text{ Pa} = 1.16 \text{ atm} = 17.1 \text{ lb/pulg}^2 \end{aligned}$$

EVALUAR: Si un tanque así tiene un medidor de presión, seguramente estará calibrado para indicar la presión manométrica, no la presión absoluta. Como señalamos, la variación en la presión atmosférica a esta altura es despreciable.

El medidor de presión más sencillo es el *manómetro* de tubo abierto (Fig. 14.8a). El tubo en forma de U contiene un líquido de densidad ρ , con frecuencia mercurio o agua. Un extremo del tubo se conecta al recipiente donde se medirá la presión, y el otro está abierto a la atmósfera, con $p_0 = p_a$. La presión en el fondo del tubo debida al fluido de la columna izquierda es $p + \rho g y_1$, y la debida al fluido de la columna derecha es $p_a + \rho g y_2$. Estas presiones se miden en el mismo punto, así que deben ser iguales:

$$\begin{aligned} p + \rho g y_1 &= p_a + \rho g y_2 \\ p - p_a &= \rho g (y_2 - y_1) = \rho g h \end{aligned} \quad (14.8)$$

En la ecuación (14.8), p es la *presión absoluta*, y la diferencia $p - p_a$ entre la presión absoluta y la atmosférica es la *presión manométrica*. Así, la presión manométrica es proporcional a la diferencia de altura ($y_2 - y_1$) de las columnas.

Otro medidor de presión común es el *barómetro de mercurio*, que consiste en un tubo de vidrio largo, cerrado por un extremo, que se llena con mercurio y luego se invierte sobre un plato con mercurio (Fig. 14.8b). El espacio arriba de la columna sólo contiene vapor de mercurio, cuya presión es insignificante, así que la presión p_0 arriba de la columna es prácticamente cero. Por la ecuación (14.6),

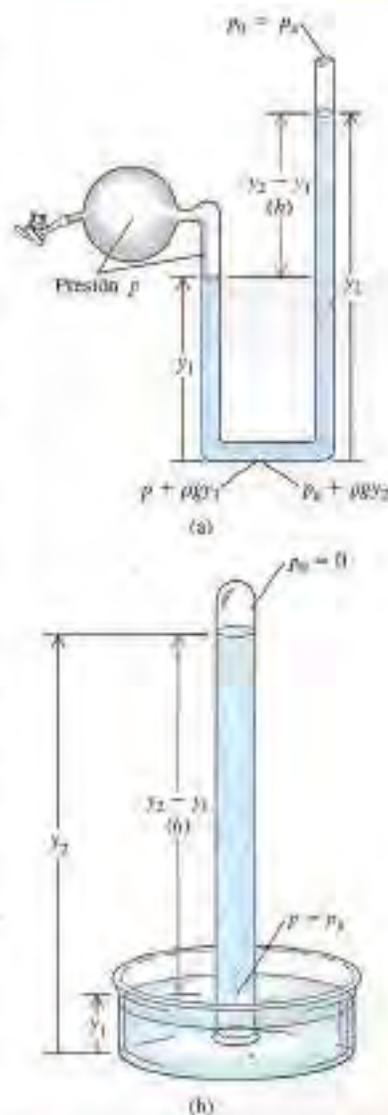
$$p_a = p = 0 + \rho g (y_2 - y_1) = \rho g h \quad (14.9)$$

Así, el barómetro de mercurio indica la presión atmosférica p_a directamente por la altura de la columna de mercurio.

En muchas aplicaciones, las presiones suelen describirse en términos de la altura de la columna de mercurio correspondiente, como “pulgadas de mercurio” o “milímetros de mercurio” (abreviado mm Hg). Una presión de 1 mm Hg es 1 *torr*, por Evangelista Torricelli, inventor del barómetro de mercurio. Sin embargo, estas unidades dependen de la densidad del mercurio, que varía con la temperatura, y del valor de g , que varía con el lugar, y por ello se prefiere el pascal como unidad de presión.

Un dispositivo común para medir la presión arterial, llamado *esfigmomanómetro*, usa un manómetro lleno de mercurio. Las lecturas de la presión arterial, como 130/80, se refieren a las presiones manométricas máxima y mínima en las arterias, medidas en mm Hg o *torrs*. La presión arterial varía con la altura en el cuerpo; el punto de referencia estándar es la parte superior del brazo, a la altura del corazón.

Muchos tipos de medidores de presión usan un recipiente flexible sellado (Fig. 14.9). Un cambio en la presión dentro o fuera del recipiente causa un cambio en sus dimensiones, que se detecta óptica, eléctrica o mecánicamente.



14.8 Dos tipos de medidores de presión. (a) Manómetro de tubo abierto. (b) Barómetro de mercurio.



14.9 (a) Medidor de presión de Bourdon. Al aumentar la presión dentro del tubo espiral metálico, éste se endereza y desvía la aguja unida a él. (b) Medidor de presión tipo Bourdon empleado en un tanque de gas comprimido.

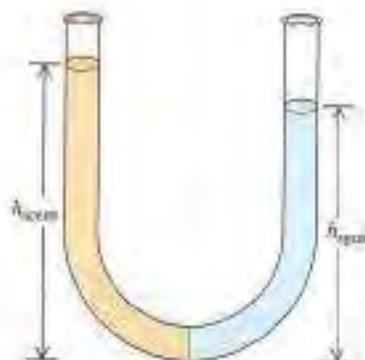
Ejemplo 14.4

Historia de dos fluidos

Un tubo de manómetro se llena parcialmente con agua. Después se vierte aceite (que no se mezcla con el agua y tiene menor densidad que el agua) en el brazo izquierdo del tubo hasta que la interfaz aceite-agua está en el punto medio del tubo (Fig. 14.10). Ambos brazos del tubo están abiertos al aire. Determine la relación entre las alturas h_{aceite} y h_{agua} .

SOLUCIÓN

IDENTIFICAR: La relación entre presión y profundidad en un fluido sólo es válida para los fluidos de densidad uniforme. Por tanto,



14.10 Tubo con forma de U que contiene aceite (a la izquierda) y agua (a la derecha). ¿Qué relación hay entre las alturas de las dos columnas de fluido?

no podemos escribir una sola ecuación para el aceite y el agua juntos. Lo que sí podemos hacer es escribir una relación presión-profundidad para cada fluido por separado, tomando en cuenta que ambas columnas de fluido tienen la misma presión en la base (donde están en contacto y en equilibrio, así que las presiones deben ser iguales) y en la parte superior (donde ambas están en contacto con la atmósfera y en equilibrio con ella).

PLANTEAR: Sea p_0 la presión atmosférica, y p , la presión en el fondo del tubo. Las densidades de los dos fluidos son ρ_{agua} y ρ_{aceite} (que es menor que ρ_{agua}). Usamos la ecuación (14.6) para cada fluido.

EJECUTAR: Para los dos fluidos, la ecuación (14.6) se convierte en

$$p = p_0 + \rho_{\text{agua}} g h_{\text{agua}}$$

$$p = p_0 + \rho_{\text{aceite}} g h_{\text{aceite}}$$

Puesto que la presión p en la base del tubo es la misma para ambos fluidos, igualamos las dos expresiones y despejamos h_{aceite} en términos de h_{agua} . Puede demostrarse que el resultado es

$$h_{\text{aceite}} = \frac{\rho_{\text{agua}}}{\rho_{\text{aceite}}} h_{\text{agua}}$$

EVALUAR: Puesto que el aceite es menos denso que el agua, la razón $\rho_{\text{agua}}/\rho_{\text{aceite}}$ es mayor que la unidad y h_{aceite} es mayor que h_{agua} (como se muestra en la Fig. 14.10). Este resultado es lógico: se necesita una mayor altura de aceite menos denso para producir la misma presión p en la base del tubo.

El mercurio es menos denso a altas temperaturas que a bajas temperaturas. Suponga que saca al exterior un barómetro de mercurio que estaba dentro de un refrigerador bien sellado, en un caluroso día de verano, y observa que la columna de mercurio se mantiene a la misma altura en el tubo. Compare la presión del aire en el exterior con la del interior del refrigerador. (Haga caso omiso del cambio aún menor en las dimensiones del tubo de vidrio debido al cambio de temperatura.)

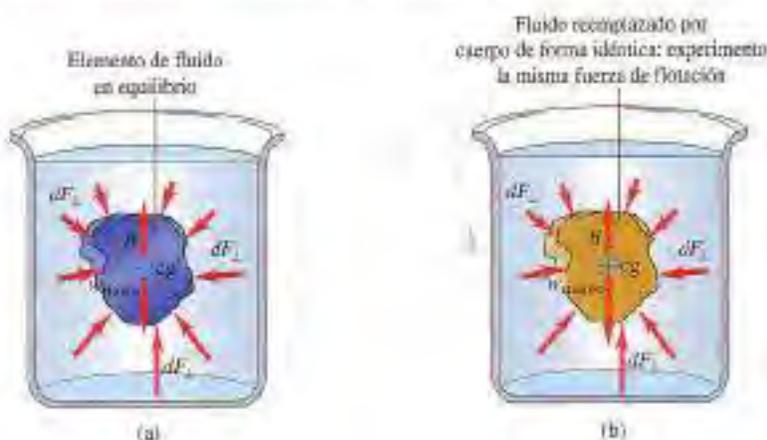
14.3 | Flotación

La **flotación** es un fenómeno muy conocido: un cuerpo sumergido en agua parece pesar menos que en el aire. Si el cuerpo es menos denso que el fluido, entonces flota. El cuerpo humano normalmente flota en el agua, y un globo lleno de helio flota en el aire.

El **principio de Arquímedes** establece que: **Si un cuerpo está parcial o totalmente sumergido en un fluido, éste ejerce una fuerza hacia arriba sobre el cuerpo igual al peso del fluido desplazado por el cuerpo.** Para demostrar este principio, consideremos una porción arbitraria de fluido en reposo. En la figura 14.11a, el contorno irregular es la superficie que delimita esta porción de fluido. Las flechas representan las fuerzas que el fluido circundante ejerce sobre la superficie de frontera.

Todo el fluido está en equilibrio, así que la suma de todas las componentes y de fuerza sobre esta porción de fluido es cero. Por tanto, la suma de todas las componentes y de las fuerzas de superficie debe ser una fuerza hacia arriba de igual magnitud que el peso mg del fluido dentro de la superficie. Además, la suma de los momentos de torsión sobre la porción de fluido debe ser cero, así que la línea de acción de la componente y resultante de las fuerzas superficiales debe pasar por el centro de gravedad de esta porción de fluido.

Ahora quitamos el fluido que está dentro de la superficie y lo reemplazamos por un cuerpo sólido cuya forma es idéntica (Fig. 14.11b). La presión en cada punto es exactamente la misma que antes, de modo que la fuerza total hacia arriba ejercida por el fluido sobre el cuerpo también es la misma, igual en magnitud al peso mg del fluido que se desplazó para colocar el cuerpo. Llamamos a esta fuerza hacia arriba la **fuerza de flotación** que actúa sobre el cuerpo sólido. La línea de acción de la fuerza de flotación pasa por el centro de gravedad del fluido desplazado (que no necesariamente coincide con el centro de gravedad del cuerpo).



14.11 Principio de Arquímedes. (a) Un elemento de un fluido en equilibrio. La fuerza de flotación del fluido circundante es igual al peso del elemento. (b) Si el elemento de fluido se sustituye por un cuerpo de idéntica forma, el cuerpo experimenta la misma fuerza de flotación que en (a). Esta fuerza es igual al peso del fluido desplazado.



14.12 (a) Hidrómetro sencillo. (b) Uso de un hidrómetro para probar ácido de un acumulador o del anticongelante.

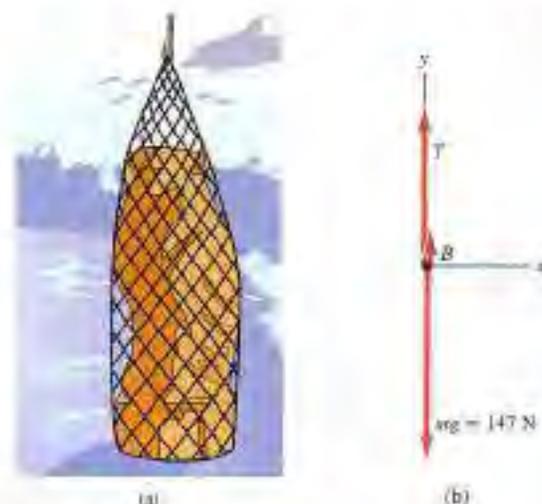
Ejemplo 14.5

Flotación

Una estatua de oro sólido de 15.0 kg de peso está siendo levantada de un barco hundido (Fig. 14.13a). ¿Qué tensión hay en el cable cuando la estatua está en reposo y a) totalmente sumergida? b) ¿Fuera del agua?

SOLUCIÓN

IDENTIFICAR: Cuando la estatua está sumergida, experimenta una fuerza de flotación hacia arriba igual en magnitud al peso del fluido desplazado. Para calcular la tensión, observamos que la estatua está



14.13 (a) La estatua completamente sumergida en reposo. (b) Diagrama de cuerpo libre de la estatua sumergida.

Si un globo flota en equilibrio en el aire, su peso (incluido el gas en su interior) debe ser igual al del aire desplazado por el globo. Si un submarino sumergido está en equilibrio, su peso debe ser igual al del agua que desplaza. Un cuerpo cuya densidad media es menor que la del líquido puede flotar parcialmente sumergido en la superficie superior libre del líquido. Cuanto mayor es la densidad del líquido menor será la porción sumergida del cuerpo. Si nadamos en agua de mar (densidad 1030 kg/m^3), flotamos más que en agua dulce (1000 kg/m^3). Aunque parece improbable, el plomo flota en el mercurio. El "vidrio flotado" de superficie muy plana se fabrica flotando vidrio fundido en estaño fundido y dejándolo enfriar.

Otro ejemplo conocido es el hidrómetro, empleado para medir la densidad de los líquidos (Fig. 14.12a). El flotador calibrado se hunde en el fluido hasta que el peso del fluido que desplaza es igual a su propio peso. El hidrómetro flota *más alto* en los líquidos más densos que en los líquidos menos densos, y tiene un peso en su base para que la posición enderezada sea estable; una escala en el tallo superior permite leer directamente la densidad. La figura 14.12b muestra un tipo de hidrómetro de uso común para medir la densidad del ácido de un acumulador o del anticongelante. La base del tubo grande se sumerge en el líquido; se aprieta el bulbo para expulsar el aire y luego se suelta, como si fuera un gotero gigante. El líquido sube por el tubo exterior, y el hidrómetro flota en la muestra de líquido.

en equilibrio (en reposo) y consideramos las tres fuerzas que actúan sobre ella: su peso, la fuerza de flotación y la tensión en el cable.

PLANTEAR: La figura 14.13b muestra el diagrama de cuerpo libre de la estatua en equilibrio. La incógnita es la tensión T . Nos dan el peso mg y podemos calcular la fuerza de flotación B usando el principio de Arquímedes. Lo haremos en dos casos: (a) cuando la estatua está sumergida en el agua y (b) cuando está fuera del agua y sumergida en el aire.

EJECUTAR: a) Para calcular la fuerza de flotación, primero calculamos el volumen de la estatua, usando la densidad del oro de la tabla 14.1:

$$V = \frac{m}{\rho_{\text{oro}}} = \frac{15.0 \text{ kg}}{19.3 \times 10^3 \text{ kg/m}^3} = 7.77 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

Usando otra vez la tabla 14.1, calculamos el peso de ese volumen de agua de mar:

$$\begin{aligned} w_{\text{m}} &= w_{\text{m}} = \rho_{\text{m}} V g \\ &= (1.03 \times 10^3 \text{ kg/m}^3)(7.77 \times 10^{-4} \text{ m}^3)(9.80 \text{ m/s}^2) \\ &= 7.84 \text{ N} \end{aligned}$$

Esto es igual a la fuerza de flotación B .

La estatua está en reposo, así que la fuerza externa neta que actúa sobre ella es de cero. De la figura 14.13b,

$$\begin{aligned} \sum F_y &= B + T + (-mg) = 0 \\ T &= mg - B = (15.0 \text{ kg})(9.80 \text{ m/s}^2) - 7.84 \text{ N} \\ &= 147 \text{ N} - 7.84 \text{ N} = 139 \text{ N} \end{aligned}$$

Si hay una balanza de resorte unida al extremo superior del cable, marcará 7.84 N menos de lo que marcaría si la estatua no estuviera sumergida en agua de mar. Por ello, la estatua sumergida parece pesar 139 N, cerca de 5% menos que su peso real de 147 N.

b) La densidad del aire es de cerca de 1.2 kg/m^3 , así que la fuerza de flotación del aire sobre la estatua es

$$B = \rho_{\text{aire}} V g = (1.2 \text{ kg/m}^3)(7.77 \times 10^{-4} \text{ m}^3)(9.80 \text{ m/s}^2) \\ = 9.1 \times 10^{-3} \text{ N}$$

Esto es sólo 62 millonésimas del peso real de la estatua. Este efecto es menor que la precisión de nuestros datos, así que lo despreciamos.

La tensión en el cable con la estatua en el aire es igual al peso de la estatua, 147 N.

EVALUAR: Recordemos que la fuerza de flotación es proporcional a la densidad del fluido, no la de la estatua. Cuanto más denso es el fluido, mayor será la fuerza de flotación y menor será la tensión en el cable. Si el fluido tuviera la misma densidad que la estatua, la fuerza de flotación sería igual al peso de la estatua y la tensión sería cero (el cable se aflojaría). Si el fluido fuera más denso que la estatua, la tensión sería *negativa*: la fuerza de flotación sería mayor que el peso de la estatua, y se requeriría una fuerza hacia abajo para evitar que suba la estatua.

Ejemplo conceptual 14.6

Cuestión de peso

Se coloca un recipiente con agua de mar en una balanza y se anota la lectura; luego se suspende la estatua del ejemplo 14.5 en el agua (Fig. 14.14). ¿Cómo cambia la lectura?

SOLUCIÓN

Considere el agua, la estatua y el recipiente juntos como un sistema; el peso total no depende de si la estatua está sumergida o no. La fuerza total de soporte, incluida la tensión T y la fuerza hacia arriba F de la balanza sobre el recipiente (igual a la lectura) es la misma en ambos casos. Sin embargo, en el ejemplo 14.5 vimos que T disminuye en 7.84 N cuando la estatua está sumergida, así que la lectura de la balanza debe *aumentar* en 7.84 N. Otra forma de verlo es que el agua ejerce una fuerza de flotación de 7.84 N sobre la estatua, así que ésta debe ejercer una fuerza igual hacia abajo sobre el agua, haciendo a la lectura 7.84 N mayor que el peso del agua y el recipiente.



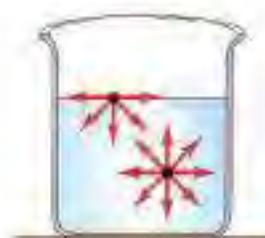
14.14 ¿Cómo cambia la lectura de la balanza cuando la estatua se sumerge en agua?

Tensión superficial

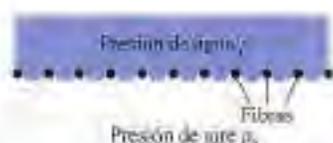
Un objeto menos denso que el agua, como una pelota de playa inflada con aire, flota con una parte de su volumen bajo la superficie. Por otra parte, un *clip* puede descansar *sobre* una superficie de agua aunque su densidad es varias veces mayor que la del agua. Esto es un ejemplo de **tensión superficial**: la superficie del líquido se comporta como una membrana en tensión (Fig. 14.15). La tensión superficial se debe a que las moléculas del líquido ejercen fuerzas de atracción entre sí. La fuerza neta sobre una molécula dentro del volumen del líquido es cero, pero una molécula en la superficie es atraída hacia el volumen (Fig. 14.16). Por ello, el líquido tiende a reducir al mínimo su área superficial, tal como lo hace una membrana estirada.



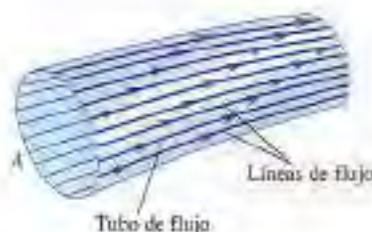
14.15 La superficie del agua actúa como membrana sometida a tensión, y permite a este zancudo caminar literalmente sobre el agua.



14.16 Cada molécula de un líquido es atraída por las demás moléculas. Una molécula en la superficie es atraída hacia el volumen del líquido, y esto tiende a reducir el área superficial del líquido.



14.17 La tensión superficial dificulta el paso del agua por aberturas pequeñas. La presión requerida p puede reducirse usando agua caliente con jabón, todo lo cual reduce la tensión superficial.



14.18 Tubo de flujo delimitado por líneas de flujo. En flujo estable, el fluido no puede cruzar las paredes de un tubo de flujo.

La tensión superficial explica por qué las gotas de lluvia en caída libre son esféricas (no con forma de lágrima): una esfera tiene menor área superficial para un volumen dado que cualquier otra forma. También explica por qué se usa agua jabonosa caliente en el lavado de la ropa. Para lavarla bien, se debe hacer pasar el agua por los diminutos espacios entre las fibras (Fig. 14.17). Esto implica aumentar el área superficial del agua, lo que es difícil por la tensión superficial. La tarea se facilita aumentando la temperatura del agua y añadiendo jabón, pues ambas cosas reducen la tensión superficial.

La tensión superficial es importante para una gota de agua de 1 mm de diámetro, que tiene un área relativamente grande en comparación con su volumen. (Una esfera de radio r tiene área $4\pi r^2$ y volumen $(4\pi/3)r^3$. La razón superficie/área es $3/r$, y aumenta al disminuir el radio.) En cambio, si la cantidad de líquido es grande, la razón superficie/volumen es relativamente pequeña y la tensión superficial es insignificante en comparación con las fuerzas de presión. En el resto del capítulo, sólo consideraremos volúmenes grandes de fluidos, así que haremos caso omiso de los efectos de la tensión superficial.

Un objeto con densidad uniforme flota en agua con un tercio de su volumen sobre la superficie. Compare la densidad del objeto con la del agua.

14.4 | Flujo de fluidos

Ahora ya estamos preparados para considerar el *movimiento* de un fluido. El flujo de fluidos suele ser extremadamente complejo, como se aprecia en las corrientes de los rápidos de los ríos o en las flamas de una fogata, pero algunas situaciones se pueden representar con modelos idealizados relativamente simples. Un **fluido ideal** es *incompresible* (su densidad no puede cambiar) y no tiene fricción interna (llamada **viscosidad**). Los líquidos son aproximadamente incompresibles en casi todas las situaciones, y también podemos tratar a un gas como incompresible si las diferencias de presión de una región a otra no son muy grandes. La fricción interna en un fluido causa esfuerzos de corte cuando dos capas de fluido adyacentes tienen un movimiento relativo, como cuando un fluido fluye dentro de un tubo o alrededor de un obstáculo. En algunos casos, podemos despreocuparnos de estas fuerzas de corte en comparación con las fuerzas debidas a la gravedad y a diferencias de presión.

El camino de una partícula individual en un fluido en movimiento se llama **línea de flujo**. Si el patrón global de flujo no cambia con el tiempo, entonces tenemos un **flujo estable**. En un flujo estable, cada elemento que pasa por un punto dado sigue la misma línea de flujo. En este caso, el “mapa” de las velocidades del fluido en distintos puntos del espacio permanece constante, aunque la velocidad de una partícula específica pueda cambiar tanto en magnitud como en dirección durante su movimiento. Una **línea de corriente** es una curva cuya tangente en cualquier punto tiene la dirección de la velocidad del fluido en ese punto. Si el patrón de flujo cambia con el tiempo, las líneas de corriente no coinciden con las de flujo. Consideraremos sólo situaciones de flujo estable, en las que las líneas de flujo y las de corriente son idénticas.

Las líneas de flujo que pasan por el borde de un elemento de área imaginario, como A en la figura 14.18, forman un tubo llamado **tubo de flujo**. Por la definición de líneas de flujo, si el flujo es estable el fluido no puede cruzar las paredes laterales de un tubo de flujo; los fluidos de diferentes tubos de flujo no pueden mezclarse.



14.19 Flujo laminar alrededor de obstáculos con diferente forma.

La figura 14.19 muestra patrones de flujo de fluidos de izquierda a derecha alrededor de varios obstáculos. Las fotografías se tomaron inyectando un tinte en el agua que fluye entre dos placas de vidrio cercanas. Estos patrones son representativos del **flujo laminar**, en el que capas adyacentes de fluido se deslizan suavemente una sobre otra y el flujo es estable. (Una lámina es una hoja delgada.) Si la tasa de flujo es suficientemente alta, o si las superficies de frontera causan cambios abruptos en la velocidad, el flujo puede hacerse irregular y caótico. Esto se llama **flujo turbulento** (Fig. 14.20). En flujo turbulento no hay un patrón de estado estable; el patrón de flujo cambia continuamente.

La ecuación de continuidad

La masa de un fluido en movimiento no cambia al fluir. Esto da pie a una relación cuantitativa importante llamada **ecuación de continuidad**. Considere una porción de un tubo de flujo entre dos secciones transversales estacionarias con áreas A_1 y A_2 (Fig. 14.21). La rapidez del fluido en estas secciones es v_1 y v_2 , respectivamente. No fluye fluido por los costados del tubo porque la velocidad del fluido es tangente a la pared en todos sus puntos. Durante un tiempo corto dt , el fluido en A_1 se mueve una distancia $v_1 dt$, así que un cilindro de fluido de altura $v_1 dt$ y volumen $dV_1 = A_1 v_1 dt$ fluye hacia el tubo a través de A_1 . Durante ese mismo lapso, un cilindro de volumen $dV_2 = A_2 v_2 dt$ sale del tubo a través de A_2 .

Consideremos primero el caso de un fluido incompresible cuya densidad ρ tiene el mismo valor en todos los puntos. La masa dm_1 que fluye al tubo por A_1 en el tiempo dt es $dm_1 = \rho A_1 v_1 dt$. Así mismo, la masa dm_2 que sale por A_2 en el mismo tiempo es $dm_2 = \rho A_2 v_2 dt$. En flujo estable, la masa total en el tubo es constante, así que $dm_1 = dm_2$ y

$$\rho A_1 v_1 dt = \rho A_2 v_2 dt \quad \text{o sea}$$

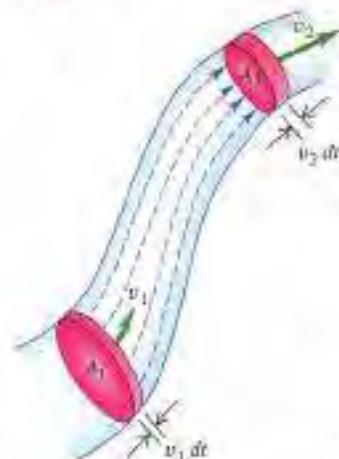
$$A_1 v_1 = A_2 v_2 \quad (\text{ecuación de continuidad, fluido incompresible}) \quad (14.10)$$

El producto Av es la **razón de flujo de volumen** dV/dt , la rapidez con que el volumen cruza una sección del tubo:

$$\frac{dV}{dt} = Av \quad (\text{razón de flujo de volumen}) \quad (14.11)$$



14.20 El flujo de humo que sale de estos palitos de incienso es laminar hasta cierto punto; luego se vuelve turbulento.



14.21 Tubo de flujo con área de sección transversal cambiante. Si el fluido es incompresible, el producto Av tiene el mismo valor en todos los puntos a lo largo del tubo.

La razón de flujo de masa es el flujo de masa por unidad de tiempo a través de una sección transversal, y es igual a la densidad ρ multiplicada por la razón de flujo de volumen dV/dt .

La ecuación (14.10) indica que la razón de flujo de volumen tiene el mismo valor en todos los puntos de cualquier tubo de flujo. Si disminuye la sección de un tubo de flujo, la rapidez aumenta, y viceversa. La parte profunda de un río tiene mayor área transversal y una corriente más lenta que la parte superficial, pero las razones de flujo de volumen son las mismas en los dos puntos. El chorro de agua de un grifo se angosta al adquirir rapidez durante su caída, pero dV/dt tiene el mismo valor en todo el chorro. Si un tubo de agua de 2 cm de diámetro se conecta a un tubo de 1 cm de diámetro, la rapidez de flujo es cuatro veces más grande en el segundo tubo que en el primero.

Podemos generalizar la ecuación (14.10) para el caso en que el fluido *no* es incompresible. Si ρ_1 y ρ_2 son las densidades en las secciones 1 y 2, entonces

$$\rho_1 A_1 v_1 = \rho_2 A_2 v_2 \quad (\text{ecuación de continuidad, fluido compresible}) \quad (14.12)$$

Dejamos los detalles como ejercicio. Si el fluido es incompresible, de modo que ρ_1 y ρ_2 siempre son iguales, la ecuación (14.12) se reduce a la ecuación (14.10).

Ejemplo 14.7

Flujo de fluido incompresible

Como parte de un sistema de lubricación para maquinaria pesada, un aceite con densidad de 850 kg/m^3 se bombea a través de un tubo cilíndrico de 8.0 cm de diámetro a razón de 9.5 litros por segundo. a) Calcule la rapidez del aceite y la razón de flujo de masa. b) Si el diámetro del tubo se reduce a 4.0 cm, ¿qué nuevos valores tendrán la rapidez y la razón de flujo de volumen? Suponga que el aceite es incompresible.

SOLUCIÓN

IDENTIFICAR Y PLANTEAR: Usaremos la definición de razón de flujo de volumen [ecuación (14.11)] para determinar la rapidez v_1 en la sección de 8.0 cm de diámetro. La razón de flujo de masa es el producto de la densidad y la razón de flujo de volumen. La ecuación de continuidad para flujo incompresible, ecuación (14.10), nos permite obtener la rapidez v_2 en la sección de 4.0 cm de diámetro.

EJECUTAR: a) La razón de flujo de volumen dV/dt es igual al producto $A_1 v_1$, donde A_1 es el área transversal del tubo de 8.0 cm de diámetro (radio 4.0 cm). Por tanto,

$$v_1 = \frac{dV/dt}{A_1} = \frac{(9.5 \text{ L/s})(10^{-3} \text{ m}^3/\text{L})}{\pi(4.0 \times 10^{-2} \text{ m})^2} = 1.9 \text{ m/s}$$

La razón de flujo de masa es $\rho dV/dt = (850 \text{ kg/m}^3)(9.5 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}) = 8.1 \text{ kg/s}$.

b) Puesto que el aceite es incompresible, la razón de flujo de volumen tiene el mismo valor (9.5 L/s) en ambas secciones del tubo. Por la ecuación (14.10),

$$v_2 = \frac{A_1}{A_2} v_1 = \frac{\pi(4.0 \times 10^{-2} \text{ m})^2}{\pi(2.0 \times 10^{-2} \text{ m})^2} (1.9 \text{ m/s}) = 7.6 \text{ m/s}$$

EVALUAR: La segunda sección de tubo tiene la mitad del diámetro y la cuarta parte del área transversal de la primera sección. Por tanto, la rapidez debe ser cuatro veces mayor en la segunda sección, y eso es precisamente lo que muestra nuestro resultado ($v_2 = 4v_1$).

El aire en la atmósfera es casi incompresible. Use este hecho para explicar por qué en los pasos montañosos se observan vientos especialmente rápidos.

14.5 | Ecuación de Bernoulli

Según la ecuación de continuidad, la rapidez de flujo de un fluido puede variar a lo largo de las trayectorias del fluido. La presión también puede variar; depende de la altura igual que en la situación estática (sección 14.2) y también de la rapidez de flu-

jo. Podemos deducir una relación importante, llamada *ecuación de Bernoulli*, que relaciona la presión, la rapidez de flujo y la altura para el flujo de un fluido ideal. La ecuación de Bernoulli es una herramienta indispensable para analizar los sistemas de plomería, las estaciones generadoras hidroeléctricas y el vuelo de los aviones.

La dependencia de la presión respecto a la rapidez se sigue de la ecuación de continuidad, ecuación (14.10). Si un fluido incompresible fluye por un tubo con sección transversal variable, su rapidez *debe* cambiar, así que un elemento de fluido *debe* tener una aceleración. Si el tubo es horizontal, la fuerza que causa esta aceleración *debe* ser aplicada por el fluido circundante. Esto implica que la presión *debe* ser diferente en regiones con diferente sección transversal; si fuera la misma en todos lados, la fuerza neta sobre cada elemento de fluido sería cero. Si un tubo es horizontal se estrecha y un elemento de fluido se acelera, *debe* estar moviéndose hacia una región de menor presión para tener una fuerza neta hacia adelante que lo acelere. Si la altura también cambia, esto causa una diferencia de presión adicional.

Para deducir la ecuación de Bernoulli, aplicamos el teorema del trabajo y la energía al fluido en una sección de un tubo. En la figura 14.22, consideramos el elemento de fluido que en algún instante inicial está entre las dos secciones transversales *a* y *c*. Las rapidez en los extremos inferior y superior son v_1 y v_2 . En un pequeño intervalo de tiempo dt , el fluido que está en *a* se mueve a *b*, una distancia $ds_1 = v_1 dt$, y el fluido que está inicialmente en *c* se mueve a *d*, una distancia $ds_2 = v_2 dt$. Las áreas transversales en los dos extremos son A_1 y A_2 , como se muestra. El fluido es incompresible, así que, por la ecuación de continuidad, ecuación (14.10), el volumen de fluido dV que pasa por *cualquier* sección transversal durante dt es el mismo. Es decir, $dV = A_1 ds_1 = A_2 ds_2$.

Calculemos el *trabajo* efectuado sobre este elemento durante dt . Suponemos que la fricción interna del fluido es despreciable (es decir, no hay viscosidad), así que las únicas fuerzas no gravitacionales que efectúan trabajo sobre el elemento fluido se deben a la presión del fluido circundante. Las presiones en los extremos son p_1 y p_2 ; la fuerza sobre la sección en *a* es $p_1 A_1$, y la fuerza en *c* es $p_2 A_2$. El trabajo neto dW efectuado sobre el elemento por el fluido circundante durante este desplazamiento es entonces

$$dW = p_1 A_1 ds_1 - p_2 A_2 ds_2 = (p_1 - p_2) dV \quad (14.13)$$

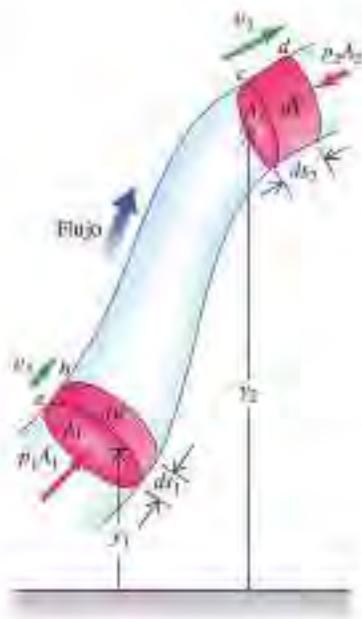
El segundo término tiene signo negativo porque la fuerza en *c* se opone al desplazamiento del fluido.

El trabajo dW se debe a fuerzas distintas de la fuerza de gravedad conservadora, así que es igual al cambio en la energía mecánica total (energía cinética más energía potencial gravitacional) asociada al elemento fluido. La energía mecánica para el fluido entre las secciones *b* y *d* no cambia. Al principio de dt , el fluido entre *a* y *b* tiene volumen $A_1 ds_1$, masa $\rho A_1 ds_1$, y energía cinética $\frac{1}{2} \rho (A_1 ds_1) v_1^2$. Al final de dt , el fluido entre *c* y *d* tiene energía cinética $\frac{1}{2} \rho (A_2 ds_2) v_2^2$. El cambio neto de energía cinética dK durante dt es

$$dK = \frac{1}{2} \rho dV (v_2^2 - v_1^2) \quad (14.14)$$

¿Y qué hay del cambio en la energía potencial gravitacional? Al iniciar dt , la energía potencial para la masa que está entre *a* y *b* es $dm g y_1 = \rho dV g y_1$. Al final de dt , la energía potencial para la masa que está entre *c* y *d* es $dm g y_2 = \rho dV g y_2$. El cambio neto de energía potencial dU durante dt es

$$dU = \rho dV g (y_2 - y_1) \quad (14.15)$$



14.22 El trabajo neto realizado sobre un elemento de fluido por la presión del fluido circundante es igual al cambio en la energía cinética más el cambio en la energía potencial gravitacional.

Combinando las ecuaciones (14.13), (14.14) y (14.15) en la ecuación de energía $dW = dK + dU$, obtenemos

$$\begin{aligned}(p_1 - p_2)dV &= \frac{1}{2}\rho dV(v_2^2 - v_1^2) + \rho dVg(y_2 - y_1) \\ p_1 - p_2 &= \frac{1}{2}\rho(v_2^2 - v_1^2) + \rho g(y_2 - y_1)\end{aligned}\quad (14.16)$$

Esta es la **ecuación de Bernoulli**, y dice que el trabajo efectuado sobre un volumen unitario de fluido por el fluido circundante es igual a la suma de los cambios de las energías cinética y potencial por unidad de volumen que se dan durante el flujo. También podemos interpretar la ecuación (14.16) en términos de presiones. El primer término de la derecha es la diferencia de presión asociada al cambio de rapidez del fluido; el segundo es la diferencia de presión adicional causada por el peso del fluido y la diferencia de altura de los dos extremos.

También podemos expresar la ecuación (14.16) en una forma más útil:

$$p_1 + \rho gy_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 = p_2 + \rho gy_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 \quad (\text{ecuación de Bernoulli}) \quad (14.17)$$

Los subíndices 1 y 2 se refieren a *cualesquier* dos puntos del tubo de flujo, así que también podemos escribir

$$p + \rho gy + \frac{1}{2}\rho v^2 = \text{constante} \quad (14.18)$$

Observe que, si el fluido *no* se mueve ($v_1 = v_2 = 0$), la ecuación (14.17) se reduce a la relación de presión que dedujimos para un fluido en reposo (ecuación 14.5).

¡CUIDADO! Subrayamos de nuevo que la ecuación de Bernoulli sólo es válida para un flujo estable de un fluido incompresible sin fricción interna (sin viscosidad). Es una ecuación sencilla y fácil de usar; no por ello vaya a aplicarla en situaciones en que no es válida.

Estrategia para resolver problemas

Ecuación de Bernoulli

La ecuación de Bernoulli se deduce del teorema del trabajo y la energía, así que gran parte de las estrategias sugeridas en la sección 7.1 puede aplicarse aquí.

IDENTIFICAR *los conceptos pertinentes:* Primero, asegúrese de que el flujo del fluido sea estable y que el fluido sea incompresible y no tenga fricción interna. Este caso es una idealización, pero se acerca mucho a la realidad en el caso de fluidos que fluyen por tubos suficientemente grandes y en el de flujos dentro de grandes cantidades de fluido (como aire que fluye alrededor de un avión o agua que fluye alrededor de un pez).

PLANTEAR *el problema siguiendo estos pasos:*

1. Siempre comience por identificar claramente los puntos 1 y 2 a los que se refiere la ecuación de Bernoulli.
2. Defina su sistema de coordenadas, sobre todo el nivel en que $y = 0$.
3. Haga listas de las cantidades conocidas y desconocidas de la ecuación (14.17). Las variables son $p_1, p_2, v_1, v_2, y_1, y_2$ y las constantes son ρ y g . Decida qué incógnitas debe determinar.

EJECUTAR la solución como sigue: Escriba la ecuación de Bernoulli y despeje las incógnitas. En algunos problemas, habrá que usar la ecuación de continuidad, ecuación (14.10), para tener una relación entre las dos rapidezces en términos de áreas transversales de tubos o recipientes. O tal vez se tienen ambas rapidezces y hay que determinar una de las áreas. Tal vez necesite también la ecuación (14.11) para calcular la razón de flujo de volumen.

EVALUAR la respuesta: Como siempre, verifique que los resultados sean lógicos físicamente. Compruebe que las unidades sean congruentes. En el SI, la presión está en Pa, la densidad en kg/m^3 y la rapidez en m/s . Recuerde también que las presiones deben ser todas absolutas o todas manométricas.

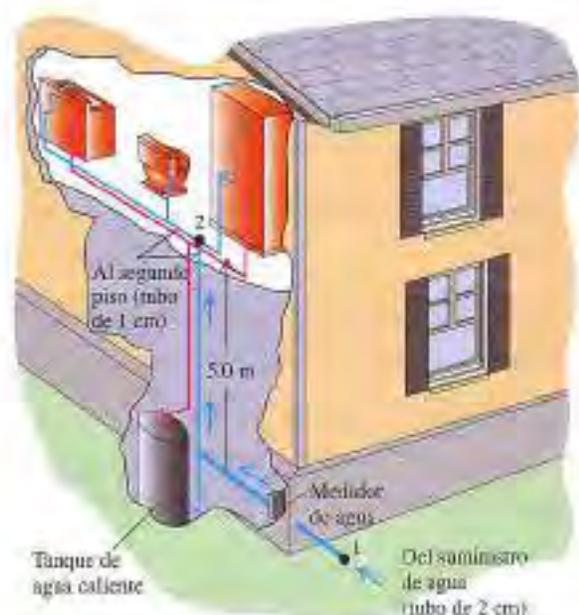
Ejemplo 14.8

Presión de agua en el hogar

Entra agua en una casa por un tubo con diámetro interior de 2.0 cm a una presión absoluta de $4.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ (unas 4 atm). Un tubo de 1.0 cm de diámetro va al cuarto de baño del segundo piso, 5.0 m más arriba (Fig. 14.23). La rapidez de flujo en el tubo de entrada es de 1.5 m/s. Calcule la rapidez de flujo, presión y razón de flujo de volumen en el cuarto de baño.

SOLUCIÓN

IDENTIFICAR Y PLANTEAR: Tomamos los puntos 1 y 2 en el tubo de entrada y el cuarto de baño, respectivamente. Nos dan la rapidez



14.23 ¿Qué presión tiene el agua en el cuarto de baño del segundo piso de esta casa?

v_1 y la presión p_1 en el tubo de entrada, y los diámetros de los tubos en los puntos 1 y 2 (con lo cual calculamos las áreas A_1 y A_2). Tomamos $y_1 = 0$ (en la entrada) y $y_2 = 5.0 \text{ m}$ (en el cuarto de baño). Las dos primeras incógnitas son la rapidez v_2 y la presión p_2 . Puesto que tenemos más de una incógnita, usamos tanto la ecuación de Bernoulli como la ecuación de continuidad. Una vez que tengamos v_2 , calcularemos la razón de flujo de volumen $v_2 A_2$ en el punto 2.

EJECUTAR: La rapidez v_2 en el cuarto de baño se obtiene de la ecuación de continuidad, ecuación (14.10):

$$v_2 = \frac{A_1}{A_2} v_1 = \frac{\pi (1.0 \text{ cm})^2}{\pi (0.50 \text{ cm})^2} (1.5 \text{ m/s}) = 6.0 \text{ m/s}$$

Nos dan p_1 y v_1 , y podemos obtener p_2 con la ecuación de Bernoulli:

$$\begin{aligned} p_2 &= p_1 - \frac{1}{2} \rho (v_2^2 - v_1^2) - \rho g (y_2 - y_1) = 4.0 \times 10^5 \text{ Pa} \\ &\quad - \frac{1}{2} (1.0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3) (36 \text{ m}^2/\text{s}^2 - 2.25 \text{ m}^2/\text{s}^2) \\ &\quad - (1.0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3) (9.8 \text{ m/s}^2) (5.0 \text{ m}) \\ &= 4.0 \times 10^5 \text{ Pa} - 0.17 \times 10^5 \text{ Pa} - 0.49 \times 10^5 \text{ Pa} \\ &= 3.3 \times 10^5 \text{ Pa} = 3.3 \text{ atm} = 48 \text{ lb/pulg}^2 \end{aligned}$$

La razón de flujo de volumen es

$$\begin{aligned} \frac{dV}{dt} &= A_2 v_2 = \pi (0.50 \times 10^{-2} \text{ m})^2 (6.0 \text{ m/s}) \\ &= 4.7 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s} = 0.47 \text{ L/s} \end{aligned}$$

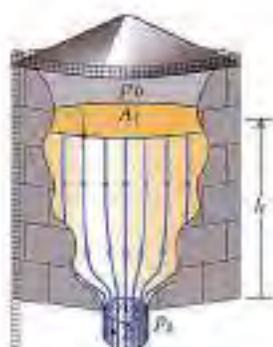
EVALUAR: Esta es una razón de flujo razonable para un lavabo o ducha. Cabe señalar que, al cerrar el agua, el término $\frac{1}{2} \rho (v_2^2 - v_1^2)$ de la ecuación de la presión desaparece, y la presión sube a $3.5 \times 10^5 \text{ Pa}$.

Ejemplo 14.9

Rapidez de salida

La figura 14.24 muestra un tanque de almacenamiento de gasolina con área transversal A_1 , lleno hasta una altura h . El espacio arriba de la gasolina contiene aire a p_0 y la gasolina sale por un tubo con

to de área A_2 . Deduzca expresiones para la rapidez de flujo en el tubo y la razón de flujo de volumen.



14.24 Cálculo de la rapidez de salida de gasolina por el fondo de un tanque de almacenamiento.

SOLUCIÓN

IDENTIFICAR: Podemos considerar todo el volumen de líquido en movimiento como un tubo de flujo, así que podemos usar el principio de Bernoulli.

PLANTEAR: Los puntos 1 y 2 en la figura 14.24 están en la superficie de la gasolina y en el tubo corto de salida, respectivamente. En el punto 1, la presión es p_0 ; en el punto 2, la presión es la atmosférica, p_2 . Tomamos $y = 0$ en el tubo de salida, así que $y_1 = h$ y $y_2 = 0$. Puesto que A_1 es mucho mayor que A_2 , el nivel de la gasolina en el tanque bajará muy lentamente, así que podemos considerar a v_1 prácticamente igual a cero. Obtendremos la variable meta v_2 con la ecuación (14.17) y la razón de flujo de volumen con la ecuación (14.11).

EJECUTAR: Aplicando la ecuación de Bernoulli a los puntos 1 y 2 y tomando $y = 0$ en la base del tanque, tenemos

$$p_0 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho gh = p_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2$$

$$v_2^2 = v_1^2 + 2\frac{p_0 - p_2}{\rho} + 2gh$$

Con $v_1 = 0$, tenemos

$$v_2^2 = 2\frac{p_0 - p_2}{\rho} + 2gh$$

Por la ecuación (14.11), la razón de flujo de volumen es $dV/dt = v_2 A_2$.

EVALUAR: La rapidez v_2 , conocida como *rapidez de salida*, depende tanto de la diferencia de presión ($p_0 - p_2$) como de la altura h del líquido en el tanque. Si el tanque está abierto por arriba a la atmósfera, no habrá exceso de presión: $p_0 = p_2$ y $p_0 - p_2 = 0$. En ese caso,

$$v_2 = \sqrt{2gh}$$

Esto es, la rapidez de salida por una abertura a una distancia h bajo la superficie del líquido es la *misma* que un cuerpo adquiriría cayendo libremente una altura h . Este resultado es el *teorema de Torricelli* y es válido no sólo para una abertura en la base de un recipiente, sino también para un agujero en una pared a una profundidad h bajo la superficie. En este caso, la razón de flujo de volumen es

$$\frac{dV}{dt} = A_2 \sqrt{2gh}$$

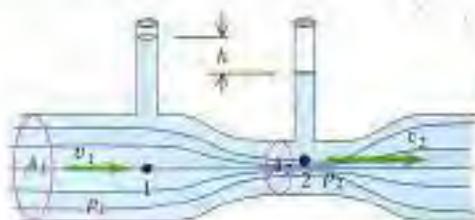
Ejemplo 14.10

El medidor Venturi

La figura 14.25 muestra un *medidor Venturi*, que se usa para medir la rapidez de flujo en un tubo. La parte angosta del tubo se llama *garganta*. Deduzca una expresión para la rapidez de flujo v_1 en términos de las áreas transversales A_1 y A_2 y la diferencia de altura h del líquido en los dos tubos verticales.

SOLUCIÓN

IDENTIFICAR Y PLANTEAR: Aplicamos la ecuación de Bernoulli a las partes ancha (punto 1) y angosta (punto 2) del tubo. La diferencia de altura entre los dos tubos verticales indica la diferencia de presión entre los puntos 1 y 2.



14.25 El medidor Venturi.

EJECUTAR: Los dos puntos tienen la misma coordenada vertical ($y_1 = y_2$), así que la ecuación (14.17) dice

$$p_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 = p_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2$$

Por la ecuación de continuidad, $v_2 = (A_1/A_2)v_1$. Sustituyendo y acomodando, obtenemos

$$p_1 - p_2 = \frac{1}{2}\rho v_1^2 \left(\frac{A_1^2}{A_2^2} - 1 \right)$$

La diferencia de presión $p_1 - p_2$ también es igual a ρgh , donde h es la diferencia de nivel del líquido en los dos tubos. Combinando esto con el resultado anterior y despejando v_1 , obtenemos

$$v_1 = \sqrt{\frac{2gh}{(A_1/A_2)^2 - 1}}$$

EVALUAR: Puesto que A_1 es mayor que A_2 , v_2 es mayor que v_1 y la presión p_2 en la garganta es *menor* que p_1 . Una fuerza neta a la derecha acelera el fluido al entrar en la garganta, y una fuerza neta a la izquierda lo frena al salir.

Ejemplo
conceptual 14.11

Sustentación en un ala de avión

La figura 14.26 muestra líneas de flujo alrededor de un corte del ala de un avión. Las líneas se aprietan arriba del ala, lo que corresponde a una mayor rapidez de flujo y una presión reducida en esta región, igual que en la garganta del Venturi. La fuerza que actúa hacia arriba sobre el lado inferior del ala es mayor que la que actúa hacia abajo sobre el lado superior; hay una fuerza neta hacia arriba, o *sustentación*. La sustentación no se debe sólo al impulso del aire que incide bajo el ala; de hecho, la presión reducida en la superficie de arriba del ala es lo que más contribuye a la sustentación. (Esta explicación muy simplificada no considera la formación de vórtices; un análisis más completo los tendría en cuenta.)

También podemos entender la fuerza de sustentación en términos de cambios de cantidad de movimiento. La figura 14.26 muestra que hay un cambio neto *hacia abajo* en la componente vertical de la cantidad de movimiento del aire que fluye por el ala, correspondiente a la fuerza hacia abajo que el ala ejerce sobre el aire. La fuerza de reacción que actúa sobre el ala es *hacia arriba*, como habíamos visto.

Se observa un patrón de flujo y una fuerza de sustentación similares en las inmediaciones de cualquier objeto saliente cuando hace viento (véase el flujo de aire sobre la espalda del ciclista en la fotografía inicial del capítulo). En un viento bastante intenso, la fuerza de

sustentación que actúa sobre la parte superior de un paraguas abierto puede hacer que éste se doble hacia arriba. También actúa una fuerza de sustentación sobre un automóvil que va a gran velocidad porque el aire se mueve sobre el techo curvo del vehículo. Esa sustentación puede reducir la tracción de los neumáticos, y es por ello que muchos automóviles están equipados con un "spoiler" aerodinámico en la parte trasera. El spoiler se parece a un ala invertida y hace que una fuerza hacia abajo actúe sobre las ruedas traseras.



14.26 Líneas de flujo alrededor de un ala de avión. La cantidad de movimiento de una porción de aire (relativa al ala) es \vec{p}_1 antes de llegar al ala y \vec{p}_2 después.

Ejemplo conceptual 14.12

No es sorprendente que un viento que sopla directamente contra una puerta abierta haga que se cierre de golpe. Utilice el principio de Bernoulli para explicar cómo un viento que sopla *paralelo* a la abertura de una puerta puede hacer que ésta se cierre. (Suponga que la puerta se abre hacia adentro.)

*14.6 | Viscosidad y turbulencia

Al hablar del flujo de fluidos supusimos que el fluido no tenía fricción interna y que el flujo era laminar. Aunque en muchos casos esos supuestos son válidos, en muchas situaciones físicas importantes los efectos de la viscosidad (fricción interna) y la turbulencia (flujo no laminar) son extremadamente importantes. Examinemos someramente algunas de esas situaciones.

Viscosidad

La **viscosidad** es fricción interna en un fluido. Las fuerzas viscosas se oponen al movimiento de una porción de un fluido relativo a otra. La viscosidad hace que cueste algún trabajo remar una canoa en aguas tranquilas, pero también es lo que hace que funcione el remo. Los efectos viscosos son importantes en el flujo de fluidos en las tuberías, en el flujo de la sangre, en la lubricación de las partes de un motor y en muchas otras situaciones.

Los fluidos que fluyen con facilidad, como el agua y la gasolina, tienen menor viscosidad que los líquidos "espesos" como la miel o el aceite para motor. Las viscosidades de todos los fluidos dependen mucho de la temperatura, aumentan para los gases y disminuyen para los líquidos al subir la temperatura (Fig. 14.27). Un objetivo importante en el diseño de aceites para lubricar motores es *reducir* lo más posible la variación de la viscosidad con la temperatura.



14.27 La lava es un ejemplo de fluido viscoso. La viscosidad disminuye al aumentar la temperatura: cuanto más caliente está la lava, más fácilmente fluye.



14.28 Perfil de velocidad para un fluido viscoso en un tubo cilíndrico.

Un fluido viscoso tiende a adherirse a una superficie sólida que está en contacto con ella. Hay una *capa de frontera* delgada de fluido cerca de la superficie, en la que el fluido está casi en reposo respecto a ella. Es por eso que las partículas de polvo pueden adherirse a un aspa de ventilador aun cuando esté girando rápidamente, y a que no podamos limpiar bien un auto con sólo dirigir el chorro de agua de una manguera hacia él.

La viscosidad tiene efectos importantes sobre el flujo de los líquidos a través de tuberías, y esto incluya el flujo de la sangre por el aparato circulatorio. Pensemos primero en un fluido con cero viscosidad, para poder aplicar la ecuación de Bernoulli, ecuación (14.17). Si los dos extremos de un tubo cilíndrico largo están a la misma altura, ($y_1 = y_2$) y la rapidez de flujo es la misma en ambos extremos ($v_1 = v_2$), la ecuación de Bernoulli nos indica que la presión es la misma en ambos extremos. Sin embargo, este resultado simplemente no es válido si tomamos en cuenta la viscosidad. Para ver por qué, considere la figura 14.28, que muestra el perfil de rapidez de flujo para el flujo laminar de un fluido viscoso en un tubo cilíndrico largo. Debido a la viscosidad, la rapidez es *cero* en las paredes del tubo (a las que se adhiere el fluido) y máxima en el centro del tubo. El movimiento semeja muchos tubos concéntricos que se deslizan unos relativos a otros, con el tubo central moviéndose más rápidamente y el más exterior en reposo. Las fuerzas viscosas entre los tubos se oponen a este deslizamiento; si queremos mantener el flujo, deberemos aplicar una mayor presión atrás del flujo que delante de él. Es por ello que necesitamos seguir apretando un tubo de pasta dentífrica o una bolsa de salsa catsup (ambos fluidos viscosos) para que siga saliendo el fluido del envase. Los dedos aplican detrás del flujo una presión mucho mayor que la presión atmosférica al frente del flujo.

La diferencia de presión requerida para sostener una razón dada de flujo de volumen a través de un tubo de pasta cilíndrico de longitud L y radio R resulta ser proporcional a L/R^4 . Si disminuimos R a la mitad, la presión requerida aumenta $2^4 = 16$ veces; si disminuimos R en un factor de 0.90 (una reducción del 10%), la diferencia de presión requerida aumentará en un factor de $(1/0.90)^4 = 1.52$ (un aumento de 52%). Esta sencilla relación explica el vínculo entre una dieta alta en colesterol (que tiende a angostar las arterias) y una presión arterial elevada. Debido a la dependencia R^4 , incluso un estrechamiento pequeño de las arterias puede elevar considerablemente la presión arterial y forzar el músculo cardíaco.

Turbulencia

Si la rapidez de un fluido que fluye excede cierto valor crítico, el flujo deja de ser laminar. El patrón de flujo se vuelve muy irregular y complejo, y cambia continuamente con el tiempo; no hay patrón de estado estable. Este flujo irregular y caótico se denomina **turbulencia**. La figura 14.20 muestra el contraste entre flujo laminar y turbulento para humo que asciende en el aire. La ecuación de Bernoulli *no* es aplicable a regiones de turbulencia, pues el flujo no es estable.

El que un flujo sea laminar o turbulento depende en parte de la viscosidad del fluido. Cuanto mayor es la viscosidad, mayor es la tendencia del fluido a fluir en capas y es más probable que el flujo sea laminar. (Cuando hablamos de la ecuación de Bernoulli en la sección 14.5, supusimos que el flujo era laminar y que el fluido tenía cero viscosidad. De hecho, se requiere *un poco* de viscosidad para asegurar que el flujo sea laminar.)

Para un fluido de cierta viscosidad, la rapidez de flujo es un factor determinante. Un patrón de flujo que es estable a baja velocidad se vuelve inestable de repente cuando se alcanza una rapidez crítica. Las irregularidades en el patrón de flujo pueden deberse a asperezas en la pared del tubo, variaciones en la densidad del fluido y muchos otros factores. Si la rapidez de flujo es baja, estas perturbaciones se eliminan por amortiguación; el patrón de flujo es *estable* y tiende a mantener su

naturaleza laminar. Cuando se alcanza la rapidez crítica, el patrón de flujo se hace inestable; las perturbaciones ya no se amortiguan, sino que crecen hasta destruir el patrón de flujo laminar.

El flujo de sangre normal en la aorta humana es laminar, pero una alteración pequeña, como una patología cardíaca, puede hacer que el flujo se vuelva turbulento. La turbulencia hace ruido; por ello, escuchar el flujo sanguíneo con un estetoscopio es un procedimiento de diagnóstico útil.

Ejemplo conceptual 14.12

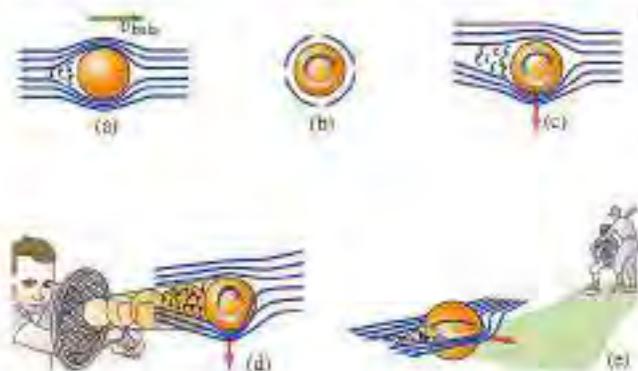
La curva

¿Un lanzamiento de curva en béisbol es *realmente* una curva? Sin duda, y la razón es la turbulencia. La figura 14.29a muestra una bola que se mueve en el aire de izquierda a derecha. Para un observador que se mueve junto con el centro de la bola, la corriente de aire parece moverse de derecha a izquierda, como muestran las líneas de flujo de la figura. Las velocidades suelen ser altas (cerca de 160 km/h), así que hay una región de flujo *turbulento* detrás de la bola.

La figura 14.29b muestra una bola que *gira* con "top spin". Capas de aire cerca de la superficie de la bola son llevadas en la dirección del giro por la fricción entre la bola y el aire y por la fricción interna (viscosidad) del aire. La rapidez del aire relativa a la superficie de la bola se hace menor en la parte de arriba de la bola que en la parte de abajo, y la turbulencia se presenta más hacia adelante en el lado de arriba que en el de abajo. Esta asimetría causa una diferencia de presión; la presión media en la parte de arriba de la bola

es ahora mayor que abajo. La fuerza neta desvía la bola hacia abajo, como se muestra en la figura 14.29c. Es por esto que se usa el "top spin" en tenis para evitar que un servicio rápido se salga de la cancha (Fig. 14.29d). En un lanzamiento de curva en béisbol, la bola gira alrededor de un eje casi vertical, y la desviación real es a un lado. En un caso así, la figura 14.29c es una vista *superior* de la situación. Una curva lanzada por un lanzador zardo se curva *hacia* un bateador derecho, y es más difícil golpearla (Fig. 14.29e).

Un efecto similar se da con las pelotas de golf, que siempre tienen "giro hacia atrás" por el impacto con la cara inclinada del palo. La diferencia de presión resultante entre la parte de arriba y de abajo de la bola causa una fuerza de sustentación que mantiene la bola en el aire mucho más tiempo del que sería posible sin el giro. Un golpe fuerte bien dado parece hacer que la bola "flote" o incluso se curve *hacia arriba* durante la porción inicial del vuelo. Éste es un efecto real, no una ilusión. Los hoyuelos de la pelota desempeñan un papel fundamental; la viscosidad del aire hace que una bola sin hoyuelos tenga una trayectoria mucho más corta que una con hoyuelos con la misma velocidad y giro iniciales. La figura 14.30 muestra el giro de una pelota de golf justo después de ser golpeada por un palo.



14.29 El movimiento del aire de derecha a izquierda, relativo a la bola, corresponde al movimiento de una bola por aire inmóvil de izquierda a derecha. (a) Una bola que no gira tiene una región de turbulencia simétrica atrás. (b) Una bola que gira arrastra capas de aire cerca de su superficie. (c) La región de turbulencia asimétrica resultante y la desviación de la corriente de aire por la bola giratoria. La fuerza que se muestra es la que la corriente de aire ejerce sobre la bola; empuja la bola en la dirección de la velocidad tangencial del frente de la bola. La fuerza puede (d) empujar una bola de tenis hacia abajo o (e) curvar una bola de béisbol.



14.30 Fotografía estroboscópica de una pelota de golf golpeada por un palo. La imagen se tomó a 1000 destellos por segundo. La bola gira aproximadamente una vez cada ocho imágenes, lo que corresponde a una rapidez angular de 125 rev/s, o 7500 rpm.

¿Cuánta más presión deberá aplicar una enfermera con el pulgar para administrar una inyección con una aguja hipodérmica de diámetro interno de 0.40 mm, en comparación con una aguja con diámetro interno de 0.55 mm? Suponga que las dos agujas tienen la misma longitud y que la razón de flujo de volumen es la misma en ambos casos.

RESUMEN

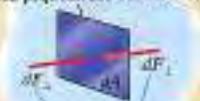
Densidad es masa por unidad de volumen. Si una masa m de material homogéneo tiene un volumen V , su densidad ρ es el cociente m/V . La gravedad específica es la relación entre la densidad de un material y la del agua. (Véase el ejemplo 14.1.)

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (14.1)$$

Presión es fuerza normal por unidad de área. La ley de Pascal establece que la presión aplicada a la superficie de un fluido encerrado se transmite sin disminución a todas las porciones del fluido. La presión absoluta es la presión total en un fluido; la presión manométrica es la diferencia entre la presión absoluta y la atmosférica. La unidad SI de presión es el pascal (Pa): $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$. (Véase el ejemplo 14.2.)

$$p = \frac{dF_{\perp}}{dA} \quad (14.2)$$

Área pequeña dA dentro del fluido



Fuerzas normales iguales ejercidas sobre ambos lados por el fluido circundante.

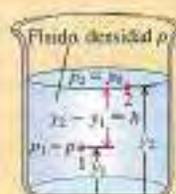
La diferencia de presión entre dos puntos 1 y 2 en un fluido estático con densidad uniforme ρ (un fluido incompresible) es proporcional a la diferencia entre las alturas y_1 y y_2 . Si la presión en la superficie de un líquido incompresible en reposo es p_0 , la presión a una profundidad h es mayor en una cantidad ρgh . (Véanse los ejemplos 14.3 y 14.4.)

$$p_2 - p_1 = -\rho g(y_2 - y_1) \quad (14.5)$$

(presión en un fluido de densidad uniforme)

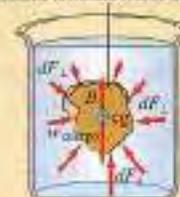
$$p = p_0 + \rho gh \quad (14.6)$$

(presión en un fluido de densidad uniforme)

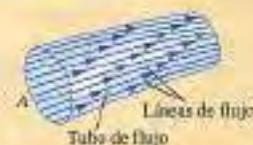


El principio de Arquímedes dice que, si un cuerpo se sumerge en un fluido, éste ejerce sobre él una fuerza de flotación hacia arriba igual al peso del fluido que el cuerpo desplaza. (Véanse los ejemplos 14.5 y 14.6.)

Fluido isotanzado por un cuerpo de forma esférica experimenta la misma fuerza de flotación



Un fluido ideal es incompresible y no tiene viscosidad (no hay fricción interna). Una línea de flujo es la trayectoria de una partícula de fluido; una línea de corriente es una curva tangente en todo punto al vector de velocidad en ese punto. Un tubo de flujo es un tubo delimitado en sus costados por líneas de flujo. En flujo laminar, las capas de fluido se deslizan suavemente unas sobre otras. En flujo turbulento, hay gran desorden y el patrón de flujo cambia constantemente.



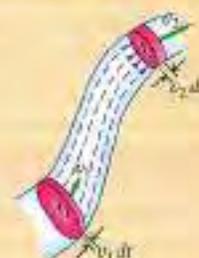
La conservación de la masa en un fluido incompresible se expresa con la ecuación de continuidad, que relaciona las rapidez de flujo v_1 y v_2 para dos secciones transversales A_1 y A_2 de un tubo de flujo. El producto Av es la razón de flujo de volumen, dV/dt , la rapidez con que el volumen cruza una sección del tubo. (Véase el ejemplo 14.7.)

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 \quad (14.10)$$

(ecuación de continuidad, fluido incompresible)

$$\frac{dV}{dt} = Av \quad (14.11)$$

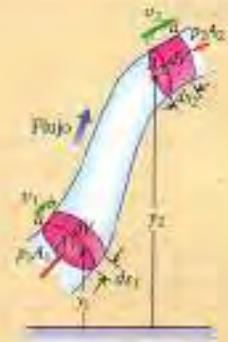
(razón de flujo de volumen)



La ecuación de Bernoulli relaciona la presión p , la rapidez de flujo v y la altura y de dos puntos 1 y 2 cualesquiera, suponiendo flujo estable en un fluido ideal. (Véanse los ejemplos 14.8 a 14.11.)

$$p_1 + \rho gy_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 = p_2 + \rho gy_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2$$

(ecuación de Bernoulli) (14.17)



Términos clave

barómetro de mercurio, 521
 densidad, 515
 dinámica de fluidos, 515
 ecuación de Bernoulli, 530
 ecuación de continuidad, 527
 estática de fluidos, 515
 flotación, 523
 fluido ideal, 526
 flujo estable, 526

flujo laminar, 527
 flujo turbulento, 527
 fuerza de flotación, 523
 gravedad específica, 516
 ley de Pascal, 520
 línea de corriente, 526
 línea de flujo, 526
 pascal, 518
 presión, 517

presión absoluta, 520
 presión atmosférica, 518
 presión manométrica, 520
 principio de Arquímedes, 523
 tensión superficial, 525
 tubo de flujo, 526
 turbulencia, 534
 viscosidad, 526
 viscosidad, 533

Notas del lector

Respuesta a la pregunta inicial del capítulo

El aire mantiene casi la misma densidad al pasar por semejante constricción, así que puede aplicarse la ecuación de continuidad para un fluido incompresible [ecuación (14.10)]. Una constricción corresponde a un área de sección transversal reducida, así que la rapidez v debe aumentar.

Respuestas a las preguntas de Evalúe su comprensión

Sección 14.1 Por la tabla 14.1, la densidad del platino es 21.4 veces la del agua ($21.4 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ contra $1.00 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$). Por la ecuación (14.1), el volumen y la densidad son inversamente proporcionales, así que la misma masa de agua tiene 21.4 veces el volumen que el platino, o sea, 21.4 m^3 . La longitud de cada lado del cubo sería $\sqrt[3]{21.4 \text{ m}^3} = 2.78 \text{ m}$.

Sección 14.2 Por la ecuación (14.9), la presión exterior es igual al producto ρgh . La densidad ρ decrece, mientras que la altura h de la columna de mercurio no cambia; por tanto, la presión debe ser menor afuera que dentro del refrigerador.

Sección 14.3 El objeto desplaza dos tercios de su volumen V , así que la fuerza de flotación hacia arriba es $B = \frac{2}{3}\rho_{\text{agua}}Vg$. El objeto está en equilibrio, así que B es igual al peso del objeto, $\rho_{\text{objeto}}Vg$. Por tanto, $\rho_{\text{objeto}} = \frac{2}{3}\rho_{\text{agua}}$. Éste es un ejemplo de una regla general: si un objeto flota en un líquido con una fracción x de su volumen sumergida, la densidad media del objeto es x veces la densidad del líquido.

Sección 14.4 Dado que el aire es casi incompresible, la razón de flujo de volumen del aire es prácticamente constante. Cuando sopla aire a través de una constricción, como un paso montañoso, su rapidez aumenta para mantener constante la razón de flujo de volumen.

Sección 14.5 Por la ecuación de Bernoulli, un aumento en la rapidez de flujo v corresponde a una disminución en la presión del aire p . La presión reducida del aire en el lado "exterior" de la puerta hace que la puerta oscile hacia ese lado, cerrándose.

Sección 14.6 La presión requerida es proporcional a $1/R^4$. Con la aguja de menor diámetro, la presión es mayor en un factor de $[(0.55 \text{ mm})/(0.40 \text{ mm})]^4 = 3.6$.

Preguntas para análisis

P14.1 Si el peso de un cuarto lleno de agua es tan grande (ejemplo 14.1, sección 14.1), ¿por qué no se colapsa el piso de las casas con sótano cuando se inundan hasta el techo del sótano?

P14.2 Una manguera de hule se conecta a un embudo y el extremo libre se dobla hacia arriba. Si se vierte agua en el embudo, sube al mismo nivel en la manguera que en el embudo, a pesar de que éste tiene mucha más agua. ¿Por qué?

P14.3 Si compara los ejemplos 14.1 y 14.2 de las secciones 14.1 y 14.2, parece que 700 N de aire ejercen una fuerza hacia abajo de $2.0 \times 10^3 \text{ N}$ sobre el piso. ¿Cómo es posible?

P14.4 La ecuación (14.7) muestra que una relación de área de 100 a 1 puede dar 100 veces más fuerza de salida que de entrada. ¿No viola esto la conservación de la energía? Explique.

P14.5 Tal vez haya notado que, cuanto menor es la presión de un neumático, mayor es el área de contacto entre él y el pavimento. ¿Por qué?

P14.6 Un globo de aire caliente se llena con aire calentado por un quemador en la base. ¿Por qué debe calentarse el aire? ¿Cómo se controla el ascenso y el descenso?

P14.7 Al describir el tamaño de un barco grande, se dice por ejemplo, "desplaza 20,000 toneladas". ¿Qué significa esto? ¿Se puede obtener de este dato el peso del barco?

P14.8 Se deja caer una esfera sólida de aluminio en un cubo de agua que descansa en el suelo. La fuerza de flotación es igual al peso del agua desplazada, que es menor que el peso de la esfera, así que ésta se hunde. Si llevamos el cubo a un elevador que acelera hacia arriba, el peso aparente del agua aumenta y, por tanto, aumenta la fuerza de flotación que actúa sobre la esfera. ¿La aceleración del elevador podría ser tan grande que haga que la esfera flote en el agua? Explique.

P14.9 Un dirigible rígido más ligero que el aire, lleno de helio, no puede elevarse indefinidamente. ¿Por qué no? ¿Qué determina la altitud máxima alcanzable?

P14.10 La presión del aire disminuye al aumentar la altitud. ¿Por qué entonces el aire cerca de la superficie no es succionado continuamente hacia las regiones altas que están a baja presión?

P14.11 Puede probarse la pureza del oro pesándolo en aire y en agua. ¿Cómo? ¿Cree que podría hacer pasar por oro un lingote de material más barato chapado con oro?

P14.12 Durante la gran inundación del río Mississippi de 1993, los diques en San Luis tendían a romperse primero en la base. ¿Por qué?

P14.13 Un barco carguero viaja del Atlántico (agua salada) al lago Ontario (agua dulce) por el río San Lorenzo. El barco se sume varios centímetros más en el agua del lago que en el océano. Explique por qué.

P14.14 Un submarino es más compresible que el agua. ¿Cómo puede entonces un submarino rodeado completamente por agua estar sólo en equilibrio inestable?

P14.15 Una vieja pregunta reza así: "¿Qué pesa más, una libra de plumas o una de plomo?" Si el peso en libras es la fuerza gravitacional, ¿una libra de plumas equilibrará una libra de plomo en charolas opuestas de una balanza de brazos iguales? Explique, considerando las fuerzas de flotación.

P14.16 Suponga que la puerta de un cuarto embona herméticamente, pero sin fricción en su marco. ¿Cree que podría abrir la puerta si la presión del aire en un lado fuera la presión atmosférica estándar y en el otro difiriera en un 1%? Explique.

P14.17 Un globo es menos compresible que el aire. ¿Cómo es que hay una altura en la que un globo inflado con helio está en equilibrio estable?

P14.18 Un trozo de hierro está pegado encima de un bloque de madera. Si éste se coloca en una cubeta de agua con el hierro arriba, flota. Ahora se voltea el bloque para que el hierro quede sumergido bajo el bloque. ¿El bloque flotará o se hundirá? ¿El nivel de agua en la cubeta subirá, bajará o no cambiará? Explique.

P14.19 Se toma una jarra de vidrio vacía y se mete en un tanque de agua con la boca hacia abajo, atrapando el aire dentro de la jarra. Si mete más la jarra en el agua, ¿cambia la fuerza de flotación que ac-

¿sobre la jarrá? Si lo hace, ¿aumenta o disminuye? Justifique su respuesta.

P14.20 Imagine que flota en una canoa en el centro de una alberca. Una amiga está en la orilla, tomando nota del nivel exacto del agua en la pared de la alberca. Usted lleva consigo en la canoa una bola de bofiche, la cual deja caer cuidadosamente por la borda. La bola se hunde hasta el fondo de la alberca. ¿El nivel de agua en la alberca sube o baja?

P14.21 Imagine que flota en una canoa en el centro de una alberca. Un ave grande llega volando y se posa en su hombro. ¿El nivel de agua en la alberca sube o baja?

P14.22 Imagine que está nadando en una alberca y se encarama en una bolsa inflable de plástico que está flotando en el agua. Si usted está totalmente fuera del agua cuando está arriba de la bolsa, ¿el nivel de agua en la alberca sube o baja cuando usted se sube a la bolsa?

P14.23 Un cubo de hielo flota en un vaso de agua. Al derretirse el hielo, ¿el nivel de agua en el vaso subirá, bajará o no cambiará? Explique.

P14.24 Le dicen que "la ecuación de Bernoulli nos dice que, donde la rapidez del fluido es más alta, su presión es más baja, y viceversa". ¿Es verdad siempre esa afirmación, incluso en el caso de un fluido idealizado? Explique.

P14.25 Si en un fluido en flujo estable la velocidad en cada punto es constante, ¿cómo puede acelerar una partícula de fluido?

P14.26 En una exhibición de escapearte, una pelota de ping-pong está suspendida en un chorro de aire expulsado por la mangueta de salida de una aspiradora de tanque. La pelota se mueve un poco pero siempre regresa al centro del chorro, aunque éste no esté vertical. ¿Cómo ilustra este comportamiento la ecuación de Bernoulli?

P14.27 Un tornado consiste en un vórtice de aire que gira rápidamente. ¿Por qué es la presión mucho más baja en el centro que afuera? ¿Cómo explica esto la potencia destructiva de un tornado?

P14.28 Los aeropuertos a gran altitud tienen pistas más largas para los despegues y aterrizajes, que los aeropuertos que están al nivel del mar. Un motivo es que los motores de los aviones desarrollan menos potencia en el aire enrarecido. Cite otro motivo.

P14.29 Cuando un chorro de agua fluye suavemente de un grifo, se angosta al caer. Explique este fenómeno.

Ejercicios

Sección 14.1 Densidad

14.1 En un trabajo de medio tiempo, un supervisor le pide traer del almacén una varilla cilíndrica de acero de 85.8 cm de longitud y 2.85 cm de diámetro. ¿Necesitará usted un carrito? (Para contestar, calcule el peso de la varilla.)

14.2 El radio de la Luna es de 1740 km; su masa es de 7.35×10^{22} kg. Calcule su densidad media.

14.3 Imagine que compra una pieza rectangular de metal de $5.0 \times 15.0 \times 30.0$ mm y masa de 0.0158 kg. El vendedor le dice que es de oro. Para verificarlo, usted calcula la densidad media de la pieza. ¿Qué valor obtiene? ¿Fue una estafa?

14.4 Un secuestrador exige un cubo de platino de 40.0 kg como rescate. ¿Cuánto mide por lado?

14.5 Una esfera uniforme de plomo y una de aluminio tienen la misma masa. ¿Qué relación hay entre el radio de la esfera de aluminio y el de la esfera de plomo?

14.6 a) Calcule la densidad media del Sol. b) Calcule la densidad media de una estrella de neutrones que tiene la misma masa que el Sol pero un radio de sólo 20.0 km.

Sección 14.2 Presión en un fluido

14.7 ¿A qué profundidad del mar hay una presión manométrica de 1.00×10^5 Pa?

14.8 En la alimentación intravenosa, se inserta una aguja en una vena del brazo del paciente y se conecta un tubo entre la aguja y un depósito de fluido (densidad 1050 kg/m^3) que está a una altura h sobre el brazo. El depósito está abierto a la atmósfera por arriba. Si la presión manométrica dentro de la vena es de 5980 Pa, ¿qué valor mínimo de h permite que entre fluido en la vena? Suponga que el diámetro de la aguja es lo bastante grande como para despreciar la viscosidad (sección 14.6) del fluido.

14.9 Un barril contiene una capa de aceite (densidad de 690 kg/m^3) de 0.120 m sobre 0.250 m de agua. a) ¿Qué presión manométrica hay en la interfaz aceite-agua? b) ¿Qué presión manométrica hay en el fondo del barril?

14.10 Una vagoneta vacía pesa 16.5 kN. Cada neumático tiene una presión manométrica de 205 kPa (29.7 lb/pulg²). a) Calcule el área de contacto total de los neumáticos con el suelo. (Suponga que las paredes del neumático son flexibles de modo que la presión ejercida por el neumático sobre el suelo es igual a la presión de aire en su interior.) b) Con la misma presión en los neumáticos, calcule el área después de que el auto se carga con 9.1 kN de pasajeros y carga.

14.11 Se está diseñando una campana de buceo que resista la presión del mar a 250 m de profundidad. a) ¿Cuánto vale la presión manométrica a esa profundidad? (Desprecie el cambio en la densidad del agua con la profundidad.) b) A esta profundidad, ¿qué fuerza neta ejercen el agua exterior y el aire interior sobre una ventanilla circular de 30.0 cm de diámetro si la presión dentro de la campana es la que hay en la superficie del agua? (Desprecie la pequeña variación de presión sobre la superficie de la ventanilla.)

14.12 ¿Qué presión manométrica (en Pa y atm) debe producir una bomba para subir agua del fondo del Gran Cañón (elevación 730 m) a Indian Gardens (elevación 1370 m)?

14.13 El líquido del manómetro de tubo abierto de la figura 14.8a es mercurio, $y_1 = 3.00$ cm y $y_2 = 7.00$ cm. La presión atmosférica es de 980 milibares. a) ¿Qué presión absoluta hay en la base del tubo en U? b) ¿Y en el tubo abierto 4.00 cm abajo de la superficie libre? c) ¿Qué presión absoluta tiene el aire del tanque? d) ¿Qué presión manométrica tiene el gas en pascuales?

14.14 Hay una profundidad máxima a la que un buzo puede respirar por un "snorkel" (Fig. 14.31) pues, al aumentar la profundidad, aumenta la diferencia de presión que tiende a colapsar los pulmones del buzo. Dado que el snorkel conecta los pulmones con la atmósfera, la presión en ellos es la atmosférica. Calcule la diferencia de presión interna-externa cuando los pulmones del buzo están a 6.1 m de profundidad. Suponga que el buzo está en agua dulce. (Un buzo que respira el aire comprimido de un tanque puede operar a mayores profundidades que uno que usa snorkel, porque la presión del

aire dentro de los pulmones aumenta hasta equilibrar la presión externa del agua.)

14.15 Un cilindro alto con área transversal de 12.0 cm^2 se llenó parcialmente con mercurio hasta una altura de 5.00 cm . Se vierte lentamente agua sobre el mercurio (los dos líquidos no se mezclan). ¿Qué volumen de agua deberá añadirse para aumentar al doble la presión manométrica en la base del cilindro?

14.16 Un recipiente cerrado se llena parcialmente con agua. En un principio, el aire arriba del agua está a presión atmosférica ($1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$) y la presión manométrica en la base del recipiente es de 2500 Pa . Después, se bombea aire adicional al interior, aumentando la presión del aire sobre el agua en 1500 Pa . a) Calcule la nueva presión manométrica en el fondo. b) ¿Cuánto deberá reducirse el nivel del agua en el recipiente (extrayendo agua a través de una válvula en el fondo) para que la presión manométrica en el fondo vuelva a ser de 2500 Pa ? La presión del aire sobre el agua se mantiene a 1500 Pa sobre la presión atmosférica.

14.17 Un corto deja sin electricidad a un submarino que está 30 m bajo la superficie del mar. Para escapar, la tripulación debe empujar hacia afuera una escotilla en el fondo que tiene un área de 0.75 m^2 y pesa 300 N . Si la presión interior es de 1.0 atm , ¿qué fuerza hacia abajo se debe ejercer sobre la escotilla para abrirla?

14.18 Imagine que le encargan diseñar un tanque de agua cilíndrico presurizado para una futura colonia en Marte, donde la aceleración debida a la gravedad es de 3.71 m/s^2 . La presión en la superficie del agua será de 130 kPa , y la profundidad del agua será de 14.2 m . La presión del aire en la construcción afuera del tanque será de 93 kPa . Calcule la fuerza neta hacia abajo que el agua y el aire interior y el aire exterior ejercen sobre la base plana del tanque (área = 2.00 m^2).

14.19 Un tanque ahogado presurizado para un cohete contiene 0.250 m^3 de queroseno, con una masa de 205 kg . La presión en la superficie del queroseno es de $2.01 \times 10^5 \text{ Pa}$. El queroseno ejerce una fuerza de 16.4 kN sobre el fondo del tanque, cuyo área es de 0.0700 m^2 . Calcule la profundidad del queroseno.

14.20 El pistón de un elevador hidráulico para autos tiene 0.30 m de diámetro. ¿Qué presión manométrica, en pascals y en atm, se requiere para levantar un auto de 1200 kg ?

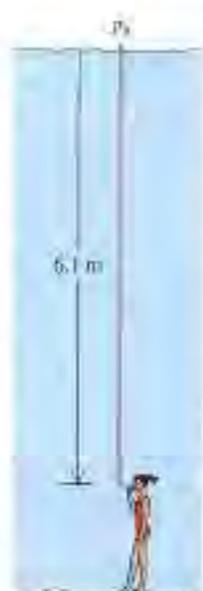


Figura 14.31 Ejercicio 14.14.

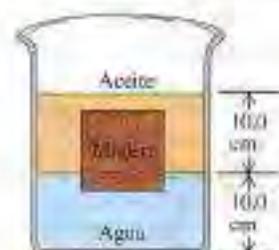


Figura 14.32 Ejercicio 14.25.

14.23 Un objeto con densidad media ρ flota sobre un fluido de densidad ρ_{fluido} . a) ¿Qué relación debe haber entre las dos densidades? b) A la luz de su respuesta a la parte (a), ¿cómo pueden flotar barcos de acero en el agua? c) En términos de ρ y ρ_{fluido} , ¿qué fracción del objeto está sumergida y qué fracción está sobre el fluido? Verifique que sus respuestas den el comportamiento correcto en el límite donde $\rho \rightarrow \rho_{\text{fluido}}$ y donde $\rho \rightarrow 0$. d) Durante un paseo en yate, su primo Tito recorta una pieza rectangular (dimensiones: $5.0 \times 4.0 \times 3.0 \text{ cm}$) de un salvavidas y la tira al mar, donde flota. La masa de la pieza es de 42 g . ¿Qué porcentaje de su volumen está sobre la superficie?

14.24 Un cable anclado al fondo de un lago de agua dulce sostiene una esfera hueca de plástico bajo la superficie. El volumen de la esfera es de 0.650 m^3 y la tensión en el cable es de 900 N . a) Calcule la fuerza de flotación ejercida por el agua sobre la esfera. b) ¿Qué masa tiene la esfera? c) El cable se rompe y la esfera sube a la superficie. En equilibrio, ¿qué fracción del volumen de la esfera estará sumergida?

14.25 Un bloque cúbico de madera de 10.0 cm por lado flota en la interfaz entre aceite y agua con su superficie inferior 1.50 cm bajo la interfaz (Fig. 14.32). La densidad del aceite es de 790 kg/m^3 . a) ¿Qué presión manométrica hay en la superficie de arriba del bloque? b) ¿Y en la cara inferior? c) ¿Qué masa y densidad tiene el bloque?

14.26 Un lingote de aluminio sólido pesa 89 N en el aire. a) ¿Qué volumen tiene? b) El lingote se cuelga de una cuerda y se sumerge por completo en agua. ¿Qué tensión hay en la cuerda (el peso aparente del lingote en agua)?

14.27 Dos bloques cúbicos idénticos en tamaño y forma se cuelgan de hilos y se sumergen totalmente en una alberca. El bloque A es de aluminio; su cara superior está 0.5 m bajo la superficie del agua. El bloque B es de latón; su cara superior está 1.5 bajo la superficie del agua. Indique si las siguientes cantidades tienen un valor mayor para el bloque A o para el bloque B, o si son iguales: a) la presión del agua sobre la cara superior del bloque; b) la fuerza de flotación ejercida por el agua sobre el bloque; c) la tensión en el hilo del que cuelga el bloque.

14.28 Una roca cuelga de un hilo ligero. Cuando está en el aire, la tensión en el hilo es de 39.2 N . Cuando está totalmente sumergida en agua, la tensión es de 28.4 N . Cuando está totalmente sumergida en un líquido desconocido, la tensión es de 18.6 N . Determine la densidad del líquido desconocido.

Sección 14.4 Flujo de fluidos

14.29 Una regadera tiene 20 agujeros circulares cuyo radio es de 1.00 mm . La regadera está conectada a un tubo de 0.80 cm de radio. Si la rapidez del agua en el tubo es de 3.0 m/s , ¿con qué rapidez saldrá de los agujeros de la regadera?

14.30 Fluye agua por un tubo de sección transversal variable, llenándolo en todos sus puntos. En el punto 1, el área transversal del tubo es de 0.070 m^2 , y la rapidez del fluido es de 3.50 m/s . a) ¿Qué rapidez tiene el fluido en puntos donde el área transversal es de \bar{r}

0.105 m²? ii) ¿0.047 m²? b) Calcule el volumen de agua descargada del extremo abierto del tubo en 1.00 h.

14.31 Fluye agua por un tubo circular de sección transversal variable, llenándolo en todos sus puntos. a) En un punto, el radio del tubo es de 0.150 m. ¿Qué rapidez tiene el agua en este punto si la razón de flujo de volumen en el tubo es de 1.20 m³/s? b) En otro punto, la rapidez del agua es de 3.80 m/s. ¿Qué radio tiene el tubo en este punto?

14.32 a) Deduzca la ecuación (14.12). b) Si la densidad aumenta en un 1.50% del punto 1 al 2, ¿qué sucede con la razón de flujo de volumen?

Sección 14.5 Ecuación de Bernoulli

14.33 Un tanque sellado que contiene agua de mar hasta una altura de 11.0 m contiene también aire sobre el agua a una presión manométrica de 3.00 atm. Sale agua del tanque a través de un agujero pequeño en el fondo. Calcule la rapidez de salida del agua.

14.34 Se corta un agujero circular de 6.00 mm de diámetro en el costado de un tanque de agua grande. 14.0 m debajo del nivel del agua en el tanque. El tanque está abierto al aire por arriba. Calcule a) la rapidez de salida; b) el volumen descargado por unidad de tiempo.

14.35 ¿Qué presión manométrica se requiere en una toma municipal de agua para que el chorro de una manguera de bomberos conectada a ella alcance una altura vertical de 15.0 m? (Suponga que la toma tiene un diámetro mucho mayor que la manguera.)

14.36 En un punto de una tubería, la rapidez del agua es de 3.00 m/s y la presión manométrica es de 5.00×10^4 Pa. Calcule la presión manométrica en otro punto de la tubería, 1.0 m más abajo, si el diámetro del tubo ahí es el doble que en el primer punto.

14.37 Sustentación en un avión. El aire fluye horizontalmente por las alas de una avioneta de modo que su rapidez es de 70.0 m/s arriba del ala y 60.0 m/s debajo. Si la avioneta tiene una masa de 1340 kg y un área de alas de 16.2 m², ¿qué fuerza vertical neta (incluida la gravedad) actúa sobre la nave? La densidad del aire es de 1.20 kg/m³.

14.38 Una bebida no alcohólica (principalmente agua) fluye por una tubería de una planta embotelladora con una razón de flujo de masa que llenaría 220 latas de 0.355 L por minuto. En el punto 2 del tubo, la presión manométrica es de 152 kPa y el área transversal es de 8.00 cm². En el punto 1, 1.35 m arriba del punto 2, el área transversal es de 2.00 cm². Calcule a) la razón de flujo de masa; b) la razón de flujo de volumen; c) la rapidez de flujo en los puntos 1 y 2; d) la presión manométrica en el punto 1.

14.39 Se descarga agua de un tubo horizontal cilíndrico a razón de 465 cm³/s. En un punto del tubo donde el radio es de 2.05 cm, la presión absoluta es de 1.60×10^5 Pa. ¿Qué radio tiene una constricción del tubo donde la presión se reduce a 1.20×10^5 Pa?

14.40 En cierto punto de una tubería horizontal, la rapidez del agua es de 2.50 m/s y la presión manométrica es de 1.80×10^4 Pa. Calcule la presión manométrica en un segundo punto donde el área transversal es el doble que en el primero.

14.41 Un sistema de riego de un campo de golf descarga agua de un tubo horizontal a razón de 7200 cm³/s. En un punto del tubo, donde el radio es de 4.00 cm, la presión absoluta del agua es de 2.40×10^5 Pa. En un segundo punto del tubo, el agua pasa por una constricción cuyo radio es de 2.00 cm. ¿Qué presión absoluta tiene el agua al salir por esa constricción?

Problemas

14.42 En una demostración en la clase, una profesora separa con facilidad dos cascos hemisféricos de acero (diámetro D) usando las asas con las que están provistos. Luego los une, extrae el aire hasta una presión absoluta p , y se los da a un fisicoculturista que está sentado en la última fila del salón para que los separe. a) Si la presión atmosférica es p_0 , ¿qué fuerza deberá ejercer el fisicoculturista sobre cada casco? b) Evalúe su respuesta para el caso en que $p = 0.025$ atm y $D = 10.0$ cm.

14.43 El punto más profundo conocido de los océanos es la Fosa de las Marianas, con una profundidad de 10.92 km. a) Suponiendo que el agua es incompresible, ¿qué presión hay a esa profundidad? Use la densidad del agua de mar. b) La presión real es de 1.16×10^8 Pa; su valor calculado será menor porque la densidad sí varía con la profundidad. Usando la compresibilidad del agua y la presión real, calcule la densidad del agua en el fondo de la fosa. ¿Qué porcentaje de cambio experimenta la densidad?

14.44 Una piscina mide 5.0 m de longitud y 4.0 m de anchura, y tiene 3.0 m de fondo. Calcule la fuerza ejercida por el agua contra a) el fondo; b) cualquier pared. (Sugerencia: Calcule la fuerza que actúa sobre una tira horizontal delgada a una profundidad h , e integre a lo alto del extremo de la piscina.) No incluya la fuerza debida a la presión del aire.

14.45 El borde superior de una compuerta en una presa está al nivel de la superficie del agua. La compuerta tiene 2.00 m de altura y 4.00 m de anchura, y pivota sobre una línea horizontal que pasa por su centro (Fig. 14.33). Calcule el momento de torsión



Figura 14.33 Problema 14.45.

en torno al pivote causado por el agua. (Sugerencia: Use un procedimiento similar al del problema 14.44; calcule el momento de torsión de una tira horizontal delgada a una profundidad h e integre a lo alto de la compuerta.)

14.46 Fuerza y momento de torsión sobre una presa. Una presa tiene forma de sólido rectangular. El lado que da al lago tiene área A y altura H . La superficie del lago de agua dulce detrás de la presa llega al borde superior de la presa. a) Demuestre que la fuerza horizontal neta ejercida por el agua sobre la presa es $\frac{1}{2}\rho g H A$, es decir, la presión manométrica media sobre la cara de la presa multiplicada por el área. (véase el problema 14.44.) b) Demuestre que el momento de torsión ejercido por el agua alrededor de un eje que corre a lo largo de la base de la presa es $\rho g H^2 A/6$. c) ¿Cómo dependen la fuerza y el momento de torsión del tamaño del lago?

14.47 Un astronauta está parado en el polo norte de un planeta esféricamente simétrico recién descubierto, cuyo radio es R . En las manos, sostiene un recipiente lleno con un líquido de masa m y volumen V . En la superficie del líquido, la presión es p_0 ; a una profundidad h bajo la superficie, la presión tiene un valor más grande p . Determine la masa del planeta con esta información.

14.48 Para obtener la densidad en un punto dado dentro de un material, considere un volumen pequeño dV centrado en ese punto. Si la masa dentro de ese volumen es dm , la densidad en ese punto es

$\rho = dm/dV$. Considere una varilla cilíndrica de masa M , radio R y longitud L , con una densidad proporcional al cuadrado de la distancia a un extremo, $\rho = Cx^2$. a) Demuestre que $C = 3M/\pi R^2 L^2$. b) Demuestre que la densidad media, dada por la ecuación (14.1), es un tercio de la densidad en el extremo $x = L$.

14.49 La Tierra no tiene densidad uniforme; es más densa en el centro y menos en la superficie. Una aproximación a su densidad es $\rho(r) = A - Br$, donde $A = 12,700 \text{ kg/m}^3$ y $B = 1,50 \times 10^{-2} \text{ kg/m}^4$. Use $R = 6,37 \times 10^6 \text{ m}$ para el radio de la Tierra aproximada como una esfera. a) Los indicios geológicos sugieren que las densidades son $13,100 \text{ kg/m}^3$ en el centro y 2400 kg/m^3 en la superficie. ¿Qué valores da el modelo de aproximación lineal para las densidades en estos lugares? b) Imagine que divide la Tierra en capas esféricas concéntricas. Cada capa tiene radio r , espesor dr , volumen $dV = 4\pi r^2 dr$ y masa $dm = \rho(r) dV$. Integrando de $r = 0$ a $r = R$, demuestre que la masa de la Tierra en este modelo es $M = \frac{1}{3}\pi R^3(A - \frac{3}{2}BR)$. c) Demuestre que los valores dados para A y B dan la masa de la Tierra con un error de menos de 0.4%. d) En la sección 12.6 vimos que un caso esférico uniforme no contribuye a g en su interior. Demuestre que $g(r) = \frac{4}{3}\pi Gr(A - \frac{3}{2}Br)$ dentro de la Tierra en este modelo. e) Verifique que la expresión de la parte (d) da $g = 0$ en el centro de la Tierra y $g = 9.85 \text{ m/s}^2$ en la superficie. f) Demuestre que, en este modelo, g no disminuye uniformemente con la profundidad, sino que tiene un máximo de $4\pi GA^2/9B = 10.01 \text{ m/s}^2$ en $r = 2A/3B = 5640 \text{ km}$.

14.50 En el ejemplo 12.10 (sección 12.6) vimos que, dentro de un planeta con densidad uniforme (supuesto poco realista para la Tierra), la aceleración debida a la gravedad aumenta uniformemente con la distancia al centro. Es decir, $g(r) = g_s r/R$, donde g_s es la aceleración debida a la gravedad en la superficie, r es la distancia al centro del planeta y R es el radio del planeta. El interior del planeta puede tratarse aproximadamente como fluido incompresible con densidad ρ . a) Sustituya la altura y de la ecuación (14.4) por la coordenada radial r e integre para determinar la presión dentro de un planeta uniforme en función de r . Sea cero la presión en la superficie. (Esto implica despreciar la presión de la atmósfera.) b) Usando este modelo, calcule la presión en el centro de la Tierra. (Use un valor de ρ igual a la densidad media de la Tierra, calculada con la masa y el radio dados en el apéndice F.) c) Los geólogos estiman que la presión en el centro de la Tierra es de aproximadamente $4 \times 10^{11} \text{ Pa}$. ¿Concuerda esto con su cálculo para la presión en $r = 0$? ¿Qué podría explicar las diferencias, si las hay?

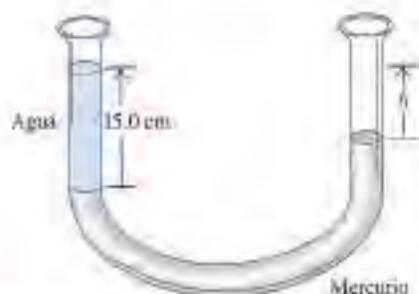


Figura 14.34 Problema 14.51.

14.51 Un tubo en forma de U abierto por ambos extremos contiene un poco de mercurio. Se vierte con cuidado un poco de agua en el brazo izquierdo del tubo hasta que la altura de la columna de agua es de 15.0 cm (Fig. 14.34). a) Calcule la presión manométrica en la interfaz agua-mercurio. b) Calcule la distancia vertical h entre la superficie del mercurio en el brazo derecho del tubo y la superficie del agua en el brazo izquierdo.

14.52 La gran inundación de melaza. En la tarde del 15 de enero de 1919, un día inusualmente cálido en Boston, se rompió un tanque metálico cilíndrico de 27.4 m de altura y 27.4 m de diámetro usado para almacenar melaza. La melaza fluyó por las calles en una corriente de 9 m de profundidad, matando peatones y caballos y tirando edificios. La melaza tenía una densidad de 1600 kg/m^3 . Si el tanque estaba lleno antes del accidente, ¿qué fuerza total ejerció la melaza contra los costados? (Sugerencia: Considere la fuerza hacia afuera que actúa sobre un anillo de la pared del tanque de anchura dy a una profundidad y bajo la superficie. Integre para calcular la fuerza total hacia afuera. Suponga que, antes de romperse el tanque, la presión en la superficie de la melaza era igual a la presión del aire afuera del tanque.)

14.53 Un lanchón abierto tiene las dimensiones que se muestran en la figura 14.35. Si el lanchón está hecho con placa de acero de 4.0 cm de espesor en sus cuatro costados y el fondo, ¿qué masa de carbón (densidad aproximada 1500 kg/m^3) puede llevar el lanchón sin hundirse? ¿Hay espacio en el lanchón para contener ese carbón?



Figura 14.35 Problema 14.53.

14.54 Un globo de aire caliente tiene un volumen de 2200 m^3 . La tela del globo pesa 900 N. La canasta con su equipo y tanques de propano llenos pesa 1700 N. Si el globo apenas puede levantar otros 3200 N de pasajeros, desayuno y champán cuando la densidad del aire exterior es de 1.23 kg/m^3 , ¿qué densidad media tienen los gases calientes del interior?

14.55 Los anuncios de cierto coche aseguran que flota en agua. a) Si la masa del coche es de 900 kg y su volumen interior es de 3.0 m^3 , ¿qué fracción queda sumergida al flotar? Puede despreciarse el volumen del acero y demás materiales. b) Poco a poco se filtra agua y desplaza al aire del coche. ¿Qué fracción del volumen interior está llena de agua cuando el coche se hunde?

14.56 Un cubo de hielo de 9.70 g flota en un vaso totalmente lleno con 420 cm^3 de agua. Desprecie la tensión superficial del agua y su variación de densidad con la temperatura (mientras siga líquida). a) ¿Qué volumen de agua desplaza el hielo? b) Una vez derretido el hielo, se habrá desbordado algo de agua? Si así fue, ¿cuánta? Si no, explique por qué no. c) Suponga que el agua del vaso era muy salada, con densidad de 1050 kg/m^3 . ¿Qué volumen de agua salada desplazaría el cubo de hielo de 9.70 g? d) Repita la parte (b) para el cubo de agua dulce en agua salada.

14.57 Un trozo de madera de 0.600 m de longitud, 0.250 m de anchura y 0.080 m de espesor tiene una densidad de 600 kg/m^3 . ¿Qué volumen de plomo debe sujetarse a su base para hundir la madera en agua tranquila de modo que su cara superior esté al ras del agua? ¿Qué masa tiene ese plomo?

desencallarlos, el petróleo se bombea a barriles de acero que vacíos tienen una masa de 15.0 kg y capacidad de 0.120 m³. Puede despreciar el volumen ocupado por el acero del barril. a) Si un pescatista accidentalmente deja caer al mar un barril lleno y sellado, ¿flotará o se hundirá? b) Si el barril flota, ¿qué fracción de su volumen estará arriba de la superficie? Si se hunde, ¿qué tensión mínima habría que ejercer con una cuerda para subir el barril del fondo? c) Repita las partes (a) y (b) si la densidad del petróleo es de 910 kg/m³ y los barriles vacíos tienen una masa de 32.0 kg.

14.73 Un bloque cúbico con densidad ρ_B y lados de longitud L flota en un líquido con densidad mayor ρ_L . a) ¿Qué fracción del volumen del bloque está sobre la superficie del líquido? b) El líquido es más denso que el agua (densidad ρ_A) y no se mezcla con ella. Si se vierte agua en la superficie del líquido, ¿qué espesor (en términos de L , ρ_B , ρ_L y ρ_A) debe tener la capa de agua para que su superficie esté al ras de la cara superior del bloque? c) Calcule la profundidad de la capa de agua en la parte (b) si el líquido es mercurio, el bloque está hecho de hierro y la longitud de su lado es de 10.0 cm.

14.74 Una barcaza está en una esclusa rectangular en un río de agua dulce. La esclusa mide 60.0 m de longitud y 20.0 m de anchura, y las puertas de acero en sus extremos están cerradas. Con la barcaza flotando en la esclusa, una carga de 2.50×10^6 N de chatarra se coloca en la barcaza. El metal tiene una densidad de 9000 kg/m³. a) Cuando la carga, que inicialmente estaba en tierra, se coloca en la barcaza, ¿qué distancia vertical sube el agua en la esclusa? b) Ahora la chatarra se tira de la barcaza al agua. ¿El nivel del agua en la esclusa sube, baja o no cambia? Si sube o baja, ¿cuánto lo hace?

14.75 Un tubo en forma de U con una porción horizontal de longitud l (Fig. 14.37) contiene un líquido. ¿Qué diferencia de altura hay entre las columnas de líquido en las ramas verticales a) si el tubo tiene una aceleración a hacia la derecha? b) ¿Si el tubo se monta en una tornamesa horizontal que gira con velocidad angular ω , con una rama vertical en el eje de rotación? c) Explique por qué la diferencia de altura no depende de la densidad del líquido ni del área de sección transversal del tubo. ¿Sería lo mismo si las ramas verticales no tuvieran la misma sección? ¿Sería lo mismo si la porción horizontal estuviera ahusada de un extremo al otro? Explique.



Figura 14.37 Problema 14.75.

14.76 Un recipiente cilíndrico con un líquido incompresible (densidad ρ) gira con velocidad angular constante ω alrededor de su eje de simetría, que tomamos como eje y (Fig. 14.38). a) Demuestre que la presión a una altura dada dentro del fluido aumenta en la dirección radial (hacia afuera desde el eje de rotación) según $\partial p/\partial r = \rho\omega^2 r$. b) Integre esta ecuación diferencial para obtener la presión

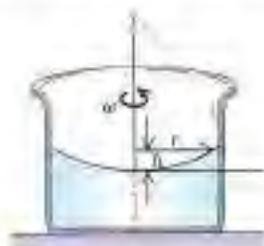


Figura 14.38 Problema 14.76.

en función de la distancia del eje de rotación a lo largo de una línea horizontal en $y = 0$. c) Combine el resultado de la parte (b) con la ecuación (14.5) para demostrar que la superficie del líquido tiene forma parabólica, es decir, la altura del líquido está dada por $h(r) = \omega^2 r^2/2g$. (Esta técnica se usa para hacer espejos de telescopio parabólicos; se gira vidrio líquido, dejando que se solidifique mientras gira.)

14.77 Un fluido incompresible con densidad ρ está en un tubo de ensayo horizontal con área transversal interior A . El tubo gira en un círculo horizontal en una ultracentrífuga con rapidez angular ω . Las fuerzas gravitacionales son insignificantes. Considere un elemento de volumen del fluido con área A y espesor dr , a una distancia r del eje de rotación. La presión en su superficie interior es p , y en la exterior, $p + dp$. a) Aplique la segunda ley de Newton al elemento para demostrar que $dp = \rho\omega^2 r dr$. b) Si la superficie del fluido está en un radio r_0 donde la presión es p_0 , demuestre que la presión p a una distancia $r \geq r_0$ es $p = p_0 + \rho\omega^2(r^2 - r_0^2)/2$. c) Un objeto con volumen V y densidad ρ_o tiene su centro de masa a una distancia R_{cm} del eje. Demuestre que la fuerza horizontal neta que actúa sobre el objeto es $\rho V \omega^2 R_{cm}$, donde R_{cm} es la distancia del eje al centro de masa del fluido desplazado. d) Explique por qué el objeto se mueve hacia adentro si $\rho R_{cm} > \rho_o R_{cm}$ y hacia afuera si $\rho R_{cm} < \rho_o R_{cm}$. e) Para objetos pequeños con densidad uniforme, $R_{cm} = R_{cm}$. ¿Qué sucede con una mezcla de objetos de este tipo con diferentes densidades en una ultracentrífuga?

14.78 Globos sueltos llenos de helio, flotando en un coche con las ventanas y las ventillas cerradas, se mueven en la dirección de la aceleración del coche, pero globos sueltos llenos de aire se mueven en la dirección opuesta. Para entender esto, considere sólo las fuerzas horizontales que actúan sobre los globos. Sea a la magnitud de la aceleración hacia adelante del coche. Considere un tubo horizontal de aire con área transversal A que se extiende del parabrisas, donde $x = 0$ y $p = p_0$, hacia atrás sobre el eje x . Considere un elemento de volumen de espesor dx en este tubo. La presión en su superficie delantera es p , y en la trasera es $p + dp$. Suponga que el aire tiene una densidad constante ρ . a) Aplique la segunda ley de Newton a este elemento para demostrar que $dp = \rho a dx$. b) Integre el resultado de (a) para obtener la presión en la superficie delantera en términos de a y x . c) Para demostrar que considerar a ρ constante es razonable, calcule la diferencia de presión en atmósfera para una distancia de hasta 2.5 m y una aceleración grande de 5.0 m/s^2 . d) Demuestre que la fuerza horizontal neta que actúa sobre un globo de volumen V es $\rho V a$. e) Si las fuerzas de fricción son despreciables, demuestre que la aceleración del globo (densidad media ρ_{glo}) es $(\rho/\rho_{glo})a$ y que su aceleración relativa al coche es $a_{rel} = [(\rho/\rho_{glo})$



Figura 14.39 Problema 14.79.

– 1]a, f) Use la expresión para v_{rel} de la parte (e) para explicar el movimiento de los globos.

14.79 Un bloque cúbico de madera de 0.30 m por lado incluye pesos que hacen que su centro de gravedad esté en el punto que se indica en la figura 14.39a. El bloque flota en agua con la mitad de su volumen sumergido. El bloque se "ladea" con un ángulo de 45.0° , como en la figura 14.39b. Calcule el momento de torsión neto respecto a un eje horizontal perpendicular al bloque y que pasa por su centro geométrico.

14.80 Hay agua hasta una altura H en un tanque abierto grande con paredes verticales (Fig. 14.40). Se hace un agujero en una pared a una profundidad h bajo la superficie del agua. a) ¿A qué distancia R del pie de la pared tocará el piso el chorro que sale? b) ¿A qué distancia sobre la base del tanque podría hacerse un segundo agujero tal que el chorro que salga por él tenga el mismo alcance que el que sale por el primero?

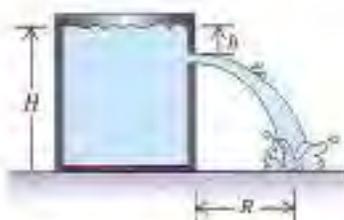


Figura 14.40 Problema 14.80.

14.81 Una cubeta cilíndrica, abierta por arriba, tiene 25.0 cm de altura y 10.0 cm de diámetro. Se hace un agujero circular con área de 1.50 cm^2 en el centro del fondo de la cubeta. Se está vertiendo agua en la cubeta mediante un tubo que está arriba, a razón de $2.40 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$. ¿A qué altura subirá el agua en la cubeta?

14.82 Fluye agua continuamente de un tanque abierto como en la Fig. 14.41. La altura del punto 1 es de 10.0 m, y la de los puntos 2 y 3 es de 2.00 m. El área transversal en el punto 2 es de 0.0480 m^2 ; en el punto 3 es de 0.0160 m^2 . El área del tanque es muy grande en comparación con el área transversal del tubo. Suponiendo que puede aplicarse la ecuación de Bernoulli, calcule a) la rapidez de descarga en m^3/s ; b) la presión manométrica en el punto 2.

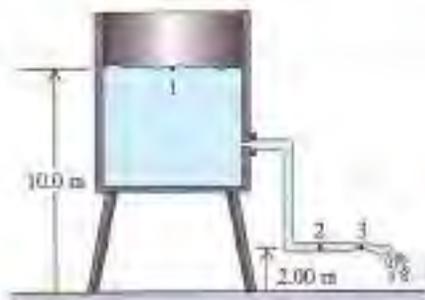


Figura 14.41 Problema 14.82.

14.83 El diseño moderno de aviones exige una sustentación, debida a la fuerza neta del aire en movimiento sobre el ala, de cerca de

2000 N por m^2 de área de ala. Suponga que aire (densidad = 1.20 kg/m^3) fluye por el ala de un avión con flujo de línea de corriente. Si la rapidez de flujo por la cara inferior del ala es de 120 m/s, ¿qué rapidez debe haber sobre la cara superior para obtener una sustentación de 2000 N/m^2 ?

14.84 El radio del huracán Emily de 1993 fue de unos 350 km. La rapidez del viento cerca del centro ("ojo") del huracán, cuyo radio fue de unos 30 km, alcanzó cerca de 200 km/h. Al entrar aire del borde del huracán hacia el ojo, su cantidad de movimiento angular se mantiene casi constante. a) Estime la rapidez del viento en el borde del huracán. b) Estime la diferencia de presión en el suelo entre el ojo y el borde del huracán. (Sugerencia: Vea la tabla 14.1.) ¿Dónde es mayor la presión? c) Si la energía cinética del aire arremolinado en el ojo pudiera convertirse totalmente en energía potencial gravitacional, ¿cuánto subiría el aire? d) De hecho, el aire en el ojo sube a alturas de varios kilómetros. ¿Cómo puede conciliar esto con su respuesta a la parte (c)?

14.85 Dos tanques abiertos muy grandes A y F (Fig. 14.42) contienen el mismo líquido. Un tubo horizontal BCD, con una constricción en C y abierto al aire en D, sale del fondo del tanque A. Un tubo vertical E emboca en la constricción en C y baja al líquido del tanque F. Suponga flujo de línea de corriente y cero viscosidad. Si el área transversal en C es la mitad del área en D, y si D está a una distancia h_1 bajo el nivel del líquido en A, ¿a qué altura h_2 subirá el líquido en el tubo E? Expresar su respuesta en términos de h_1 .

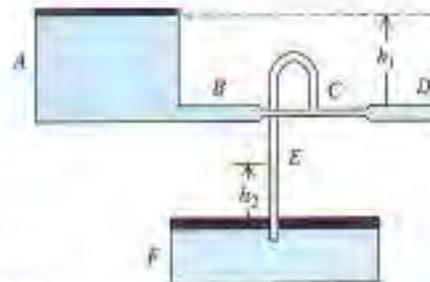


Figura 14.42 Problema 14.85.

14.86 El tubo horizontal de la figura 14.43 tiene un área transversal de 40.0 cm^2 en la parte más ancha y de 10.0 cm^2 en la constricción. Fluye agua en el tubo, cuya descarga es de $6.00 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ (6.00 L/s). Calcule a) la rapidez de flujo en las porciones ancha y angosta; b) la diferencia de presión entre estas porciones; c) la diferencia de altura entre las columnas de mercurio en el tubo con forma de U.

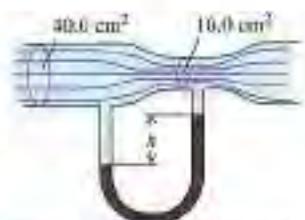


Figura 14.43 Problema 14.86.

14.87 Un líquido que fluye de un tubo vertical produce un chorro con una forma bien definida. Para obtener la ecuación de esta forma, suponga que el líquido está en caída libre una vez que sale del tubo. Al salir, el líquido tiene rapidez v_0 , y el radio del chorro es r_0 . a) Obtenga una ecuación para la rapidez del líquido en función de la distancia y que ha caído. Combinando esto con la ecuación

de continuidad, obtenga una expresión para el radio del chorro en función de y . b) Si fluye agua de un tubo vertical con rapidez de salida de 1.20 m/s , ¿a qué distancia bajo la salida se habrá reducido a la mitad el radio original del chorro?

Problemas de desafío

14.88 Una roca con masa $m = 3.00 \text{ kg}$ se cuelga del techo de un elevador con un cordón ligero. La roca está totalmente sumergida en una cubeta con agua que está en el piso del elevador, pero no toca el fondo ni los lados de la cubeta. a) Con el elevador en reposo, la tensión en el cordón es de 21.0 N . Calcule el volumen de la piedra. b) Deduzca una expresión para la tensión en el cordón cuando el elevador tiene una aceleración de magnitud a hacia arriba. Calcule la tensión cuando $a = 2.50 \text{ m/s}^2$ hacia arriba. c) Deduzca una expresión para la tensión en el cordón cuando el elevador tiene una aceleración de magnitud a hacia abajo. Calcule la tensión cuando $a = 2.50 \text{ m/s}^2$ hacia abajo. d) Determine la tensión cuando el elevador está en caída libre con aceleración hacia abajo igual a g .

14.89 Suponga que un trozo de espuma de poliestireno, $\rho = 180 \text{ kg/m}^3$, se mantiene totalmente sumergido en agua (Fig. 14.44). a) Calcule la tensión en la cuerda usando el principio de Arquímedes. b) Use $\rho = \rho_0 + \rho_0 g h$ para calcular directamente la fuerza que el agua ejerce sobre los dos lados inclinados y la base del trozo; luego demuestre que la suma vectorial de estas fuerzas es la fuerza de flotación.

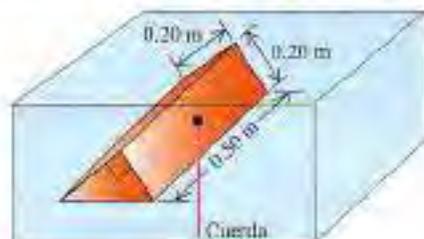


Figura 14.44 Problema de desafío 14.89.

14.90 Un tanque grande con diámetro D , abierto al aire, contiene agua hasta una altura H . Se hace un agujero pequeño con diámetro d ($d \ll D$) en la base del tanque. Haciendo caso omiso de los efectos de viscosidad, calcule el tiempo que el tanque tarda en vaciarse.



Figura 14.45 Problema de desafío 14.91.

14.91 Un sifón (Fig. 14.45) es un dispositivo útil para sacar líquidos de recipientes. Para esta-

blecer el flujo, el tubo debe llenarse inicialmente con fluido. Sea ρ la densidad del fluido y p_0 la presión atmosférica. Suponga que el área transversal del tubo es la misma en toda su longitud. a) Si el extremo inferior del sifón está a una distancia h bajo el nivel del líquido en el recipiente, ¿con qué rapidez fluye el líquido por dicho extremo? (Suponga que el recipiente tiene un diámetro muy grande, y haga caso omiso de los efectos de viscosidad.) b) Un aspecto curioso es que el fluido inicialmente fluye hacia arriba. ¿Qué altura máxima H puede tener el punto alto del tubo sin que deje de haber flujo?

14.92 Lo siguiente se tomó de una carta. Los carpinteros locales acostumbraban, al tazar y nivelar los cimientos de construcciones relativamente largas, usar una manguera de jardín llena de agua, en cuyos extremos meten tubos de vidrio de 10 a 12 pulgadas de longitud. La teoría es que el agua, buscando un nivel común, tendrá la misma altura en ambos tubos y servirá como nivel. Surge la duda de qué pasa si se deja una burbuja de aire en la manguera. Nuestros expertos aseguran que el aire no afecta la lectura de un extremo al otro. Otros dicen que sí habrá una inexactitud importante. ¿Puede el lector dar una respuesta relativamente sencilla a esta pregunta, junto con una explicación? La figura 14.46 bosqueja la situación que causó la disputa.



Figura 14.46 Problema de desafío 14.92.

17

TEMPERATURA Y CALOR

Tal vez el material a más alta temperatura que jamás verá el lector es la atmósfera exterior del Sol, llamada corona. La corona, que está a una temperatura aproximada de 2,000,000°C, emite una luz que literalmente está fuera de este mundo. Sin embargo, por ser muy delgada la corona, su luz es más bien tenue y sólo podemos verla durante un eclipse solar total, cuando la Luna cubre el disco del Sol, como en esta fotografía.



¿Es correcto decir que la corona contiene calor?



Tanto en un caluroso día de verano como en una helada noche invernal, nuestro organismo necesita mantenerse a una temperatura casi constante. El organismo cuenta con mecanismos eficaces para controlar la temperatura, pero a veces necesita ayuda. En un día caluroso, usamos menos ropa para mejorar la transferencia de calor del cuerpo al aire y el enfriamiento por evaporación del sudor. Tal vez tomemos bebidas frías, quizá con hielo, y nos sentemos cerca de un ventilador o en una habitación con aire acondicionado. En un día frío, usamos ropa más gruesa o nos quedamos en interiores donde hay más calor. Si salimos de casa, nos mantenemos activos y bebemos líquidos calientes. Los conceptos de este capítulo nos ayudarán a entender la física básica del calentamiento y el enfriamiento.

Es común usar indistintamente los términos: *temperatura* y *calor*; en el habla cotidiana. En física, en cambio, los dos términos tienen significado muy distinto. En este capítulo, definiremos la temperatura en términos de su medición y veremos cómo los cambios de temperatura afectan las dimensiones de los objetos. Estudiaremos cómo el calor se refiere a la transferencia de energía causada por las diferencias de temperatura, y aprenderemos a calcular y controlar tales transferencias de energía.

En este capítulo, nos ocuparemos de los conceptos de: temperatura y calor; en relación con los objetos *macroscópicos* como: cilindros de gas, cubitos de hielo y el cuerpo humano. En el capítulo 18 veremos estos mismos conceptos desde una perspectiva *microscópica*, en términos del comportamiento de los átomos y las moléculas individuales. Estos dos capítulos establecen las bases para el tema de la

termodinámica, el estudio de las transformaciones de energía en las que intervienen: el calor, el trabajo mecánico y otros aspectos de la energía, así como la relación entre estas transformaciones y las propiedades de la materia. La termodinámica es una parte fundamental e indispensable de: la física, la química y las ciencias biológicas, y sus aplicaciones aparecen en cosas como: motores de autos, refrigeradores, procesos bioquímicos y la estructura de las estrellas. Exploraremos las ideas clave de la termodinámica en los capítulos 19 y 20.

17.1 | Temperatura y equilibrio térmico

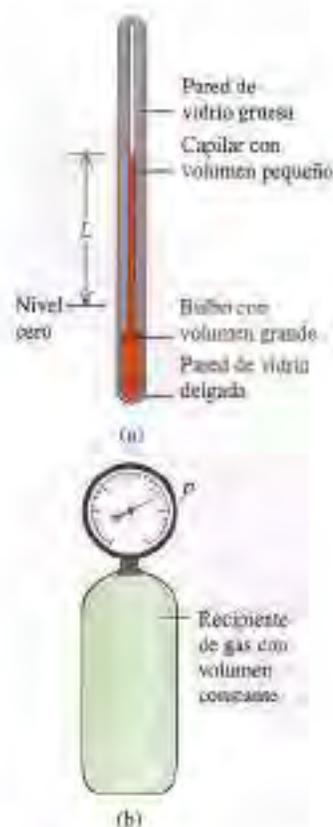
El concepto de **temperatura** se origina en las ideas cualitativas de “caliente” y “frío” basadas en el sentido del tacto. Un cuerpo que se siente caliente suele tener una temperatura más alta que un cuerpo similar que se siente frío. Esto es un tanto vago y los sentidos pueden engañarse. Sin embargo, muchas propiedades de la materia que podemos *medir* dependen de la temperatura. La longitud de una barra de metal, la presión de vapor en una caldera, la capacidad de un alambre para conducir corriente eléctrica y el color de un objeto brillante muy caliente; todo esto depende de la temperatura.

La temperatura también se relaciona con las energías cinéticas de las moléculas de un material. En general, esta relación es muy compleja, por lo que no es un buen punto de partida para *definir* la temperatura. En el capítulo 18 examinaremos la relación entre la temperatura y la energía del movimiento molecular para un gas ideal. Sin embargo, es importante entender que la temperatura y el calor pueden definirse independientemente de cualquier imagen molecular detallada. En esta sección desarrollaremos una definición *macroscópica* de la temperatura.

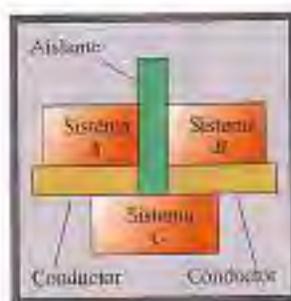
Para usar la temperatura como medida de calidez o de frialdad, necesitamos construir una escala de temperatura. Para ello, podemos usar cualquier propiedad medible de un sistema que varíe con su “calidez” o “frialdad”. La figura 17.1a muestra un sistema común para medir la temperatura. Cuando el sistema se calienta, el líquido colorido (usualmente mercurio o etanol) se expande y sube en el tubo, y el valor de L aumenta. Otro sistema sencillo es una cantidad de gas en un recipiente de volumen constante (Fig. 17.1b). La presión p medida por el manómetro aumenta o disminuye al calentarse o enfriarse el gas. Un tercer ejemplo es la resistencia eléctrica R de un alambre conductor, que también varía al calentarse o enfriarse el alambre. Todas estas propiedades nos dan un número (L , p , R) que varía con la calidez y la frialdad, así que pueden usarse para hacer un **termómetro**.

Para medir la temperatura de un cuerpo, colocamos el termómetro en contacto con él. Si queremos conocer la temperatura de una taza de café, introducimos el termómetro en él; al interactuar los dos, el termómetro se calienta y el café se enfría un poco. Una vez que el termómetro se estabiliza, leemos la temperatura. El sistema está en una condición de *equilibrio*, en la que la interacción entre el termómetro y el café ya no causa un cambio en el sistema. Llamamos **equilibrio térmico** a este estado.

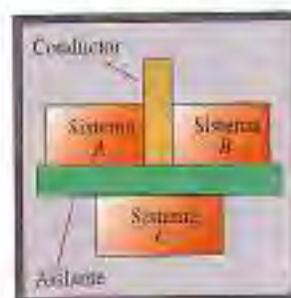
Si dos sistemas están separados por un material **aislante**, como madera, espuma de plástico o fibra de vidrio, se afectan mutuamente con más lentitud. Las hieleras para acampar se fabrican con materiales aislantes para retardar el calentamiento del hielo y de la comida fría en su interior que tratan de lograr equilibrio térmico con el aire veraniego. Un **aislante ideal** es un material que no permite la interacción entre los dos sistemas; evita que alcancen el equilibrio térmico si no estaban en él inicialmente. Los aislantes ideales son sólo eso: una idealización; los aislantes reales, como los de las hieleras, no son ideales, así que finalmente se calentará el contenido de la hielera.



17.1 (a) Sistema cuya temperatura se especifica con el valor de la longitud L . (b) Sistema cuya temperatura está dada por el valor de la presión p .



(a) Si los sistemas A y B están cada uno en equilibrio térmico con el sistema C ...



(b) ...entonces A y B están en equilibrio térmico entre sí.

17.2 Ley cero de la termodinámica. Las barras verdes representan paredes aislantes; las amarillas, paredes conductoras.

Podemos descubrir una propiedad importante del equilibrio térmico considerando tres sistemas, A , B y C , que inicialmente no están en equilibrio térmico (Fig. 17.2). Rodeamos los sistemas con una caja aislante ideal para que sólo puedan interactuar entre sí. Separamos A y B con una pared aislante ideal (la barra verde en la Fig. 17.2a), pero dejamos que C interactúe con A y B . Esta interacción se indica en la figura con una barra amarilla que representa un **conductor** térmico, un material que *permite* la interacción térmica a través suyo. Esperamos hasta que se establece el equilibrio térmico; A y B están en equilibrio térmico con C pero, ¿están en equilibrio térmico entre sí?

Para averiguarlo, separamos el sistema C de los sistemas A y B con una pared aislante ideal (Fig. 17.2b) y sustituimos la pared aislante entre A y B por una **conductora** que permite a A y B interactuar. ¿Qué sucede? Los experimentos indican que *nada sucede*; no hay cambios adicionales en A ni en B . Concluimos que **si C inicialmente está en equilibrio térmico con A y con B , entonces A y B también están en equilibrio térmico entre sí**. Este resultado se llama **ley cero de la termodinámica**. (La importancia de esta ley se reconoció sólo después de nombrarse: la primera, segunda y tercera leyes de la termodinámica. Dado que es fundamental para todas ellas, el nombre "cero" pareció apropiado.)

Suponga ahora que el sistema C es un termómetro, como el sistema de tubo y líquido de la figura 17.1a. En la figura 17.2a, el termómetro C está en contacto con A y con B . En equilibrio térmico, cuando la lectura del termómetro se estabiliza, el termómetro mide la temperatura tanto de A como de B ; por tanto, ambos tienen la *misma* temperatura. Los experimentos indican que el equilibrio térmico no se afecta si se agregan o quitan aislantes, así que la lectura de C no cambiaría si sólo estuviera en contacto con A o sólo con B . Concluimos que **dos sistemas están en equilibrio térmico si y sólo si tienen la misma temperatura**. En esto radica la utilidad de los termómetros; un termómetro realmente mide *su propia* temperatura, pero cuando está en equilibrio térmico con otro cuerpo las temperaturas deben ser iguales. Si difieren las temperaturas de dos sistemas, *no pueden* estar en equilibrio térmico.

¿Por qué debería importarnos?

¿Por qué cuando una enfermera toma la temperatura de un paciente espera a que la lectura del termómetro deje de cambiar? ¿La temperatura de cuál objeto está leyendo la enfermera?

17.2 | Termómetros y escalas de temperatura

Para que el dispositivo de líquido en un tubo de la figura 17.1 sea un termómetro útil, necesitamos marcar una escala numerada en la pared del tubo. Esos números son arbitrarios, e históricamente se han usado muchos esquemas diferentes. Suponga que marcamos con "0" el nivel del líquido del termómetro a la temperatura de congelación del agua pura, y con "100" el nivel a la temperatura de ebullición, y dividimos la distancia entre ambos puntos en cien intervalos iguales llamados *grados*. El resultado es la **escala de temperatura Celsius** (antes llamada *centígrada*). La temperatura Celsius para un estado más frío que el agua en el momento de congelarse es un número negativo. La escala Celsius se usa, tanto en la vida cotidiana como en la ciencia y la industria, en casi todo el mundo.

Otro tipo de termómetro común usa una *tira bimetaléica*, que se fabrica pegando tiras de dos metales distintos (Fig. 17.3a). Al aumentar la temperatura de la

tira compuesta, un metal se expande más que el otro y la tira se dobla. La tira usualmente se moldea en espiral, con el extremo exterior anclado a la caja y el interior unido a un puntero (Fig. 17.3c). El puntero gira en respuesta a cambios de temperatura.

En un *termómetro de resistencia*, se mide el cambio en la resistencia eléctrica de: una bobina de alambre fino, un cilindro de carbono o un cristal de germanio. Puesto que la resistencia puede medirse con gran precisión, los termómetros de resistencia suelen ser más precisos que los de otro tipo.

Algunos termómetros no necesitan estar en contacto físico con el objeto cuya temperatura están midiendo. Un ejemplo es el termómetro de oído (Fig. 17.4) que usa un dispositivo llamado *termopila* para medir la cantidad de radiación infrarroja emitida por el tímpano, lo cual indica su temperatura. (En la sección 17.7, veremos que *todos* los objetos emiten radiación electromagnética como consecuencia de su temperatura.) La ventaja de esta técnica es que no requiere tocar el tímpano, que es frágil y podría dañarse fácilmente.

En la *escala de temperatura Fahrenheit*, aún usada en la vida cotidiana en Estados Unidos, la temperatura de congelación del agua es de 32°F (32 grados Fahrenheit) y la de ebullición es de 212°F , ambas a presión atmosférica estándar. Hay 180 grados entre la congelación y la ebullición, en vez de 100 como en la escala Celsius, así que 1°F representa un cambio de temperatura sólo $\frac{100}{180}$, o $\frac{5}{9}$, de 1°C .

Para convertir temperaturas de Celsius a Fahrenheit, observamos que una temperatura Celsius T_C es el número de grados Celsius arriba de la congelación; el número de grados Fahrenheit arriba de la congelación es $\frac{9}{5}$ de esa cantidad, pero la congelación en la escala Fahrenheit es a 32°F , así que, para obtener la temperatura Fahrenheit T_F , multiplicamos T_C por $\frac{9}{5}$ y le sumamos 32° . Con símbolos,

$$T_F = \frac{9}{5}T_C + 32^\circ \quad (17.1)$$

Para convertir de Fahrenheit a Celsius, despejamos T_C de esta ecuación:

$$T_C = \frac{5}{9}(T_F - 32^\circ) \quad (17.2)$$

Es decir, restamos 32° para obtener el número de grados Fahrenheit arriba de la congelación y multiplicamos por $\frac{5}{9}$ para obtener el número de grados Celsius arriba de la congelación, esto es, la temperatura Celsius.

No recomendamos memorizar las ecuaciones (17.1) y (17.2). En vez de ello, trate de entender el razonamiento que condujo a ellas para poder deducirlas cuando las necesite, verificando su razonamiento con la relación $100^\circ\text{C} = 212^\circ\text{F}$.

Conviene distinguir entre una temperatura real y un *intervalo* de temperatura (una diferencia o cambio de temperatura). Una temperatura real de 20° se escribe 20°C , y un *intervalo* de temperatura de 10° se escribe 10 C° (diez grados Celsius). Un vaso de agua que se calienta de 20°C a 30°C tiene un cambio de temperatura de 10 C° .

¿Qué se está preguntando?

Calcule la temperatura Fahrenheit media del planeta Venus (temperatura Celsius media 460°C) y además encuentre la temperatura en la que coinciden las escalas Fahrenheit y Celsius.



17.3 (a) Una tira bimetalica. (b) La tira se dobla al aumentar su temperatura. (c) Tira bimetalica empleada como termómetro.



17.4 El termómetro de oído mide radiación infrarroja del tímpano, que está situado a suficiente distancia dentro de la cabeza como para dar una indicación excelente de la temperatura interna del cuerpo.

17.3 | Termómetros de gas y la escala Kelvin

Cuando calibramos dos termómetros, como un sistema de líquido en tubo o un termómetro de resistencia, de modo que coincidan en 0°C y 100°C , podrían no coincidir exactamente a temperaturas intermedias. Cualquier escala de temperatura definida de este modo siempre depende un tanto de las propiedades específicas del material empleado. Idealmente, nos gustaría definir una escala que *no* dependa de las propiedades de un material específico. Para establecer una escala en verdad independiente del material, necesitamos desarrollar algunos principios de termodinámica. Volveremos a este problema fundamental en el capítulo 20. Aquí veremos un termómetro que se acerca al ideal, el *termómetro de gas*.

El principio de un termómetro de gas muestra que la presión de un gas a volumen constante aumenta con la temperatura. Una cantidad de gas se coloca en un recipiente de volumen constante (Fig. 17.5a) y se mide su presión con uno de los dispositivos descritos en la sección 14.2. Para calibrar el termómetro, medimos la presión a dos temperaturas, digamos 0°C y 100°C , graficamos esos puntos y trazamos una línea recta entre ellos. Así, podemos leer de la gráfica la temperatura correspondiente a cualquier otra presión. La figura 17.5b muestra los resultados de tres experimentos de este tipo, utilizando en cada caso una clase y cantidad distintas de gas.

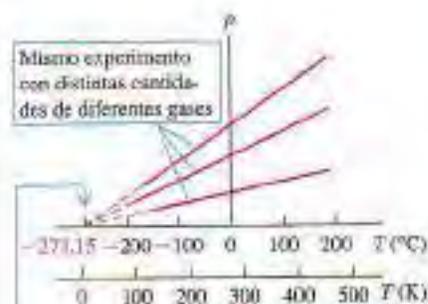
Si extrapolamos la línea, veremos que hay una temperatura hipotética, -273.15°C , en la que la presión absoluta del gas sería cero. Podríamos esperar que tal temperatura fuera diferente para diferentes gases, pero resulta ser la *misma* para muchos gases distintos (al menos cuando el límite de densidad del gas es muy bajo). No podemos observar realmente esta condición de cero presión; los gases se licúan y solidifican a temperaturas muy bajas, y la presión deja de ser proporcional a la temperatura.

Usamos esta temperatura extrapolada a presión cero como base para una escala de temperatura con su cero en esta temperatura: la **escala de temperatura Kelvin**.

17.5 (a) Termómetro de gas con volumen constante. (b) Gráfica de presión absoluta contra temperatura para un termómetro de gas con volumen constante y baja densidad. Las tres gráficas corresponden a experimentos con distintos tipos y cantidades de gas; cuanto mayor es la cantidad de gas, es más alta la gráfica. Las líneas punteadas son extrapolaciones de los datos a baja temperatura.



(a)



En cada caso, una extrapolación de la línea recta predice que la presión sería 0 a -273.15°C .

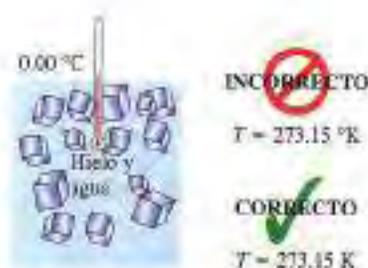
(b)

vin, así llamada por el físico inglés Lord Kelvin (1824-1907). Las unidades tienen el mismo tamaño que las de la escala Celsius, pero el cero se desplaza de modo que $0 \text{ K} = -273.15^\circ\text{C}$ y $273.15 \text{ K} = 0^\circ\text{C}$; es decir,

$$T_k = T_c + 273.15 \quad (17.3)$$

Esta escala se muestra en la figura 17.5b. Una temperatura ambiente común, 20°C , es $20 + 273.15 \approx 293 \text{ K}$.

CUIDADO En la nomenclatura SI, no se usa "grado" con la escala Kelvin; la temperatura anterior se lee "293 kelvin", no "grados Kelvin" (Fig. 17.6). Kelvin con mayúscula se refiere a la escala, pero la *unidad* de temperatura es el *kelvin*, con minúscula (aunque se abrevia K).



17.6 Las temperaturas Kelvin se miden en kelvin (K), *no* en "grados Kelvin".

Ejemplo 17.1

Temperatura corporal

Imagínese que coloca un trozo de hielo en la boca. En algún momento, toda el agua pasa de hielo a $T_1 = 32.00^\circ\text{F}$ a la temperatura corporal $T_2 = 98.60^\circ\text{F}$. Exprese estas temperaturas como $^\circ\text{C}$ y K, y calcule $\Delta T = T_2 - T_1$ en ambos casos.

SOLUCIÓN

IDENTIFICAR Y PLANTEAR: Convertiremos las temperaturas Fahrenheit a Celsius con la ecuación (17.2), y las Celsius a Kelvin con la ecuación (17.3).

EJECUTAR: Primero calculamos las temperaturas Celsius. Sabemos que $T_1 = 32.00^\circ\text{F} = 0.00^\circ\text{C}$, y 98.60°F es $98.60 - 32.00 = 66.60^\circ\text{F}$ por arriba de la congelación; multiplicamos esto por $(5^\circ\text{C}/9^\circ\text{F})$ para obtener 37.00°C por arriba de la congelación, o sea, $T_2 = 37.00^\circ\text{C}$.

Para obtener las temperaturas Kelvin, sumamos 273.15 a las temperaturas Celsius: $T_1 = 273.15 \text{ K}$ y $T_2 = 310.15 \text{ K}$. La temperatura "normal" del cuerpo es 37.0°C , pero si su doctor le dice que su temperatura es 310 K, no se asuste.

La *diferencia* de temperatura $\Delta T = T_2 - T_1$ es $37.00^\circ\text{C} = 37.00 \text{ K}$.

EVALUAR: Las escalas Celsius y Kelvin tienen diferentes ceros pero grados del mismo tamaño. Por lo tanto, cualquier diferencia de temperatura es la *misma* en esas escalas pero no en la Fahrenheit.

La escala Celsius tiene dos puntos fijos, los puntos de congelación y ebullición normales del agua, pero podemos definir la escala Kelvin usando un termómetro de gas con sólo una temperatura de referencia. Definimos el cociente de cualesquier dos temperaturas T_1 y T_2 en la escala Kelvin como el cociente de las presiones correspondientes de termómetro de gas p_1 y p_2 :

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{p_2}{p_1} \quad (\text{termómetro de gas de volumen constante, } T \text{ en kelvins}) \quad (17.4)$$

La presión p es directamente proporcional a la temperatura Kelvin, como se muestra en la figura 17.5b. Para completar la definición de T , sólo necesitamos especificar la temperatura Kelvin de un solo estado específico. Por razones de precisión



17.7 Relaciones entre las escalas de temperatura: Kelvin, Celsius y Fahrenheit. Las temperaturas se han redondeado al grado más cercano.

y reproducibilidad, el estado escogido es el *punto triple* del agua. Ésta es una combinación única de temperatura y presión en la que pueden coexistir agua sólida (hielo), agua líquida y vapor de agua. Esto ocurre a 0.01°C con una presión de vapor de agua de 610 Pa (cerca de 0.006 atm). (Ésta es la presión del agua; nada tiene que ver directamente con la presión del gas del termómetro.) La temperatura de punto triple del agua es, por definición, $T_{\text{triple}} = 273.16\text{ K}$, que corresponde a 0.01°C . Por la ecuación (17.4), si p_{triple} es la presión en un termómetro de gas a la temperatura T_{triple} y p es la presión a otra temperatura T , entonces T está dada en la escala Kelvin por

$$T = T_{\text{triple}} \frac{p}{p_{\text{triple}}} = (273.16\text{ K}) \frac{p}{p_{\text{triple}}} \quad (17.5)$$

Se ha comprobado que termómetros de diversos gases a baja presión coinciden con gran precisión, pero son grandes y voluminosos, y tardan mucho en llegar al equilibrio térmico; se usan principalmente para establecer estándares de alta precisión y calibrar otros termómetros.

Las relaciones entre las tres escalas de temperatura que hemos visto se muestran gráficamente en la figura 17.7. La escala Kelvin se denomina **escala de temperatura absoluta** y su cero ($T = 0\text{ K} = -273.15^\circ\text{C}$, la temperatura en que $p = 0$ en la ecuación (17.5)) se llama **cero absoluto**. En el cero absoluto, un sistema de moléculas (una cantidad de gas, líquido o sólido) tiene su energía total (cinética + potencial) mínima posible; sin embargo, por efectos cuánticos, *no* es correcto decir que todos los movimientos moleculares cesan. Para definir de forma más completa el cero absoluto, necesitaremos los principios termodinámicos que veremos en los siguientes capítulos. Volveremos a este concepto en el capítulo 20.

Expresar la temperatura

La temperatura de la corona solar (véase la fotografía inicial del capítulo) es de $2.0 \times 10^7\text{ }^\circ\text{C}$, y la temperatura a la que el helio se licúa a presión estándar es de -268.93°C . Exprese estas temperaturas en kelvin y explique por qué suele usarse la escala Kelvin para expresar temperaturas muy altas y muy bajas.

17.4 | Expansión térmica

Casi todos los materiales se expanden al aumentar su temperatura. El aumento en la temperatura hace que el líquido se expanda en los termómetros de líquido en un

tubo (Fig. 17.1a) y que las tiras bimetalicas se doblan (Fig. 17.3). Las cubiertas de puentes necesitan articulaciones y soportes especiales que den margen a la expansión. Una botella totalmente llena de agua y tapada se revienta al calentarse, pero podemos aflojar la tapa metálica de un frasco vertiendo agua caliente sobre ella. Éstos son ejemplos de *expansión térmica*.

Expansión lineal

Suponga que una varilla de material tiene longitud L_0 a una temperatura inicial T_0 . Si la temperatura cambia en ΔT , la longitud cambia en ΔL . Se observa experimentalmente que, si ΔT no es muy grande (digamos, menos de $100\text{ }^\circ\text{C}$), ΔL es *directamente proporcional* a ΔT . Si dos varillas del mismo material tienen el mismo cambio de temperatura, pero una es dos veces más larga que la otra, su *cambio* de longitud también será del doble. Por tanto, ΔL también debe ser proporcional a L_0 . Si introducimos una constante de proporcionalidad α (diferente para cada material), podremos expresar estas relaciones en una ecuación:

$$\Delta L = \alpha L_0 \Delta T \quad (\text{expansión térmica lineal}) \quad (17.6)$$

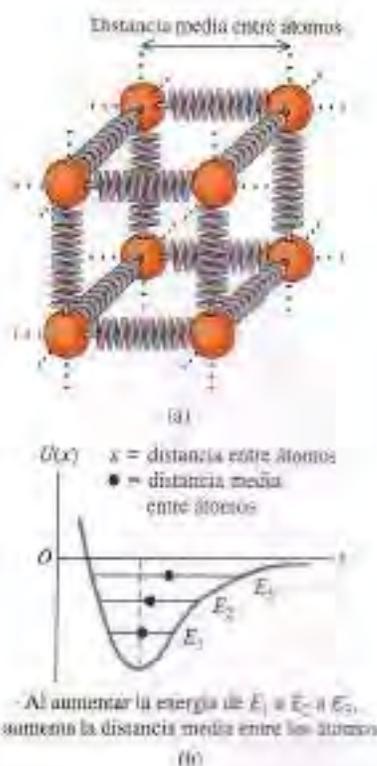
Si un cuerpo tiene longitud L_0 a la temperatura T_0 , su longitud L a $T = T_0 + \Delta T$ es

$$L = L_0 + \Delta L = L_0 + \alpha L_0 \Delta T = L_0(1 + \alpha \Delta T) \quad (17.7)$$

La constante α , que describe las propiedades de expansión térmica de un material dado, se denomina **coeficiente de expansión lineal**. Las unidades de α son K^{-1} o $(^\circ\text{C})^{-1}$. (Recuerde que un *intervalo* de temperatura es igual en las escalas Kelvin y Celsius.) En muchos materiales, todas las dimensiones lineales cambian según la ecuación (17.6) o (17.7). Así, L podría ser el espesor de una varilla, la longitud del lado de una lámina cuadrada o el diámetro de un agujero. Algunos materiales, como la madera o los monocristales, se expanden de diferente forma en diferentes direcciones. No consideraremos esta complicación.

Podemos entender la expansión térmica cualitativamente desde una perspectiva molecular. Imaginemos las fuerzas interatómicas en un sólido como resortes (Fig. 17.8). (Ya exploramos la analogía entre las fuerzas de resortes e interatómicas en la sección 13.4.) Cada átomo vibra alrededor de su posición de equilibrio. Al aumentar la temperatura, la energía y la amplitud de la vibración aumentan. Las fuerzas de resorte interatómicas no son simétricas alrededor de la posición de equilibrio; suelen comportarse como un resorte que es más fácil de estirar que de comprimir. En consecuencia, al aumentar la amplitud de las vibraciones, también aumenta la *distancia media* entre las moléculas. Al separarse los átomos, todas las dimensiones aumentan.

CUIDADO Si un objeto sólido tiene un agujero, ¿qué sucede con el tamaño del agujero al aumentar la temperatura del objeto? Un error común es suponer que si el objeto se expande, el agujero se encoge porque el material se expande hacia el agujero, pero la verdad es que el agujero también se expande (Fig. 17.9); como dijimos antes, todas las dimensiones lineales de un objeto cambian del mismo modo al cambiar la temperatura. Si no está convencido, imagine que los átomos de la figura 17.8a delimitan un agujero cúbico. Al expandirse el objeto, los átomos se separan y el tamaño del agujero aumenta. La única situación



17.8 (a) Modelo de las fuerzas entre átomos vecinos de un sólido. Los "resortes" que son más fáciles de estirar que de comprimir. (b) Gráfica de la energía potencial de "resorte" U contra distancia x entre átomos vecinos (compare con la Fig. 13.19a). La curva no es simétrica; al aumentar la energía, los átomos oscilan con mayor amplitud y la *distancia media* aumenta.



17.9 Cuando un objeto sufre expansión térmica, todos los agujeros que contiene también se expanden.



17.10 Cuando este avión SR-71 está en tierra, los paneles de sus alas carbonan de forma tan holgada que hay fugas de combustible de las alas al suelo. Sin embargo, una vez que el avión está en vuelo a más del triple de la rapidez del sonido, la fricción del aire calienta tanto los paneles que se expanden para embonar perfectamente. (El abastecimiento de combustible durante el vuelo compensa la pérdida de combustible en tierra.)

en que un "agujero" se llena debido a la expansión térmica es cuando dos objetos discretos se expanden y reducen la separación entre ellos (Fig. 17.10).

La proporcionalidad directa expresada por la ecuación (17.6) no es exacta; sólo es *aproximadamente* correcta para cambios de temperatura pequeños. Para un material dado, α varía un poco con la temperatura inicial T_0 y el tamaño del intervalo de temperatura. Aquí haremos caso omiso de esta complicación. En la tabla 17.1, se dan valores medios de α para varios materiales. Dentro de la precisión de estos valores, no necesitamos preocuparnos por si T_0 es 0°C o 20°C o alguna otra temperatura. Observe que los valores típicos de α son muy pequeños; aun para un cambio de temperatura de 100°C , el cambio de longitud fraccionario $\Delta L/L_0$ es del orden de $1/1000$ para los metales de la tabla.

Expansión de volumen

Un aumento de temperatura suele aumentar el *volumen* de materiales tanto líquidos como sólidos. Al igual que en la expansión lineal, se ha visto experimentalmente que, si el cambio de temperatura ΔT no es muy grande (menos de 100°C), el aumento de volumen ΔV es aproximadamente proporcional a ΔT y al volumen inicial V_0 :

$$\Delta V = \beta V_0 \Delta T \quad (\text{expansión térmica de volumen}) \quad (17.8)$$

La constante β caracteriza las propiedades de expansión de volumen de un material dado; se llama **coeficiente de expansión de volumen**. Las unidades de β son K^{-1} o $(^\circ\text{C})^{-1}$. Al igual que en la expansión lineal, β varía un poco con la temperatura, y la ecuación (17.18) es una relación aproximada válida sólo para cambios de temperatura pequeños. En muchas sustancias, β disminuye a bajas temperaturas. En la tabla 17.2 se dan algunos valores de β a temperatura ambiente. Observe que, en general, los valores para los líquidos son mucho mayores que para los sólidos.

Para materiales sólidos, hay una relación sencilla entre el coeficiente de expansión de volumen β y el coeficiente de expansión lineal α . Para deducir esta relación, consideramos un cubo de material con longitud de lado L y volumen $V = L^3$. En la temperatura inicial, los valores son L_0 y V_0 . Al aumentar la temperatura en dT , la longitud del lado aumenta en dL y el volumen aumenta en una cantidad dV dada por

$$dV = \frac{dV}{dL} dL = 3L^2 dL$$

Ahora sustituimos L y V por los valores iniciales L_0 y V_0 . Por la ecuación (17.6), dL es

$$dL = \alpha L_0 dT$$

puesto que $V_0 = L_0^3$, esto implica que dV también puede expresarse como

$$dV = 3L_0^2 \alpha L_0 dT = 3\alpha V_0 dT$$

Esto es congruente con la forma infinitesimal de la ecuación (17.8), $dV = \beta V_0 dT$, sólo si

$$\beta = 3\alpha \quad (17.9)$$

Verifique esta relación para algunos de los materiales de las tablas 17.1 y 17.2.

Tabla 17.1 Coeficientes de expansión lineal

Material	α [K^{-1} o $(\text{C}^\circ)^{-1}$]
Aluminio	2.4×10^{-5}
Latón	2.0×10^{-5}
Cobre	1.7×10^{-5}
Vidrio	$0.4\text{--}0.9 \times 10^{-5}$
Invar (aleación níquel-hierro)	0.09×10^{-5}
Cuarzo (fundido)	0.04×10^{-5}
Acero	1.2×10^{-5}

Tabla 17.2 Coeficientes de expansión de volumen

Sólidos	β [K^{-1} o $(\text{C}^\circ)^{-1}$]	Líquidos	β [K^{-1} o $(\text{C}^\circ)^{-1}$]
Aluminio	7.2×10^{-5}	Etanol	75×10^{-5}
Latón	6.0×10^{-5}	Disulfuro de carbono	115×10^{-5}
Cobre	5.1×10^{-5}	Glicerina	49×10^{-5}
Vidrio	$1.2\text{--}2.7 \times 10^{-5}$	Mercurio	18×10^{-5}
Invar	0.27×10^{-5}		
Cuarzo (fundido)	0.12×10^{-5}		
Acero	3.6×10^{-5}		

Estrategia para resolver problemas

Expansión térmica

IDENTIFICAR los conceptos relevantes: Decida si el problema implica cambios de longitud (expansión térmica lineal) o de volumen (expansión térmica de volumen).

PLANTEAR el problema siguiendo estos pasos:

1. Escoja la ecuación (17.6) para la expansión lineal y la ecuación (17.8) para la expansión de volumen.
2. Identifique las cantidades conocidas y desconocidas en la ecuación (17.6) o (17.8), así como las incógnitas.

EJECUTAR la solución como sigue:

1. Despeje las incógnitas. Muchas veces se dan dos temperaturas y hay que calcular ΔT , o se da una temperatura inicial T_0 y hay que determinar la temperatura final que

corresponde a un cambio de volumen o longitud dado. En este caso, obtenga ΔT primero; la temperatura final será $T_0 + \Delta T$.

2. La consistencia de unidades es crucial, como siempre. L_0 y ΔL (o V_0 y ΔV) deben tener las mismas unidades, y si usa un valor de α o β en K^{-1} o $(\text{C}^\circ)^{-1}$, ΔT debe estar en kelvin o grados Celsius (C°). En cambio, se puede usar K y C° indistintamente.

EVALUAR la respuesta: Compruebe que sus resultados sean lógicos. Recuerde que los tamaños de los agujeros en un material se expanden con la temperatura como cualquier otra dimensión lineal, y el volumen de una cavidad (como el volumen de un recipiente) se expande igual que la forma sólida correspondiente.

Ejemplo 17.2

Cambio de longitud por cambio de temperatura I

Un evaluador usa una cinta métrica de acero que tiene exactamente 50.000 m de longitud a 20°C . ¿Qué longitud tiene en un caluroso día de verano en el que la temperatura es de 35°C ?

SOLUCIÓN

IDENTIFICAR Y PLANTEAR: Se trata de un problema de expansión lineal, así que usamos la ecuación (17.6). Tenemos $L_0 = 50.000$ m, $T_0 = 20^\circ\text{C}$ y $T = 35^\circ\text{C}$, y obtenemos el valor de α de la tabla 17.1. La incógnita es la nueva longitud, L .

EJECUTAR: El cambio de temperatura es $\Delta T = T - T_0 = 15^\circ\text{C}$; así que, por la ecuación (17.6), el cambio de longitud ΔL y la longitud final $L = L_0 + \Delta L$ son

$$\begin{aligned}\Delta L &= \alpha L_0 \Delta T = (1.2 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1})(50 \text{ m})(15 \text{ K}) \\ &= 9.0 \times 10^{-3} \text{ m} = 9.0 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$L = L_0 + \Delta L = 50.000 \text{ m} + 0.009 \text{ m} = 50.009 \text{ m}$$

Así, la longitud a 35°C es de 50.009 m.

EVALUAR: Observe que L_0 se da con 5 cifras significativas pero sólo necesitamos dos de ellas para calcular ΔL . Observe también que ΔL es proporcional a la longitud inicial L_0 : una cinta de 50 m se expande 9 mm; una de 0.50 m (50 cm) sólo se expandiría 0.090 mm.

Este ejemplo muestra que los metales se expanden muy poco cuando el cambio de temperatura es moderado. Una bandeja metálica para hornear en un horno a 200°C no es mucho mayor que a temperatura ambiente.

Ejemplo 17.3

Cambio de longitud por cambio de temperatura II

En el ejemplo 17.2, el evaluador usa la cinta para medir una distancia cuando la temperatura es de 35°C ; el valor que lee es 35.794 m. Determine la distancia real. Suponga que la cinta está calibrada para usarse a 20°C .

SOLUCIÓN

IDENTIFICAR Y PLANTEAR: Como vimos en el ejemplo 17.2, a 35°C la cinta se expandió un poco; la distancia entre dos marcas sucesivas de metro es un poco más de un metro, así que la escala subestima la distancia real. Por tanto, la distancia verdadera es *mayor* que la leída, por un factor igual al cociente entre la longitud L de la cinta a 35°C y su longitud L_0 a 20°C .

EJECUTAR: La razón L/L_0 es $(50.009\text{ m})/(50.000\text{ m})$, así que la distancia verdadera es

$$\frac{50.009\text{ m}}{50.000\text{ m}}(35.794\text{ m}) = 35.800\text{ m}$$

EVALUAR: Aunque la diferencia de $0.008\text{ m} = 8\text{ mm}$ entre la lectura de la escala y la distancia real parece pequeña, puede ser importante en trabajos de precisión.

Ejemplo 17.4

Cambio de volumen por cambio de temperatura

Un frasco de vidrio de 200 cm^3 se llena al borde con mercurio a 20°C . ¿Cuánto mercurio se desborda si la temperatura del sistema se eleva a 100°C ? El coeficiente de expansión lineal del vidrio es de $0.40 \times 10^{-5}\text{ K}^{-1}$.

SOLUCIÓN

IDENTIFICAR: Este problema implica la expansión de volumen del vidrio y del mercurio. La cantidad derramada depende de la *diferencia* entre los cambios de volumen de estos dos materiales.

PLANTEAR: La cantidad derramada es igual a la diferencia entre los valores de ΔV para el mercurio y el vidrio, ambos dados por la ecuación (17.8). Para que el mercurio se derrame, su coeficiente de expansión de volumen β debe ser *mayor* que el del vidrio. El valor para el mercurio, tomado de la tabla 17.2, es $\beta_{\text{mercurio}} = 18 \times 10^{-5}\text{ K}^{-1}$; el valor de β para este tipo de vidrio lo obtenemos con la ecuación (17.9), $\beta = 3\alpha$.

EJECUTAR: El coeficiente de expansión de volumen para el vidrio es

$$\beta_{\text{vidrio}} = 3\alpha_{\text{vidrio}} = 3(0.40 \times 10^{-5}\text{ K}^{-1}) = 1.2 \times 10^{-5}\text{ K}^{-1}$$

El aumento de volumen del frasco es

$$\begin{aligned}\Delta V_{\text{vidrio}} &= \beta_{\text{vidrio}}V_0\Delta T \\ &= (1.2 \times 10^{-5}\text{ K}^{-1})(200\text{ cm}^3)(100^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C}) \\ &= 0.19\text{ cm}^3\end{aligned}$$

El aumento de volumen del mercurio es

$$\begin{aligned}\Delta V_{\text{mercurio}} &= \beta_{\text{mercurio}}V_0\Delta T \\ &= (18 \times 10^{-5}\text{ K}^{-1})(200\text{ cm}^3)(100^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C}) \\ &= 2.9\text{ cm}^3\end{aligned}$$

El volumen de mercurio que se desborda es

$$\Delta V_{\text{mercurio}} - \Delta V_{\text{vidrio}} = 2.9\text{ cm}^3 - 0.19\text{ cm}^3 = 2.7\text{ cm}^3$$

EVALUAR: Básicamente, así es como funciona un termómetro de mercurio en vidrio, excepto que, en lugar de dejar que el mercurio se derrame, se deja que suba dentro de un tubo sellado al aumentar T .

Como muestran las tablas 17.1 y 17.2, el vidrio tiene coeficientes de expansión α y β menores que la mayor parte de los metales. Es por ello que podemos usar agua caliente para aflojar la tapa metálica de un frasco de vidrio; el metal se expande más que el vidrio.

Expansión térmica del agua

El agua, en el intervalo de temperaturas de 0°C a 4°C , se *contrae* al aumentar la temperatura. En este intervalo, su coeficiente β es *negativo*. Por arriba de 4°C , el agua se expande al calentarse (Fig. 17.11). Por tanto, el agua tiene su mayor densidad a 4°C . El agua también se expande al congelarse, lo cual explica por qué se

forman jorobas en el centro de los compartimentos de una charola para cubitos de hielo. En contraste, la mayor parte de los materiales se contraen al congelarse.

Este comportamiento anómalo del agua tiene un efecto importante sobre la vida vegetal y animal en los lagos. Un lago se enfría de la superficie hacia abajo; por arriba de los 4°C , el agua enfriada en la superficie se hunde por su mayor densidad; en cambio, cuando la temperatura superficial baja de 4°C , el agua cerca de la superficie es menos densa que la de abajo, que es más caliente. Por tanto, el flujo hacia abajo cesa y el agua cerca de la superficie sigue siendo más fría que en el fondo. Al congelarse la superficie, el hielo flota porque es menos denso que el agua. El agua en el fondo sigue a 4°C hasta que casi todo el lago se congela. Si el agua se comportara como la mayor parte de las sustancias, contrayéndose continuamente al enfriarse y congelarse, los lagos se helarían de abajo hacia arriba. La circulación por diferencias de densidad haría subir continuamente el agua más caliente para un enfriamiento más eficiente, y los lagos se congelarían por completo con mucha mayor facilidad. Esto destruiría todas las plantas y animales que no resisten el congelamiento. Si el agua no tuviera esta propiedad especial, la evolución de la vida habría seguido un curso muy diferente.

Esfuerzo térmico

Si sujetamos rigidamente los extremos de una varilla para evitar su expansión o contracción y luego variamos la temperatura, aparecerán esfuerzos de tensión o compresión llamados **esfuerzos térmicos**. La varilla quiere expandirse o contraerse, pero las abrazaderas no la dejan. Los esfuerzos pueden ser tan grandes que deformen irreversiblemente la varilla o incluso la rompan. (Quizá sea conveniente repasar la explicación de esfuerzo y deformación en la sección 11.4.)

Los ingenieros deben tomar en cuenta el esfuerzo térmico al diseñar estructuras. Las autopistas de hormigón y las cubiertas de puentes suelen tener espacios entre secciones, llenos con material flexible o salvados por dientes que embonan (Fig. 17.12), a fin de permitir la expansión y contracción del hormigón. Las tuberías de vapor largas tienen juntas de expansión o secciones con forma de U para evitar que se pandeen o estiren al cambiar la temperatura. Si un extremo de un puente de acero está fijo rigidamente a su estribo, el otro por lo regular descansa en rodillos.

Para calcular los esfuerzos térmicos en una varilla sujeta, calculamos qué tanto se expandiría (o contraería) si no estuviera sujeta, y luego calculamos el esfuerzo necesario para comprimirla (o estirla) a su longitud original. Suponga que una varilla de longitud L_0 y área transversal A se mantiene en longitud constante mientras la temperatura se reduce (ΔT negativo), causando un esfuerzo de tensión. El cambio fraccionario de longitud si la varilla estuviera libre sería

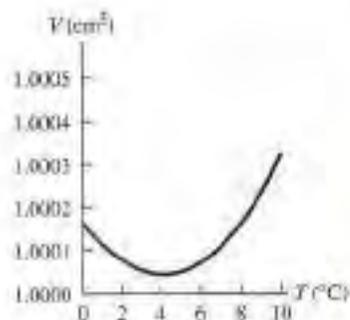
$$\left(\frac{\Delta L}{L_0}\right)_{\text{libre}} = \alpha \Delta T \quad (17.10)$$

Tanto ΔL como ΔT son negativos. La tensión debe aumentar en una cantidad F apenas suficiente para producir un cambio fraccionario de longitud igual y opuesto ($\Delta L/L_0$)_{resista}. Por la definición del módulo de Young, ecuación (11.10),

$$Y = \frac{F/A}{\Delta L/L_0} \quad \text{así que} \quad \left(\frac{\Delta L}{L_0}\right)_{\text{resista}} = \frac{F}{AY} \quad (17.11)$$

Si la longitud ha de ser constante, el cambio fraccionario *total* de longitud debe ser cero. Por las ecuaciones (17.10) y (17.11), esto implica que

$$\left(\frac{\Delta L}{L_0}\right)_{\text{libre}} + \left(\frac{\Delta L}{L_0}\right)_{\text{resista}} = \alpha \Delta T + \frac{F}{AY} = 0$$



17.11 Volumen de un gramo de agua en el intervalo de temperaturas de 0°C a 10°C . A los 100°C , el volumen ha aumentado a 1.034 cm^3 . Si el coeficiente de expansión de volumen fuera constante, la curva sería una línea recta.



17.12 Los dientes de una articulación de expansión de un puente. Se requieren estas articulaciones para dar cabida a los cambios de longitud resultado de la expansión térmica.

Despejando el esfuerzo de tensión F/A necesario para mantener constante la longitud, tenemos

$$\frac{F}{A} = -Y\alpha \Delta T \quad (\text{esfuerzo térmico}) \quad (17.12)$$

Si la temperatura disminuye, ΔT es negativo, así que F y F/A son positivos; esto implica que se requiere una fuerza y un esfuerzo de tensión para mantener la longitud. Si ΔT es positivo, F y F/A son negativos, y la fuerza y el esfuerzo requeridos son de compresión.

Si hay diferencias de temperatura dentro de un cuerpo, habrá expansión o contracción no uniformes y pueden inducirse esfuerzos térmicos. Podemos romper un tazón de vidrio vertiendo en él agua muy caliente; el esfuerzo térmico entre las partes caliente y fría excede el esfuerzo de ruptura del vidrio, agrietándolo. El mismo fenómeno hace que se rompa un cubo de hielo si se deja caer en agua tibia. Los vidrios resistentes al calor, como PyrexSM, tienen coeficientes de expansión excepcionalmente bajos y una resistencia elevada.

Ejemplo 17.5

Esfuerzo térmico

Un cilindro de aluminio de 10 cm de longitud, con área transversal de 20 cm², se usará como espaciador entre dos paredes de acero. A 17.2°C, el cilindro apenas se desliza entre las paredes. Si se calienta a 22.3°C, ¿qué esfuerzo habrá en el cilindro y qué fuerza total ejercerá éste sobre cada pared, suponiendo que las paredes son perfectamente rígidas y separadas por una distancia constante?

SOLUCIÓN

IDENTIFICAR Y PLANTEAR: Usaremos la ecuación (17.12) para relacionar el esfuerzo (la incógnita) con el cambio de temperatura. Los valores necesarios para el módulo de Young Y y el coeficiente de expansión lineal α son los del aluminio, el material de que está hecho el cilindro. Obtendremos estos valores de las tablas 11.1 y 17.1, respectivamente.

EJECUTAR: Para el aluminio, $Y = 7.0 \times 10^{10}$ Pa y $\alpha = 2.4 \times 10^{-5}$ K⁻¹. El cambio de temperatura es $\Delta T = 22.3^\circ\text{C} - 17.2^\circ\text{C} = 5.1$ C° = 5.1 K. El esfuerzo es F/A ; por la ecuación (17.12),

$$\begin{aligned} \frac{F}{A} &= -Y\alpha \Delta T = -(0.70 \times 10^{11} \text{ Pa})(2.4 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1})(5.1 \text{ K}) \\ &= -8.6 \times 10^6 \text{ Pa} \quad (\text{o } -1200 \text{ lb/pulg}^2) \end{aligned}$$

El signo negativo indica que se requiere un esfuerzo compresivo, no de tensión, para mantener constante la longitud del cilindro. Este esfuerzo es independiente de la longitud y del área de sección transversal del cilindro. La fuerza total F es el área transversal multiplicada por el esfuerzo:

$$\begin{aligned} F &= A \left(\frac{F}{A} \right) = (20 \times 10^{-4} \text{ m}^2)(-8.6 \times 10^6 \text{ Pa}) \\ &= -1.7 \times 10^4 \text{ N} \end{aligned}$$

o sea, casi 2 toneladas. El signo negativo indica compresión.

EVALUAR: El esfuerzo en el cilindro y la fuerza que ejerce sobre cada pared son inmensos. Esto destaca la importancia de contemplar tales esfuerzos térmicos en ingeniería.

En la tira bimetalica de la figura 17.3, el metal 1 es cobre. Encuentre dos materiales que podrían usarse como metal 2.

17.5 | Cantidad de calor

Si metemos una cuchara fría en una taza de café caliente, la cuchara se calienta y el café se enfría para acercarse al equilibrio térmico. La interacción que causa estos cambios de temperatura es básicamente una transferencia de *energía* de una sustancia a otra. La transferencia de energía que se da exclusivamente por una di-

ferencia de temperatura se llama *flujo de calor* o *transferencia de calor*, y la energía así transferida se llama **calor**.

Durante los siglos XVIII y XIX, se fue entendiendo poco a poco la relación entre el calor y otras formas de energía. Sir James Joule (1818-1889) estudió cómo puede calentarse el agua por agitación vigorosa con una rueda de paletas (Fig. 17.13a). Las paletas agregan energía al agua realizando *trabajo* sobre ella, y Joule observó que *el aumento de temperatura es directamente proporcional a la cantidad de trabajo realizado*. Se puede lograr el mismo cambio de temperatura poniendo el agua en contacto con un cuerpo más caliente (Fig. 17.13b); por lo tanto, esta interacción también debe implicar un intercambio de energía. Exploraremos la relación entre calor y energía mecánica con mayor detalle en los capítulos 19 y 20.

CUIDADO Es absolutamente indispensable tener bien clara la distinción entre *temperatura* y *calor*. La temperatura depende del estado físico de un material y es una descripción cuantitativa de su calidez o frialdad. En física, el término "calor" siempre se refiere a energía en tránsito de un cuerpo o sistema a otro a causa de una diferencia de temperatura, nunca a la cantidad de energía contenida en un sistema dado. Podemos modificar la temperatura de un cuerpo agregándole o quitándole calor, o agregándole o quitándole energía de otras formas, como trabajo mecánico (Fig. 17.13a). Si cortamos un cuerpo a la mitad, cada mitad tiene la misma temperatura que el todo; sin embargo, para elevar la temperatura de una *mitad* un intervalo dado, le agregamos la mitad del calor que agregaríamos al todo.

Podemos definir una *unidad* de cantidad de calor con base en el cambio de temperatura de un material específico. La **caloría** (abreviada cal) se define como *la cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de 1 g de agua de 14.5°C a 15.5°C*. También se usa la kilocaloría (kcal), igual a 1000 cal; las calorías de valor alimentario son en realidad kilocalorías. Una unidad correspondiente de calor que usa grados Fahrenheit y unidades inglesas es la **unidad térmica británica** o Btu. Una Btu es la cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de una libra (peso) de agua 1°F, de 63°F a 64°F.

Dado que el calor es energía en tránsito, debe haber una relación definida entre estas unidades y las de energía mecánica que conocemos, como el joule. Experimentos similares en concepto al de Joule han demostrado que

$$1 \text{ cal} = 4.186 \text{ J}$$

$$1 \text{ kcal} = 1000 \text{ cal} = 4186 \text{ J}$$

$$1 \text{ Btu} = 778 \text{ ft} \cdot \text{lb} = 252 \text{ cal} = 1055 \text{ J}$$

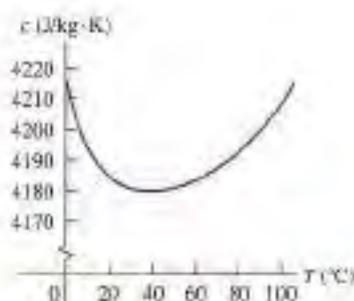
La caloría no es una unidad fundamental del SI. El Comité Internacional de Pesos y Medidas recomienda usar el joule como unidad básica de energía en todas sus formas, incluido el calor. Seguiremos esa recomendación en este libro.

Calor específico

Usamos el símbolo Q para cantidad de calor. Cuando el calor está asociado a un cambio de temperatura infinitesimal dT , lo llamamos dQ . Se observa que la cantidad de calor Q necesaria para elevar la temperatura de una masa m de cierto material de T_1 a T_2 es aproximadamente proporcional al cambio de temperatura $\Delta T = T_2 - T_1$ y a la masa m de material. Si calentamos agua para hacer té, necesitamos



17.13 El mismo cambio de temperatura del mismo sistema puede lograrse (a) realizando trabajo sobre él o (b) agregándole calor.



17.14 Capacidad calorífica del agua en función de la temperatura. El valor de c varía menos del 1% entre 0°C y 100°C.

el doble de calor para dos tazas que para una si el intervalo de temperatura es el mismo. La cantidad de calor requerida también depende de la naturaleza del material; se requieren 4190 J de calor para elevar la temperatura de 1 kg de agua 1 C°, pero sólo 910 J para elevar en 1 C° la temperatura de 1 kg de aluminio.

Juntando todas estas relaciones, tenemos

$$Q = mc \Delta T \quad (\text{calor requerido para cambiar la temperatura de la masa } m) \quad (17.13)$$

donde c es una cantidad, diferente para cada material, llamada **calor específico** (o *capacidad calorífica*) del material. Para un cambio infinitesimal de temperatura dT y la cantidad de calor correspondiente dQ ,

$$dQ = mc \, dT \quad (17.14)$$

$$c = \frac{1}{m} \frac{dQ}{dT} \quad (\text{calor específico}) \quad (17.15)$$

En las ecuaciones (17.13), (17.14) y (17.15), Q (o dQ) y ΔT (o dT) pueden ser positivos o negativos. Si son positivos, entra calor en el cuerpo y su temperatura aumenta; si son negativos, sale calor del cuerpo y su temperatura baja.

CUIDADO Recuerde que dQ no representa un cambio en la cantidad de calor contenida en un cuerpo; tal concepto carece de sentido. El calor siempre es energía en tránsito a causa de una diferencia de temperatura. No existe "la cantidad de calor de un cuerpo".

El calor específico del agua es aproximadamente

$$4190 \text{ J/kg} \cdot \text{K} \quad 1 \text{ cal/g} \cdot \text{C}^\circ \quad \text{o} \quad 1 \text{ Btu/lb} \cdot \text{F}^\circ$$

El calor específico de un material siempre depende un poco de la temperatura inicial y del intervalo de temperatura. La figura 17.14 muestra esta variación para el agua. En los problemas y ejemplos de este capítulo normalmente haremos caso omiso de esta variación.

Ejemplo 17.6

Comer con resfriado, ayunar con fiebre

Presa de la gripe, un hombre de 80 kg tuvo 2.0 C° de fiebre, es decir, tuvo una temperatura corporal de 39.0°C en lugar de la normal de 37.0°C. Suponiendo que el cuerpo humano es en su mayor parte agua, ¿cuánto calor se requirió para elevar su temperatura esa cantidad?

SOLUCIÓN

IDENTIFICAR: Este problema usa la relación entre: calor (la incógnita), masa, calor específico y cambio de temperatura.

PLANTEAR: Nos dan los valores de $m = 80 \text{ kg}$, $c = 4190 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$ (para el agua) y $\Delta T = 39.0^\circ\text{C} - 37.0^\circ\text{C} = 2.0 \text{ C}^\circ = 2.0 \text{ K}$. Usaremos la ecuación (17.13) para calcular el calor requerido.

EJECUTAR: Por la ecuación (17.13),

$$Q = mc \Delta T = (80 \text{ kg})(4190 \text{ J/kg} \cdot \text{K})(2.0 \text{ K}) = 6.7 \times 10^5 \text{ J}$$

EVALUAR: Esto corresponde a 160 kcal, o 160 calorías de alimentos. (De hecho, el calor específico del cuerpo humano es de cerca de 3480 J/kg · K, alrededor de 83% del del agua. La diferencia se debe a la presencia de: proteínas, grasa y minerales, que tienen menor calor específico. Con este valor de c , el calor requerido es $5.6 \times 10^5 \text{ J} = 133 \text{ kcal}$. Cualquiera de los resultados demuestra que, si no fuera por los sistemas reguladores de la temperatura del cuerpo, ingerir energía en forma de alimentos produciría cambios medibles en la temperatura del cuerpo. (En el caso de una persona con gripe, el aumento en la temperatura es resultado de la actividad extra del cuerpo al combatir la infección.)

Ejemplo
17.7

Circuitos sobrecalentados

Se está diseñando un elemento de circuito electrónico hecho con 23 mg de silicio. La corriente que pasa por él agrega energía a razón de $7.4 \text{ mW} = 7.4 \times 10^{-3} \text{ J/s}$. Si el diseño no contempla la eliminación de calor del elemento, ¿con qué rapidez aumentará su temperatura? El calor específico del silicio es de $705 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$.

SOLUCIÓN

IDENTIFICAR Y PLANTEAR: La incógnita es la razón de cambio de la temperatura. Por la ecuación (17.14), el cambio de temperatura ΔT en kelvin es proporcional al calor transferido en joules, así que la razón de cambio de la temperatura en K/s es proporcional a la razón de transferencia de calor en J/s.

EJECUTAR: En un segundo, $Q = (7.4 \times 10^{-3} \text{ J/s})(1 \text{ s}) = 7.4 \times 10^{-3} \text{ J}$. Por la ecuación (17.13), $Q = mc \Delta T$, el cambio de temperatura en un segundo es

$$\Delta T = \frac{Q}{mc} = \frac{7.4 \times 10^{-3} \text{ J}}{(23 \times 10^{-6} \text{ kg})(705 \text{ J/kg} \cdot \text{K})} = 0.46 \text{ K}$$

O bien, podemos dividir ambos miembros de la ecuación (17.14) entre dt y reacomodar:

$$\begin{aligned} \frac{dT}{dt} &= \frac{dQ/dt}{mc} \\ &= \frac{7.4 \times 10^{-3} \text{ J/s}}{(23 \times 10^{-6} \text{ kg})(705 \text{ J/kg} \cdot \text{K})} = 0.46 \text{ K/s} \end{aligned}$$

EVALUAR: Con esta rapidez de aumento de la temperatura (27 K cada minuto) el elemento de circuito pronto se autodestruiría. La transferencia de calor es una consideración importante en el diseño de elementos de circuitos electrónicos.

Capacidad calorífica molar

A veces resulta más útil describir una cantidad de sustancia en términos del número de moles n en lugar de la masa m del material. Recuerde (de sus clases de química) que un mol de cualquier sustancia para siempre contiene el mismo número de moléculas. (Veremos esto con mayor detalle en el capítulo 18.) La *masa molar* de cualquier sustancia, denotada con M , es la masa por mol. (A veces se llama a M *peso molecular*, pero es preferible *masa molar*; la cantidad depende de la masa de una molécula, no de su peso.) Por ejemplo, la masa molar del agua es de $18.0 \text{ g/mol} = 18.0 \times 10^{-3} \text{ kg/mol}$; un mol de agua tiene una masa de $18.0 \text{ g} = 0.0180 \text{ kg}$. La masa total m de material es la masa por mol M multiplicada por el número de moles n :

$$m = nM \quad (17.16)$$

Sustituyendo la masa m de la ecuación (17.13) por el producto nM , tenemos

$$Q = nMc \Delta T \quad (17.17)$$

El producto Mc se denomina **capacidad calorífica molar** (o *calor específico molar*) y se denota con C . Con esta notación, reescribimos la ecuación (17.17) así:

$$Q = nC \Delta T \quad (\text{calor requerido para cambiar la temperatura de } n \text{ moles}) \quad (17.18)$$

Comparando con la ecuación (17.15), podemos expresar la capacidad calorífica molar C (calor por mol por cambio de temperatura) en términos del calor específico c (calor por masa por cambio de temperatura) y la masa molar M (masa por mol):

$$C = \frac{1}{n} \frac{dQ}{dT} = Mc \quad (\text{capacidad calorífica molar}) \quad (17.19)$$

Por ejemplo, la capacidad calorífica molar del agua es

$$C = Mc = (0.0180 \text{ kg/mol})(4190 \text{ J/kg} \cdot \text{K}) = 75.4 \text{ J/mol} \cdot \text{K}$$

Tabla 17.3 Capacidades caloríficas específica y molar aproximadas (a presión constante)

Sustancia	Calor específico, c (J/kg · K)	M (kg/mol)	Capacidad calorífica molar, C (J/mol · K)
Aluminio	910	0.0270	24.6
Berilio	1970	0.00903	17.7
Cobre	390	0.0635	24.8
Etanol	2428	0.0461	111.9
Etilén glicol	2386	0.0620	148.0
Hielo (cerca de 0°C)	2100	0.0180	37.8
Hierro	470	0.0559	26.3
Plomo	130	0.207	26.9
Mármol (CaCO ₃)	879	0.100	87.9
Mercurio	138	0.201	27.7
Sal (NaCl)	879	0.0585	51.4
Plata	234	0.108	25.3
Agua (líquida)	4190	0.0180	75.4



17.15 El agua tiene un calor específico mucho más alto que el vidrio y los metales que se usan para hacer utensilios de cocina. Esto explica en parte por qué se requieren varios minutos para hervir agua en una estufa, aunque el recipiente alcanza una temperatura alta con gran rapidez.

En la tabla 17.3 se dan valores de capacidad calorífica molar para varias sustancias. Tome nota del extraordinariamente elevado calor específico del agua (Fig. 17.15).

¡CUIDADO! Es lamentable que se haya generalizado el uso del término *capacidad calorífica* porque da la impresión errónea de que un cuerpo *contiene* cierta cantidad de calor. Recuerde que el calor es energía en tránsito desde o hacia un cuerpo, no la energía que reside en el cuerpo.

La medición precisa de calores específicos y capacidades caloríficas molares requiere gran habilidad experimental. Lo usual es aportar una cantidad medida de energía mediante un alambre calefactor enrollado en una muestra. El cambio de temperatura ΔT se mide con un termómetro de resistencia o termopar incrustado en la muestra. Parece sencillo, pero se requiere gran cuidado para evitar o compensar una transferencia de calor no deseada entre la muestra y su entorno. Las mediciones en sólidos suelen hacerse a presión atmosférica constante; los valores correspondientes se llaman: *calor específico* y *capacidad calorífica molar a presión constante*, denotados con: c_p y C_p . En el caso de un gas, suele ser más fácil mantener la sustancia en un recipiente con *volumen* constante; los valores correspondientes son: *calor específico* y *capacidad calorífica molar a volumen constante*, denotados con: c_v y C_v . Para una sustancia dada, C_p y C_v son diferentes. Si el sistema puede expandirse al agregar calor, hay un intercambio adicional de energía porque el sistema efectúa *trabajo* sobre su entorno. Si el volumen es constante, el sistema no efectúa trabajo. En los gases, la diferencia entre C_p y C_v es sustancial. Estudiaremos las capacidades caloríficas de los gases a fondo en la sección 19.7.

La última columna de la tabla 17.3 muestra algo interesante. Las capacidades caloríficas molares de la mayor parte de los sólidos elementales son casi iguales, alrededor de 25 J/mol · K. Esta correlación, llamada *regla de Dulong y Petit* (por sus descubridores), es la base de una idea muy importante. El número de átomos en un mol es el mismo para todas las sustancias elementales. Esto implica que, *por átomos*, se requiere más o menos la misma cantidad de calor para elevar la temperatura de cada uno de estos elementos una cantidad dada, aunque las *masas* de los átomos sean muy diferentes. El calor requerido para un aumento de temperatura dado sólo depende de *cuántos* átomos hay en la muestra, no de la masa del átomo

individual. Veremos por qué esta regla funciona tan bien cuando estudiemos las bases moleculares de la capacidad calorífica con detalle en el capítulo 18.

Calorimetría y calor

Suponga que quiere usar el aparato de la figura 17.13a para calentar agua y preparar una taza de té. ¿Qué distancia tendría que caer un bloque de 1.00 kg para elevar la temperatura de 0.250 kg de agua de 20.0°C a 90.0°C? Suponga que toda la energía potencial que el bloque pierde al caer se usa para elevar la temperatura del agua.

17.6 | Calorimetría y cambios de fase

Calorimetría significa “medición de calor”. Hemos hablado de la transferencia de energía (calor) durante los cambios de temperatura. El calor también interviene en los *cambios de fase*, como la fusión del hielo o la ebullición del agua. Una vez que entendamos estas otras relaciones de calor, podremos analizar diversos problemas de cantidad de calor.

Cambios de fase

Usamos el término **fase** para describir un estado específico de la materia, como sólido, líquido o gas. El compuesto H_2O existe: en la *fase sólida* como hielo, en la *fase líquida* como agua y en la *fase gaseosa* como vapor de agua. (También llamamos a éstos **estados de la materia**: el estado sólido, el estado líquido y el estado gaseoso.) Una transición de una fase a otra es un **cambio de fase**. Para una presión dada, los cambios de fase se dan a una temperatura definida, generalmente acompañada por absorción o emisión de calor y un cambio de volumen y densidad.

Un ejemplo conocido de cambio de fase es la fusión del hielo. Si agregamos calor a hielo a 0°C y presión atmosférica normal, la temperatura del hielo *no* aumenta. En vez de ello, parte de él se funde para formar agua líquida. Si agregamos el calor lentamente, manteniendo el sistema muy cerca del equilibrio térmico, la temperatura seguirá en 0°C hasta que todo el hielo se haya fundido (Fig. 17.16). El efecto de agregar calor a este sistema no es elevar su temperatura sino cambiar su *fase* de sólida a líquida.

Para convertir 1 kg de hielo a 0°C en 1 kg de agua líquida a 0°C y presión atmosférica normal, necesitamos 3.34×10^5 J de calor. El calor requerido por unidad de masa se llama **calor de fusión** (o *calor latente de fusión*), denotado con L_f . Para el agua a presión atmosférica normal el calor de fusión es

$$L_f = 3.34 \times 10^5 \text{ J/kg} = 79.6 \text{ cal/g} = 143 \text{ Btu/lb}$$

En términos más generales, para fundir una masa m de material con calor de fusión L_f se requiere una cantidad de calor Q dada por

$$Q = mL_f$$

Este proceso es *reversible*. Para congelar agua líquida a 0°C tenemos que *quitar* calor; la magnitud es la misma, pero ahora Q es negativo porque se quita calor en lugar de agregarse. A fin de cubrir ambas posibilidades e incluir otros tipos de cambios de fase, escribimos

$$Q = \pm mL_f \quad (\text{transferencia de calor en un cambio de fase}) \quad (17.20)$$



17.16 El aire circundante está a temperatura ambiente, pero esta mezcla de hielo y agua se mantiene a 0°C hasta que todo el hielo se funde y el cambio de fase es total.



17.17 El metal galio, que vemos aquí fundiéndose en la mano de una persona, es uno de los pocos elementos que funden cerca de la temperatura ambiente. Su temperatura de fusión es de 29.8°C y su calor de fusión es de $8.04 \times 10^4 \text{ J/kg}$.

Usamos el signo más (entra calor) cuando el material se funde, y el signo menos (sale calor) cuando se congela. El calor de fusión es diferente para diferentes materiales, y también varía un poco con la presión.

Para un material dado, a una presión dada, la temperatura de congelación es la misma que la de fusión. En esta temperatura única, las fases líquida y sólida (agua líquida y hielo, por ejemplo) pueden coexistir en una condición llamada **equilibrio de fases**.

Una cosa análoga sucede con la *ebullición* o *evaporación*, una transición de fase entre líquido y gas. El calor correspondiente (por unidad de masa) se llama **calor de vaporización** L_v . A presión atmosférica normal el calor de vaporización L_v del agua es

$$L_v = 2.256 \times 10^6 \text{ J/kg} = 539 \text{ cal/g} = 970 \text{ Btu/lb}$$

Es decir, necesitamos $2.256 \times 10^6 \text{ J}$ para convertir 1 kg de agua a 100°C en 1 kg de vapor a 100°C . En contraste, para elevar la temperatura de 1 kg de agua de 0°C a 100°C se requieren $Q = mc\Delta T = (1.00 \text{ kg})(4190 \text{ J/kg} \cdot \text{C}^\circ)(100 \text{ C}^\circ) = 4.19 \times 10^5 \text{ J}$, menos de la quinta parte del calor necesario para la vaporización a 100°C . Esto concuerda con nuestra experiencia en la cocina; una olla de agua puede alcanzar la temperatura de ebullición en unos minutos, pero tarda mucho más en evaporarse por completo.

Al igual que la fusión, la ebullición es una transición reversible. Si quitamos calor a un gas a la temperatura de ebullición, el gas vuelve a la fase líquida (se *condensa*), cediendo a su entorno la misma cantidad de calor (calor de vaporización) que se necesitó para vaporizarlo. A una presión dada, las temperaturas de ebullición y condensación siempre son la misma; en ella, las fases líquida y gaseosa pueden coexistir en equilibrio de fases.

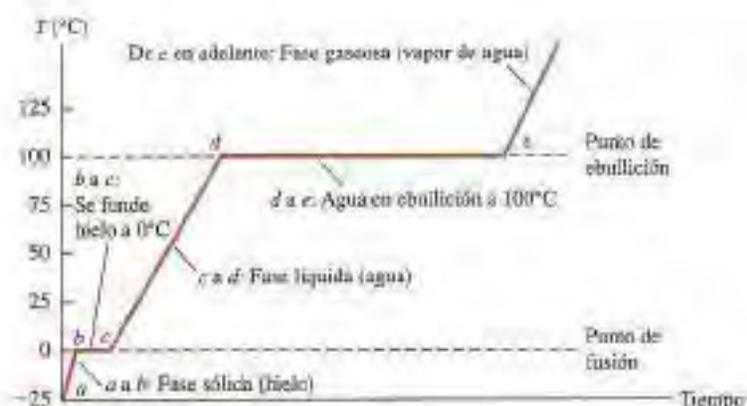
Tanto L_v como la temperatura de ebullición de un material dependen de la presión. El agua hierve a menor temperatura (cerca de 95°C) en Denver que en Pittsburgh porque Denver está a mayor altura y la presión atmosférica media es menor. El calor de vaporización es un poco más alto a esta presión reducida, cerca de $2.27 \times 10^6 \text{ J/kg}$.

La tabla 17.4 presenta calores de fusión y vaporización para varios materiales y sus temperaturas de fusión y ebullición a presión atmosférica normal. Muy po-

Tabla 17.4 Calores de fusión y de vaporización

Sustancia	Punto de fusión normal		Calor de fusión, L_f (J/kg)	Punto de ebullición normal		Calor de vaporización, L_v (J/kg)
	K	$^\circ\text{C}$		K	$^\circ\text{C}$	
Helio	*	*	*	4.216	-268.93	20.9×10^3
Hidrógeno	13.84	-259.31	58.6×10^3	20.26	-252.89	452×10^3
Nitrógeno	63.18	-209.97	25.5×10^3	77.34	-195.8	201×10^3
Oxígeno	54.36	-218.79	13.8×10^3	90.18	-183.0	213×10^3
Etolol	159	-114	104.2×10^3	351	78	854×10^3
Mercurio	234	-39	11.8×10^3	630	357	272×10^3
Agua	273.15	0.00	334×10^3	373.15	100.00	2256×10^3
Azufre	392	119	38.1×10^3	717.75	444.60	326×10^3
Plomo	600.5	327.3	24.5×10^3	2023	1750	871×10^3
Antimonio	903.65	630.50	165×10^3	1713	1440	561×10^3
Fúsa	1233.95	960.80	88.3×10^3	2466	2193	2336×10^3
Alto	1336.15	1063.00	64.5×10^3	2933	2660	1578×10^3
Cobre	1356	1083	134×10^3	1460	1187	5069×10^3

*Se requiere una presión mayor que 25 atm para solidificar el helio. A presión de 1 atm, el helio sigue siendo líquido hasta el cero absoluto.



17.18 Gráfico de temperatura contra tiempo para una muestra de agua que inicialmente está en la fase sólida (hielo). Se agrega calor con razón constante. La temperatura no cambia durante los cambios de fase si la presión se mantiene constante.

cos *elementos* tienen temperaturas de fusión cercanas a la temperatura ambiente; uno de ellos es el metal galio (Fig. 17.17).

La figura 17.18 muestra cómo varía la temperatura cuando agregamos calor continuamente a una muestra de hielo con una temperatura inicial menor que 0°C (punto *a*). La temperatura aumenta hasta llegar al punto de fusión (punto *b*). Al agregar más calor, la temperatura se mantiene constante hasta que se derrite todo el hielo (punto *c*). Luego, la temperatura aumenta otra vez hasta llegar al punto de ebullición (punto *d*), donde se mantiene constante hasta que toda el agua ha pasado a la fase de vapor (punto *e*). Si la razón de aporte de calor es constante, la pendiente de la línea para la fase sólida (hielo) tiene una pendiente más empinada que para la líquida. ¿Entiende por qué? (Véase la tabla 17.3.)

A veces, una sustancia puede cambiar directamente de la fase sólida a la gaseosa. Este proceso se llama *sublimación* y se dice que el sólido se *sublima*. El calor correspondiente es el *calor de sublimación* L_s . El dióxido de carbono (CO_2) líquido no puede existir a una presión menor que $5 \times 10^5 \text{ Pa}$ (unas 5 atm), y el “hielo seco” (CO_2 sólido) se sublima a presión atmosférica. La sublimación de agua de alimentos congelados causa las “quemaduras de congelador”. El proceso inverso, un cambio de fase de gas a sólido, se presenta cuando se forma escarcha en cuerpos fríos como las espiras de enfriamiento de un refrigerador.

El agua muy pura puede enfriarse varios grados por debajo del punto de congelación sin congelarse; el estado inestable que resulta se describe como *sobreenfriado*. Si se introduce un cristal de hielo o se agita el agua, se cristalizará en un segundo o menos. El *vapor* de agua sobreenfriado se condensa rápidamente para formar neblina si se introduce una alteración, como partículas de polvo o radiación ionizante. Se usa este principio para “bombardear” las nubes, que a menudo contienen vapor sobreenfriado, y causar condensación y lluvia.

A veces es posible *sobrecalentar* un líquido por encima de su temperatura de ebullición normal. Cualquier alteración pequeña, como agitación, causa ebullición local con formación de burbujas.

Los sistemas de calefacción por vapor de agua usan un proceso de ebullición-condensación para transferir calor del horno a los radiadores. Cada kg de agua convertido en vapor en la caldera absorbe más de $2 \times 10^6 \text{ J}$ (el calor de vaporización L_v del agua) de la caldera y lo cede al condensarse en los radiadores. También se usan procesos de ebullición-condensación en los refrigeradores, acondicionadores de aire y bombas de calor. Veremos estos sistemas en el capítulo 20.

Los mecanismos de control de temperatura de muchos animales de sangre caliente aprovechan el calor de vaporización: eliminan calor del cuerpo usándolo



17.19 Aunque el agua esté tibia y el día sea caluroso, estos niños sentirán frío cuando salgan de la alberca. Ello se debe a que, al evaporarse agua de su piel, extrae de su cuerpo el calor de vaporización que necesita. Para mantenerse calientes, tendrán que secarse de inmediato.

para evaporar agua de la lengua (jadeo), o de la piel (sudor). El enfriamiento evaporativo permite al ser humano mantener su temperatura corporal normal en climas desérticos donde la temperatura del aire puede alcanzar los 55°C . La temperatura de la piel puede ser hasta 30°C menor que la del aire circundante. En estas condiciones, una persona llega a sudar varios litros al día. Si no se repone esta agua, el resultado será deshidratación, fiebre térmica y la muerte. Las "ratas de desierto" experimentadas (como uno de los autores) aseguran que, en el desierto, una cantimplora de menos de un galón es sólo un juguete. El enfriamiento evaporativo también explica por qué sentimos frío al salir de una alberca (Fig. 17.19).

También se usa el enfriamiento evaporativo para enfriar edificios en climas calientes y secos, y para condensar y recircular vapor de agua "usado" en plantas generadoras nucleares o que queman carbón. Eso es lo que sucede en las grandes torres de enfriamiento hechas de hormigón que vemos en tales plantas.

Las reacciones químicas, como la combustión, son análogas a los cambios de fase en cuanto a que implican cantidades definidas de calor. La combustión total de un gramo de gasolina produce unos $46,000\text{ J}$ ($11,000\text{ cal}$), así que el **calor de combustión** L_c de la gasolina es

$$L_c = 46,000\text{ J/g} = 4.6 \times 10^7\text{ J/kg}$$

Los valores energéticos de los alimentos se definen de forma similar; la unidad de energía de alimentos, aunque llamada caloría, es una *kilocaloría* ($1,000\text{ cal} = 4,186\text{ J}$). Al decir que un gramo de mantequilla de mani "contiene 6 calorías", queremos decir que se liberan 6 kcal de calor ($6,000\text{ cal}$ o $25,000\text{ J}$) cuando los átomos de carbono e hidrógeno de la mantequilla reaccionan con oxígeno (con la ayuda de enzimas) y se convierten por completo en: CO_2 y H_2O . No toda esta energía puede convertirse directamente en trabajo mecánico. Estudiaremos la *eficiencia* de la utilización de la energía en el capítulo 20.

Cálculos de calor

Veamos algunos ejemplos de cálculos calorimétricos (cálculos con calor). El principio básico es sencillo: si fluye calor entre dos cuerpos aislados de su entorno, el calor perdido por un cuerpo debe ser igual al ganado por el otro. El calor es energía en tránsito, así que este principio es realmente la conservación de la energía. La calorimetría, que sólo se ocupa de una cantidad conservada, es en varios sentidos la más sencilla de todas las teorías físicas.

Estrategia para
resolver problemas

Problemas de calorimetría

IDENTIFICAR los conceptos relevantes: El principio en que se basan los cálculos de calorimetría (cálculos con calor) es muy sencillo: cuando fluye calor entre dos cuerpos que están aislados de su entorno, la cantidad de calor perdida por un cuerpo debe ser igual a la ganada por el otro. El calor es energía en tránsito, así que este principio es realmente la conservación de la energía. La calorimetría, que sólo se ocupa de una cantidad conservada, es en varios sentidos la más sencilla de todas las teorías físicas.

PLANTEAR el problema siguiendo estos pasos:

1. Identifique los objetos que intercambian calor. Para evitar confusión con los signos algebraicos, tome cada cantidad de calor agregada a un cuerpo como *positiva*, y cada can-

tidad que *sale* de un cuerpo, como *negativa*. Si varios cuerpos interactúan, la *suma algebraica* de las cantidades de calor transferidas a todos los cuerpos debe ser cero.

2. Cada objeto sufrirá un cambio de temperatura sin cambio de fase, un cambio de fase a temperatura constante, o ambas cosas. Use la ecuación (17.13) para describir los cambios de temperatura y la ecuación (17.20) para describir los cambios de fase.
3. Consulte en la tabla 17.3 valores de calor específico o de capacidad calorífica molar, y en la 17.4, calores de fusión o de vaporización.
4. Asegúrese de identificar las cantidades conocidas y las incógnitas desconocidas.

EJECUTAR la solución como sigue:

- Despeje las incógnitas de la ecuación (17.13) o de la (17.20), o de ambas. Muchas veces habrá que calcular una temperatura desconocida. Representela con un símbolo algebraico como T . Así, si un cuerpo tiene una temperatura inicial de 20°C y una temperatura final T desconocida, el cambio de temperatura será $\Delta T = T_{\text{final}} - T_{\text{inicial}} = T - 20^\circ\text{C}$ (no $20^\circ\text{C} - T$).
- En problemas en los que hay cambios de fase, como hielo que se derrite, tal vez no se sepa anticipadamente si *todo*

el material cambia de fase o sólo una parte. Siempre puede suponerse una cosa o la otra y, si se obtiene un resultado absurdo (como una temperatura final más alta o más baja que *todas* las temperaturas iniciales), se sabrá que el supuesto inicial era erróneo. ¡Regrese e inténtelo otra vez!

EVALUAR la respuesta: Un error común es usar el signo algebraico equivocado para un término en Q o en ΔT . Vuelva a revisar sus cálculos y asegúrese de que los resultados finales sean físicamente lógicos.

Ejemplo 17.8

Cambio de temperatura sin cambio de fase

Una geóloga en el campo bebe su café matutino de una taza de aluminio. La taza tiene una masa de 0.120 kg e inicialmente está a 20.0°C cuando se vierte en ella 0.300 kg de café que inicialmente estaba a 70.0°C . ¿En qué temperatura final alcanzan la taza y el café equilibrio térmico? (Suponga que el calor específico del café es el mismo del agua y que no hay intercambio de calor con el entorno.)

SOLUCIÓN

IDENTIFICAR Y PLANTEAR: No hay cambios de fase en esta situación, así que sólo necesitamos la ecuación (17.13). Los dos objetos que debemos considerar son: la taza y el café, y la incógnita es su temperatura final.

EJECUTAR: Usando la tabla 17.3, el calor (negativo) ganado por el café es

$$\begin{aligned} Q_{\text{café}} &= m_{\text{café}} c_{\text{agua}} \Delta T_{\text{café}} \\ &= (0.300\text{ kg})(4190\text{ J/kg}\cdot\text{K})(T - 70.0^\circ\text{C}) \end{aligned}$$

El calor (positivo) ganado por la taza de aluminio es

$$\begin{aligned} Q_{\text{aluminio}} &= m_{\text{aluminio}} c_{\text{aluminio}} \Delta T_{\text{aluminio}} \\ &= (0.120\text{ kg})(910\text{ J/kg}\cdot\text{K})(T - 20.0^\circ\text{C}) \end{aligned}$$

Igualemos a cero la suma de estas dos cantidades de calor, obteniendo una ecuación algebraica para T :

$$\begin{aligned} Q_{\text{café}} + Q_{\text{aluminio}} &= 0 \quad \text{o sea} \\ (0.300\text{ kg})(4190\text{ J/kg}\cdot\text{K})(T - 70.0^\circ\text{C}) \\ &+ (0.120\text{ kg})(910\text{ J/kg}\cdot\text{K})(T - 20.0^\circ\text{C}) = 0 \end{aligned}$$

La solución de esta ecuación da $T = 66.0^\circ\text{C}$.

EVALUAR: La temperatura final es mucho más cercana a la temperatura inicial del café que a la de la taza; el agua tiene un calor específico mucho mayor que el aluminio, y tenemos más del doble de masa de agua. También podemos calcular las cantidades de calor sustituyendo este valor de T en las ecuaciones originales. Vemos que $Q_{\text{café}} = -5.0 \times 10^3\text{ J}$ y $Q_{\text{aluminio}} = +5.0 \times 10^3\text{ J}$; $Q_{\text{café}}$ es negativo, lo que implica que el café pierde calor.

Ejemplo 17.9

Cambios de temperatura y fase

Una estudiante de física desea enfriar 0.25 kg de Diet Omni-Cola (casi pura agua), que está a 25°C , agregándole hielo que está a -20°C . ¿Cuánto hielo debe agregar para que la temperatura final sea 0°C con todo el hielo derretido, si puede despreciarse la capacidad calorífica del recipiente?

SOLUCIÓN

IDENTIFICAR Y PLANTEAR: El hielo y la gaseosa son los objetos que intercambian calor. La Omni-Cola sufre sólo un cambio de temperatura, mientras que el hielo sufre tanto un cambio de temperatura como un cambio de fase, de sólido a líquido. La incógnita es la masa de hielo, m_{hielo} .

EJECUTAR: La Omni-Cola pierde calor, así que el calor que se le agrega es negativo:

$$\begin{aligned} Q_{\text{Omni}} &= m_{\text{Omni}} c_{\text{agua}} \Delta T_{\text{Omni}} \\ &= (0.25\text{ kg})(4190\text{ J/kg}\cdot\text{K})(0^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C}) \\ &= -26,000\text{ J} \end{aligned}$$

De la tabla 17.3, el calor específico del hielo (distinto al del agua líquida) es $2.1 \times 10^3\text{ J/kg}\cdot\text{K}$. Sea la masa de hielo m_{hielo} ; el calor Q_1 necesario para calentarlo de -20°C a 0°C es

$$\begin{aligned} Q_1 &= m_{\text{helo}} c_{\text{helo}} \Delta T_{\text{helo}} \\ &= m_{\text{helo}} (2.1 \times 10^3 \text{ J/kg} \cdot \text{K}) [0^\circ\text{C} - (-20^\circ\text{C})] \\ &= m_{\text{helo}} (4.2 \times 10^4 \text{ J/kg}) \end{aligned}$$

Por la ecuación (17.20), el calor adicional Q_2 necesario para fundir esta masa de hielo es la masa multiplicada por el calor de fusión. Usando la tabla 17.4, obtenemos

$$\begin{aligned} Q_2 &= m_{\text{helo}} L_f \\ &= m_{\text{helo}} (3.34 \times 10^5 \text{ J/kg}) \end{aligned}$$

La suma de estas tres cantidades debe ser cero:

$$\begin{aligned} Q_{\text{cristal}} + Q_1 + Q_2 &= -26,000 \text{ J} + m_{\text{helo}} (42,000 \text{ J/kg}) \\ &\quad + m_{\text{helo}} (334,000 \text{ J/kg}) = 0 \end{aligned}$$

Despejando m_{helo} , obtenemos $m_{\text{helo}} = 0.069 \text{ kg} = 69 \text{ g}$.

EVALUAR: Esta masa de hielo corresponde a tres o cuatro cubitos de hielo de tamaño mediano, lo cual parece razonable para la cantidad de gaseosa del problema.

Ejemplo 17.10

¿Qué cocina?

Una olla gruesa de cobre de 2.0 kg (incluida su tapa) está a una temperatura de 150°C . Ud. vierte en ella 0.10 kg de agua a 25°C y rápidamente tapa la olla para que no pueda escapar el vapor. Calcule la temperatura final del vapor y de su contenido, y determine la fase (líquido o gas) del agua. Suponga que no se pierde calor al entorno.

SOLUCIÓN

IDENTIFICAR Y PLANTEAR: Los dos objetos que intercambian calor son: el agua y la olla. Hay tres posibles situaciones finales: 1) nada del agua hierve y la temperatura final es menor que 100°C ; 2) parte del agua hierve, y se produce una mezcla de agua y vapor a 100°C ; 3) toda el agua hierve, y se produce 0.10 kg de vapor a 100°C o más.

EJECUTAR: El caso más sencillo de calcular es el (1), así que probemos eso primero. Sea la temperatura final común del agua líquida y la olla T . Puesto que suponemos que no hay cambios de fase, la suma de las cantidades de calor agregadas a los dos materiales es

$$\begin{aligned} Q_{\text{agua}} + Q_{\text{cobre}} &= m_{\text{agua}} c_{\text{agua}} (T - 25^\circ\text{C}) \\ &\quad + m_{\text{cobre}} c_{\text{cobre}} (T - 150^\circ\text{C}) \\ &= (0.10 \text{ kg}) (4190 \text{ J/kg} \cdot \text{K}) (T - 25^\circ\text{C}) \\ &\quad + (2.0 \text{ kg}) (390 \text{ J/kg} \cdot \text{K}) (T - 150^\circ\text{C}) \\ &= 0 \end{aligned}$$

Despejando T , obtenemos $T = 106^\circ\text{C}$. Sin embargo, esto rebasa el punto de ebullición del agua, lo que contradice nuestro supuesto de que nada de agua hierve. Por lo tanto, el supuesto no puede ser correcto; al menos un poco de agua cambia de fase.

Si probamos la segunda posibilidad, de que la temperatura final sea 100°C , deberemos calcular la fracción de agua x que se evapo-

ra. La cantidad de calor (positiva) necesaria para vaporizar esta agua es $(xm_{\text{agua}})L_v$. Si hacemos a la temperatura final $T = 100^\circ\text{C}$, tenemos

$$\begin{aligned} Q_{\text{agua}} &= m_{\text{agua}} c_{\text{agua}} (100^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C}) + xm_{\text{agua}} L_v \\ &= (0.10 \text{ kg}) (4190 \text{ J/kg} \cdot \text{K}) (75 \text{ K}) \\ &\quad + x(0.10 \text{ kg}) (2.256 \times 10^6 \text{ J/kg}) \\ &= 3.14 \times 10^4 \text{ J} + x(2.256 \times 10^5 \text{ J}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{cobre}} &= m_{\text{cobre}} c_{\text{cobre}} (100^\circ\text{C} - 150^\circ\text{C}) \\ &= (2.0 \text{ kg}) (390 \text{ J/kg} \cdot \text{K}) (-50 \text{ K}) = -3.90 \times 10^4 \text{ J} \end{aligned}$$

El requisito que la suma de todas las cantidades de calor sea cero da entonces

$$\begin{aligned} Q_{\text{agua}} + Q_{\text{cobre}} &= 3.14 \times 10^4 \text{ J} + x(2.256 \times 10^5 \text{ J}) \\ &\quad - 3.90 \times 10^4 \text{ J} = 0 \\ x &= \frac{3.90 \times 10^4 \text{ J} - 3.14 \times 10^4 \text{ J}}{2.256 \times 10^5 \text{ J}} = 0.034 \end{aligned}$$

Esto es razonable, y concluimos que la temperatura final del agua y el cobre es 100°C . De los 0.10 kg de agua original, $0.034(0.10 \text{ kg}) = 0.0034 \text{ kg} = 3.4 \text{ g}$ se convirtió en vapor a 100°C .

EVALUAR: Si x hubiera resultado mayor que 1, habríamos tenido otra contradicción (la fracción de agua que se evaporó no puede ser mayor que 1). En este caso, la descripción correcta habría sido la tercera posibilidad: toda el agua se habría evaporado y la temperatura final habría sido mayor que 100°C . ¿Puede demostrar que esto es lo que habría sucedido si hubiéramos vertido originalmente menos de 15 g de agua a 25°C en la olla?

Ejemplo
17.11

Combustión, cambio de temperatura y cambio de fase

En cierta estufa de gasolina para acampar, 30% de la energía liberada al quemar el combustible calienta el agua de la olla en la estufa. Si calentamos 1.00 L (1.00 kg) de agua, de 20°C a 100°C, y evaporamos 0.25 kg de ella, ¿cuánta gasolina habremos quemado?

SOLUCIÓN

IDENTIFICAR Y PLANTEAR: En este problema, aplicamos las ecuaciones (17.13) y (17.20) al agua, toda la cual sufre un cambio de temperatura y una parte de la cual también sufre un cambio de fase de líquido a gas. Esto requiere cierta cantidad de calor, que usaremos para determinar la cantidad de gasolina que es preciso quemar (la incógnita).

EJECUTAR: El calor requerido para elevar la temperatura del agua de 20°C a 100°C es

$$Q_1 = mc \Delta T = (1.00 \text{ kg})(4190 \text{ J/kg} \cdot \text{K})(80 \text{ K}) \\ = 3.35 \times 10^5 \text{ J}$$

Para hervir 0.25 kg de agua a 100°C necesitamos

$$Q_2 = mL_v = (0.25 \text{ kg})(2.256 \times 10^6 \text{ J/kg}) = 5.64 \times 10^5 \text{ J}$$

La energía total requerida es la suma, $8.99 \times 10^5 \text{ J}$. Esto es sólo 0,30 del calor total de combustión, así que la energía es $(8.99 \times 10^5 \text{ J})/0.30 = 3.00 \times 10^6 \text{ J}$. Como dijimos antes, un gramo de gasolina libera 46,000 J, así que la masa de gasolina requerida es

$$\frac{3.00 \times 10^6 \text{ J}}{46,000 \text{ J/g}} = 65 \text{ g}$$

o sea, un volumen de cerca de 0.09 L de gasolina.

EVALUAR: Este resultado da muestra de la increíble cantidad de energía que puede liberarse quemando incluso una cantidad pequeña de gasolina. Observe que la mayor parte del calor suministrado se usó para evaporar 0,25 L de agua. ¿Puede demostrar que se necesitarían otros 125 g de gasolina para evaporar el resto del agua?

Ejercicio de autoevaluación

Si tomamos un bloque de hielo a 0°C y le añadimos calor a ritmo constante, después de un tiempo t todo el hielo se habrá convertido en vapor de agua a 100°C. Calcule la temperatura del (hielo, agua, vapor, ...) después de un tiempo $t/2$, e indique su fase.

17.7 | Mecanismos de transferencia de calor

Hemos hablado de *conductores* y *aislantes*, materiales que permiten o impiden la transferencia de calor entre cuerpos. Veamos ahora más a fondo las *razones* de transferencia de energía. En la cocina, usamos una olla de aluminio para tener buena transferencia de calor de la estufa a lo que cocinamos, pero el refrigerador está aislado con un material que *evita* que fluya calor hacia la comida que está en el interior. ¿Cómo describimos la diferencia entre estos dos materiales?

Los tres mecanismos de transferencia de calor son: *conducción*, *convección* y *radiación*. Hay *conducción* dentro de un cuerpo o entre dos cuerpos que están en contacto. La *convección* depende del movimiento de una masa de una región del espacio a otra. La *radiación* es transferencia de calor por radiación electromagnética, como la luz de Sol, sin que tenga que haber materia en el espacio entre los cuerpos.

Conducción

Si sujetamos el extremo de una varilla de cobre y colocamos el otro en una flama, el extremo que sostenemos se calienta más y más, aunque no está en contacto directo con la flama. El calor llega al extremo más frío por **conducción** a través del material. En el nivel atómico, los átomos de las regiones más calientes tienen más



17.20 Flujo de calor en estado estable debido a conducción en una varilla uniforme.

energía cinética, en promedio, que sus vecinos más fríos, así que empujan a sus vecinos, dándoles algo de su energía. Los vecinos empujan a sus vecinos, continuando así a través del material. Los átomos en sí no se mueven de una región del material a otra, pero su energía sí.

La mayor parte de los metales usa otro mecanismo más eficaz para conducir calor. Dentro del metal, algunos electrones pueden abandonar sus átomos originales y vagar por la red cristalina. Estos electrones "libres" pueden llevar energía rápidamente de las regiones más calientes del metal a las más frías, y es por ello que los metales generalmente son buenos conductores del calor. Una varilla metálica a 20°C se siente más fría que un trozo de madera a 20°C porque el calor puede fluir más fácilmente de la mano al metal. La presencia de electrones "libres" también hace que los metales en general sean buenos conductores eléctricos.

Sólo hay transferencia de calor entre regiones que están a diferente temperatura, y la dirección de flujo siempre es de la temperatura más alta a la más baja. La figura 17.20 muestra una varilla de material conductor con área transversal A y longitud L . El extremo izquierdo se mantiene a una temperatura T_C , y el derecho, a una temperatura menor T_F , así que fluye calor de izquierda a derecha. Los costados de la varilla están cubiertos con un aislante ideal, así que no hay transferencia de calor por los lados.

Si se transfiere una cantidad de calor dQ por la varilla en un tiempo dt , la razón de flujo de calor es dQ/dt . Llamamos a ésta la **corriente de calor**, denotada por H . Es decir, $H = dQ/dt$. Se observa experimentalmente que la corriente de calor es proporcional al área transversal A de la varilla y a la diferencia de temperatura ($T_C - T_F$), e inversamente proporcional a la longitud de la varilla L . Introduciendo una constante de proporcionalidad k llamada **conductividad térmica** del material, tenemos

$$H = \frac{dQ}{dt} = kA \frac{T_C - T_F}{L} \quad (\text{corriente de calor en conducción}) \quad (17.21)$$

La cantidad $(T_C - T_F)/L$ es la diferencia de temperatura *por unidad de longitud*, llamada **gradiente de temperatura**. El valor numérico de k depende del material. Los materiales con k grande son buenos conductores del calor; aquellos con k pequeña son malos conductores o aislantes. La ecuación (17.21) también da la corriente de calor que pasa a través de una plancha o por cualquier cuerpo homogéneo con área transversal A uniforme y perpendicular a la dirección de flujo; L es la longitud del camino de flujo del calor.

Las unidades de corriente de calor H son unidades de energía por tiempo, o sea, potencia; la unidad SI de corriente de calor es el watt ($1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$). Podemos determinar las unidades de k despejándola de la ecuación (17.21). Verifique que las unidades son $\text{W/m} \cdot \text{K}$. En la tabla 17.5 se dan algunos valores de k .

La conductividad térmica del aire "muerto" (inmóvil) es muy baja. Un suéter de lana nos mantiene calientes porque atrapa aire entre las fibras. De hecho, muchos materiales aislantes como la espuma de poliestireno y la fibra de vidrio son en su mayor parte aire muerto. La figura 17.21 muestra un material cerámico con propiedades térmicas muy poco comunes, entre ellas una conductividad muy baja.

Si la temperatura varía de manera no uniforme a lo largo de la varilla conductora, introducimos una coordenada x a lo largo y generalizamos el gradiente de temperatura como dT/dx . La generalización correspondiente de la ecuación (17.21) es

$$H = \frac{dQ}{dt} = -kA \frac{dT}{dx} \quad (17.22)$$

Tabla 17.5 Conductividades térmicas

Sustancia	k ($\text{W/m} \cdot \text{K}$)
<i>Metales</i>	
Aluminio	205.0
Latón	109.0
Cobre	385.0
Plomo	34.7
Mercurio	8.3
Plata	406.0
Acero	50.2
<i>Diversos sólidos (valores representativos)</i>	
Tabique (ladrillo) aislante	0.15
Tabique (ladrillo) rojo	0.6
Hormigón	0.8
Corcho	0.04
Feltro	0.04
Fibra de vidrio	0.04
Vidrio	0.8
Hielo	1.6
Lana mineral	0.04
Espuma de poliestireno	0.01
Madera	0.12–0.04
<i>Gases</i>	
Aire	0.024
Argón	0.016
Helio	0.14
Hidrógeno	0.14
Oxígeno	0.023

El signo negativo indica que el calor siempre fluye en la dirección de temperatura *decreciente*.

En el campo del aislamiento térmico de edificios, los ingenieros usan el concepto de **resistencia térmica**, denotada con R . La resistencia térmica de una placa de material con área A se define de modo que la corriente de calor H que atraviesa la placa es

$$H = \frac{A(T_C - T_F)}{R} \quad (17.23)$$

donde T_C y T_F son las temperaturas a los dos lados de la placa. Comparando esto con la ecuación (17.21), vemos que R está dada por

$$R = \frac{L}{k} \quad (17.24)$$

donde L es el espesor de la placa. La unidad SI para R es $1 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$. En las unidades empleadas para materiales aislantes comerciales en EE.UU., H se da en Btu/h, A en ft^2 , y $T_C - T_F$ en $^\circ\text{F}$. (1 Btu/h = 0.293 W.) Las unidades de R son entonces $\text{ft}^2 \cdot ^\circ\text{F} \cdot \text{h}/\text{Btu}$, aunque los valores de R suelen citarse sin unidades; una capa de 6 pulg de espesor de fibra de vidrio tiene un valor R de 19 (o sea, $19 \text{ ft}^2 \cdot ^\circ\text{F} \cdot \text{h}/\text{Btu}$), una placa de 2 pulg de espuma de poliuretano tiene un valor de 12, etc. Al duplicarse el espesor, se duplica el valor R . En climas nórdicos severos, es práctica común para construcciones nuevas especificar valores R de cerca de 30 para paredes y techos exteriores. Si el material aislante está en capas, como en una pared enyesada con aislante de fibra de vidrio y vista exterior de madera, los valores R son aditivos. ¿Entiende por qué? (Véase el problema 17.110.)



17.21 Esta placa protectora, creada para usarse en el transbordador espacial, tiene propiedades térmicas extraordinarias. La conductividad térmica extremadamente baja y la capacidad calorífica tan pequeña del material permiten sostener la placa por sus bordes, aunque su temperatura es tan alta que emite la luz que se observa en esta fotografía.

Estrategia para
resolver problemas

Conducción de calor

IDENTIFICAR *los conceptos relevantes:* El concepto de conducción de calor entra en juego siempre que dos objetos a diferente temperatura están en contacto.

PLANTEAR *el problema siguiendo estos pasos:*

1. Identifique la dirección de flujo de calor en el problema (de caliente a frío). En la ecuación (17.21), L siempre se mide en esta dirección, y A siempre es un área perpendicular a ella. En muchos casos, una caja u otro recipiente con forma irregular pero espesor de paredes uniforme puede aproximarse como una plancha plana con el mismo espesor y el área total de las paredes.
2. Identifique la incógnita.

EJECUTAR *la solución como sigue:*

1. Si fluye calor a través de un solo objeto, despeje la incógnita de la ecuación (17.21).
2. En algunos problemas, el calor fluye por dos materiales distintos en sucesión. En tal caso, la temperatura en la interfaz

de los materiales es intermedia entre T_C y T_F ; representarla con un símbolo como T . Las diferencias de temperatura para los dos materiales son entonces $(T_C - T)$ y $(T - T_F)$. El flujo de calor en estado estable, el mismo calor debe pasar por ambos materiales en sucesión, así que la corriente de calor H debe ser la *misma* en ambos materiales.

3. Si hay dos caminos para el flujo de calor *paralelos*, y fluye calor por ambos, la H total es la suma de las cantidades H_1 y H_2 para los caminos individuales. Un ejemplo es el flujo de calor que sale de una casa tanto por el cristal de una ventana como por su marco. En ese caso, la diferencia de temperatura es la misma para ambos caminos, pero L , A y k podrían ser diferentes.
4. Como siempre, es vital usar unidades consistentes. Si A está expresado en $\text{W}/\text{m} \cdot \text{K}$, ¡no use distancias en cm; calor en calorías ni $^\circ\text{F}$ en grados Fahrenheit!

EVALUAR *la respuesta:* Como siempre, pregúntese si los resultados son físicamente lógicos.

Ejemplo
17.12

Conducción a través de una hielera

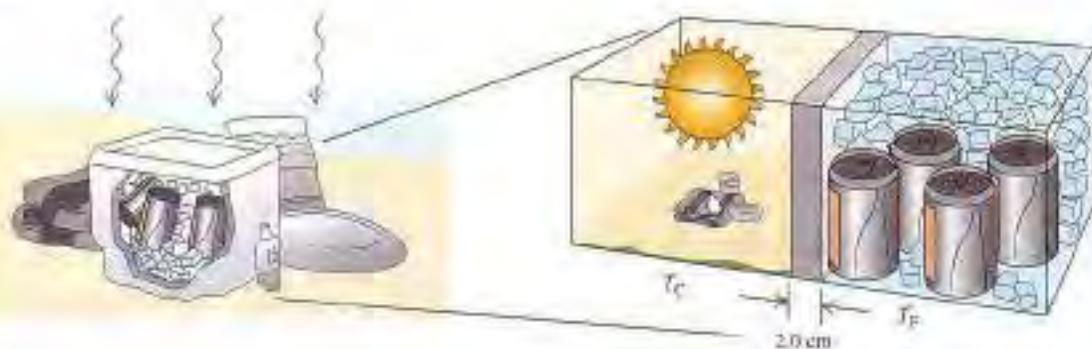
Una caja de espuma de poliuretano para mantener frías las bebidas tiene un área de pared total (incluida la tapa) de 0.80 m^2 y un espesor de pared de 2.0 cm , y está llena con hielo, agua y latas de Omni-Cola a 0°C . Calcule la razón de flujo de calor hacia el interior si la temperatura exterior es de 30°C . ¿Cuánto hielo se derrite en un día?

SOLUCIÓN

IDENTIFICAR Y PLANTEAR: La primera incógnita es la corriente de calor H . La segunda es la cantidad de hielo que se derrite, que depende de: la corriente de calor (calor por unidad de tiempo), el tiempo transcurrido y el calor de fusión.

EJECUTAR: Suponemos que el flujo total de calor es aproximadamente el que habría a través de una plancha plana de 0.80 m^2 de área y $2 \text{ cm} = 0.020 \text{ m}$ de espesor (Figura 17.22). Obtenemos k de la tabla 17.5. Por la ecuación (17.21) la corriente de calor (razón de flujo de calor) es

$$H = kA \frac{T_c - T_f}{L} = (0.010 \text{ W/m}\cdot\text{K})(0.80 \text{ m}^2) \frac{30^\circ\text{C} - 0^\circ\text{C}}{0.020 \text{ m}} \\ = 12 \text{ W} = 12 \text{ J/s}$$



17.22 Conducción de calor. Podemos aproximar el flujo de calor a través de las paredes de una hielera con el flujo a través de una sola plancha de espuma de poliuretano.

El flujo total de calor Q en un día ($86,400 \text{ s}$) es

$$Q = Ht = (12 \text{ J/s})(86,400 \text{ s}) = 1.04 \times 10^6 \text{ J}$$

El calor de fusión del hielo es de $3.34 \times 10^5 \text{ J/kg}$, así que la cantidad de hielo fundida por ese calor es

$$m = \frac{Q}{L_f} \\ = \frac{1.04 \times 10^6 \text{ J}}{3.34 \times 10^5 \text{ J/kg}} = 3.1 \text{ kg}$$

EVALUAR: La baja corriente de calor es resultado de la baja conductividad térmica de la espuma de poliuretano. En 24 horas, fluye una cantidad considerable de calor, pero la cantidad de hielo que se derrite es relativamente pequeña porque el calor de fusión es elevado.

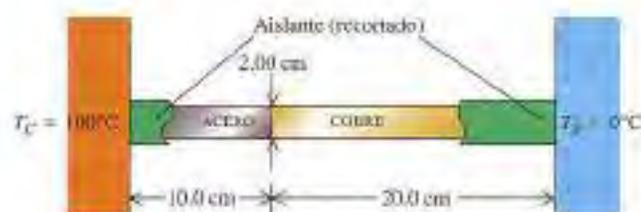
Ejemplo
17.13

Conducción a través de dos barras I

Una barra de acero de 10.0 cm de longitud se suelda a tope con una de cobre de 20.0 cm de longitud (Fig. 17.23). Ambas están perfectamente aisladas por sus costados. Las barras tienen la misma sección transversal cuadrada de 2.00 cm por lado. El extremo libre de la barra de acero se mantiene a 100°C colocándolo en contacto con vapor de agua, y el de la barra de cobre se mantiene a 0°C colocándolo en contacto con hielo. Calcule la temperatura en la unión de las dos barras y la razón de flujo de calor total.

SOLUCIÓN

IDENTIFICAR Y PLANTEAR: Como señalamos en la Estrategia para resolver problemas, las corrientes de calor en las dos barras deben ser iguales; ésta es la clave para la solución. Escribiremos la ecuación (17.21) dos veces, una para cada barra, e igualaremos las corrientes de calor H_{acero} y H_{cobre} . En ambas expresiones para la corriente de calor inservire la temperatura T en la unión, que es una de las incógnitas.



17.23 Flujo de calor por dos barras metálicas, una de acero y otra de cobre, conectadas a tope.

EJECUTAR: Igualando las dos corrientes de calor,

$$H_{\text{acero}} = \frac{k_{\text{acero}} A (100^\circ\text{C} - T)}{L_{\text{acero}}} = H_{\text{cobre}} = \frac{k_{\text{cobre}} A (T - 0^\circ\text{C})}{L_{\text{cobre}}}$$

Las áreas A son iguales y pueden eliminarse por división. Sustituyendo $L_{\text{acero}} = 0.100$ m, $L_{\text{cobre}} = 0.200$ m y los valores numéricos de k de la tabla 17.5, obtenemos

$$\frac{(50.2 \text{ W/m}\cdot\text{K})(100^\circ\text{C} - T)}{0.100 \text{ m}} = \frac{(385 \text{ W/m}\cdot\text{K})(T - 0^\circ\text{C})}{0.200 \text{ m}}$$

Reacomodando y despejando T , obtenemos

$$T = 20.7^\circ\text{C}$$

Podemos calcular la corriente de calor total sustituyendo este valor de T en cualquiera de las expresiones anteriores:

$$H_{\text{acero}} = \frac{(50.2 \text{ W/m}\cdot\text{K})(0.0200 \text{ m})^2(100^\circ\text{C} - 20.7^\circ\text{C})}{0.100 \text{ m}} = 15.9 \text{ W}$$

o bien

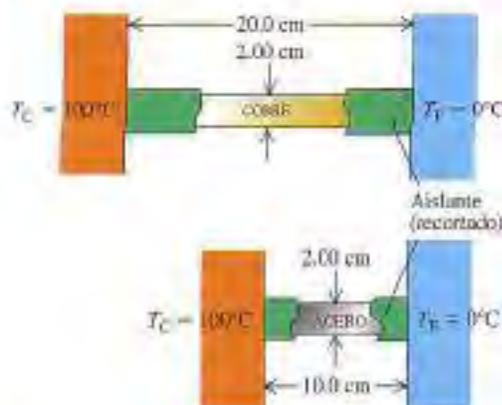
$$H_{\text{cobre}} = \frac{(385 \text{ W/m}\cdot\text{K})(0.0200 \text{ m})^2(20.7^\circ\text{C})}{0.200 \text{ m}} = 15.9 \text{ W}$$

EVALUAR: Aunque la barra de acero es más corta, la caída de temperatura a través suyo (de 100°C a 20.7°C) es mucho mayor que en la barra de cobre (de 20.7°C a 0°C) porque el acero es mal conductor en comparación con el cobre.

Ejemplo 17.14

Conducción a través de dos barras II

En el ejemplo 17.13, suponga que las dos barras se separan. Un extremo de cada una se mantiene a 100°C , y el otro, a 0°C (Fig. 17.24). Determine la razón *total* de flujo de calor en las dos barras.



17.24 Flujo de calor por dos barras de metal, una de acero y otra de cobre, paralelas y separadas.

SOLUCIÓN

IDENTIFICAR Y PLANTEAR: En este caso, las barras están en paralelo, no en serie. La corriente de calor total ahora es la suma de las corrientes en las dos barras, y para cada una, $T_C - T_F = 100^\circ\text{C} - 0^\circ\text{C} = 100$ K.

EJECUTAR: Escribimos individualmente las corrientes de calor para cada barra y después las sumamos para obtener la corriente total:

$$\begin{aligned} H &= H_{\text{acero}} + H_{\text{cobre}} = \frac{k_{\text{acero}} A (T_C - T_F)}{L_{\text{acero}}} + \frac{k_{\text{cobre}} A (T_C - T_F)}{L_{\text{cobre}}} \\ &= \frac{(50.2 \text{ W/m}\cdot\text{K})(0.0200 \text{ m})^2(100 \text{ K})}{0.100 \text{ m}} \\ &\quad + \frac{(385 \text{ W/m}\cdot\text{K})(0.0200 \text{ m})^2(100 \text{ K})}{0.200 \text{ m}} \\ &= 20.1 \text{ W} + 77.0 \text{ W} = 97.1 \text{ W} \end{aligned}$$

EVALUAR: El flujo de calor en la barra de cobre es mucho mayor que en la de acero, a pesar de ser más larga, porque la conductividad térmica del cobre es mucho mayor. El flujo total de calor es mucho mayor que en el ejemplo 17.13, en parte porque la sección transversal total para el flujo es mayor y además porque existe el gradiente completo de 100 K en cada barra.



17.25 Un elemento de calefacción en la punta de este tubo sumergido calienta el agua circundante, produciendo un patrón complejo de convección libre.



17.26 Esta fotografía infrarroja de colores falsos revela la radiación emitida por diversas partes del cuerpo de este hombre. La emisión más intensa (color rojo) proviene de las áreas más calientes, mientras que la bebida fría casi no produce emisión.

Convección

La **convección** es transferencia de calor por movimiento de una masa de fluido de una región del espacio a otra. Como ejemplos conocidos tenemos los sistemas de calefacción domésticos de aire caliente y de agua caliente, el sistema de enfriamiento de un motor de coche y el flujo de sangre en el cuerpo. Si el fluido circula impulsado por un ventilador o bomba, el proceso se llama *convección forzada*; si el flujo se debe a diferencias de densidad causadas por expansión térmica, como el ascenso de aire caliente, el proceso se llama *convección natural* o *convección libre* (Fig. 17.25).

La convección libre en la atmósfera desempeña un papel dominante en la determinación del estado del tiempo, y la convección en los océanos es un mecanismo importante de transferencia global de calor. En una escala menor, los halcones que planean y los pilotos de planeadores, aprovechan las corrientes térmicas que suben del suelo caliente. El mecanismo de transferencia de calor más importante dentro del cuerpo humano (necesario para mantener una temperatura casi constante en diversos entornos) es la *convección forzada* de sangre, bombeada por el corazón.

La transferencia de calor convectiva es un proceso muy complejo, y no puede describirse con una ecuación simple. He aquí algunos hechos experimentales:

1. La corriente de calor causada por convección es directamente proporcional al área superficial. Esto explica las áreas superficiales grandes de los radiadores y las aletas de enfriamiento.
2. La viscosidad de los fluidos frena la convección natural cerca de una superficie estacionaria, formando una película superficial que, en una superficie vertical, suele tener el mismo valor aislante que tiene 1.3 cm de madera terciada (valor $R = 0.7$). La convección forzada reduce el espesor de esta película, aumentando la razón de transferencia de calor. Esto explica el "factor de congelación": nos enfriamos más rápidamente en un viento frío que en aire tranquilo a la misma temperatura.
3. La corriente de calor causada por convección es aproximadamente proporcional a la potencia $\frac{1}{4}$ de la diferencia de temperatura entre la superficie y el promedio del fluido.

Radiación

La **radiación** es la transferencia de calor por ondas electromagnéticas como: la luz visible, el infrarrojo y la radiación ultravioleta. Todos hemos sentido el calor de la radiación solar y el intenso calor de un asador de carbón o las brasas de un hogar. Casi todo el calor de estos cuerpos tan calientes nos llega no por conducción ni convección en el aire intermedio sino por *radiación*. Habría esta transferencia de calor aunque sólo hubiera vacío entre nosotros y la fuente de calor.

Todo cuerpo, aun a temperaturas ordinarias, emite energía en forma de radiación electromagnética. A temperaturas ordinarias, digamos 20°C, casi toda la energía se transporta en ondas de infrarrojo con longitudes de onda mucho mayores que las de la luz visible (véanse las Fig. 17.4 y 17.26). Al aumentar la temperatura, las longitudes de onda se desplazan hacia valores mucho más cortos. A 800°C, un cuerpo emite suficiente radiación visible para convertirse en objeto luminoso "al rojo vivo", aunque aun a esta temperatura la mayor parte de la energía se transporta en ondas de infrarrojo. A 3,000°C, la temperatura de un filamento de bombilla incandescente, la radiación contiene suficiente luz visible para que el cuerpo se vea "al rojo blanco".

La razón de radiación de energía de una superficie es proporcional a su área A , y aumenta rápidamente con la temperatura, según la cuarta potencia de la temperatura absoluta (Kelvin). La razón también depende de la naturaleza de la superficie; esta dependencia se describe con una cantidad e llamada **emisividad**: un número adimensional entre 0 y 1 que representa la relación entre la razón de ra-

diación de una superficie dada y la de un área igual de una superficie radiante ideal a la misma temperatura. La emisividad también depende un poco de la temperatura. Así, la corriente de calor $H = dQ/dt$ debida a radiación de un área A con emisividad e a la temperatura absoluta T se puede expresar como

$$H = Ae\sigma T^4 \quad (\text{corriente de calor por radiación}) \quad (17.25)$$

donde σ es la constante física fundamental llamada **constante de Stefan-Boltzmann**. Esta relación se llama **ley de Stefan-Boltzmann** en honor de sus descubridores de fines del siglo XIX. El mejor valor numérico actual de σ es

$$\sigma = 5.670400(40) \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$$

Verifique la consistencia de unidades de la ecuación (17.25). La emisividad e suele ser mayor para superficies oscuras que claras. La emisividad de una superficie de cobre lisa es del orden de 0.3, pero e para una superficie negra opaca puede ser cercana a la unidad.

Ejemplo 17.15

Transferencia de calor por radiación

Una placa de acero delgada cuadrada, de 10 cm por lado, se calienta en una forja de herrero a 800°C. Si su emisividad es de 0.60, calcule la razón total de emisión de energía por radiación.

SOLUCIÓN

IDENTIFICAR Y PLANTEAR: Usaremos la ecuación (17.5). La incógnita es H , la razón de emisión de energía por radiación. Todas las demás cantidades son datos.

EJECUTAR: El área total, incluidos ambos lados, es de $2(0.10 \text{ m})^2 = 0.020 \text{ m}^2$. Debemos convertir la temperatura a K; $800^\circ\text{C} = 1073 \text{ K}$. La ecuación (17.25) da entonces

$$\begin{aligned} H &= AeoT^4 \\ &= (0.020 \text{ m}^2)(0.60)(5.67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4)(1073 \text{ K})^4 \\ &= 900 \text{ W} \end{aligned}$$

EVALUAR: Un herrero parado cerca de la placa fácilmente sentirá el calor que radia.

Si bien un cuerpo a temperatura T está radiando, su entorno a temperatura T_e también lo hace, y el cuerpo *absorbe* parte de esta radiación. Si el cuerpo está en equilibrio térmico con su entorno, $T = T_e$ y las razones de radiación y absorción deben ser iguales. Para ello, la razón de absorción debe estar dada en general por $H = Ae\sigma T_e^4$. La razón *neta* de radiación de un cuerpo a temperatura T con un entorno a temperatura T_e es entonces

$$H_{\text{neta}} = Ae\sigma T^4 - Ae\sigma T_e^4 = Ae\sigma(T^4 - T_e^4) \quad (17.26)$$

En esta ecuación, un valor positivo de H implica *salida neta de calor* del cuerpo. La ecuación (17.26) indica que, para la radiación, igual que para la conducción y la convección, la corriente de calor depende de la *diferencia* de temperatura entre dos cuerpos.

Ejemplo 17.16

Radiación del cuerpo humano

Si el área superficial total del cuerpo humano es de 1.2 m^2 y la temperatura superficial es de $30^\circ\text{C} = 303 \text{ K}$, calcule la razón total de radiación de energía del cuerpo. Si el entorno está a 20°C , calcule la razón *neta* de pérdida de calor del cuerpo por radiación. La emisividad del cuerpo es muy cercana a la unidad, sea cual sea la pigmentación de la piel.

SOLUCIÓN

IDENTIFICAR Y PLANTEAR: La razón de radiación de energía del cuerpo está dada por la ecuación (17.25); la razón neta de pérdida de calor está dada por la ecuación (17.26).

EJECUTAR: Con $e = 1$ en la ecuación (17.25), tenemos que el cuerpo radia a razón de

$$\begin{aligned}
 H &= A\epsilon\sigma T^4 \\
 &= (1.20 \text{ m}^2)(1)(5.67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4)(303 \text{ K})^4 \\
 &= 574 \text{ W}
 \end{aligned}$$

Esta pérdida se compensa en parte por *absorción* de radiación, que depende de la temperatura del entorno. La razón *net* de transferencia de energía por radiación está dada por la ecuación (17.26):

$$\begin{aligned}
 H_{\text{net}} &= A\epsilon\sigma(T^4 - T_e^4) \\
 &= (1.20 \text{ m}^2)(1)(5.67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4) \\
 &\quad \times [(303 \text{ K})^4 - (293 \text{ K})^4] = 72 \text{ W}
 \end{aligned}$$

EVALUAR: El valor de H_{net} es positivo porque el cuerpo pierde calor a un entorno más frío.

La transferencia de calor por radiación es importante en algunos lugares sorprendentes. Un bebé prematuro en una incubadora se puede enfriar peligrosamente por radiación si las paredes de la incubadora están frías, aunque el *aire* de la incubadora esté tibio. Algunas incubadoras regulan la temperatura del aire midiendo la temperatura de la piel del bebé.

Un cuerpo que es buen absorbedor debe ser buen emisor. Un radiador ideal, con emisividad de 1, también es un absorbedor ideal, y absorbe *toda* la radiación que incide en él. Tal superficie ideal se denomina cuerpo negro ideal o simplemente **cuerpo negro**. En cambio, un *reflector* ideal, que *no* absorbe radiación, también es un radiador muy poco eficaz.

A esto se debe el recubrimiento plateado de las botellas de vacío ("Termos") inventadas por Sir James Dewar (1842-1923). Estas botellas tienen pared de vidrio doble, y se extrae el aire del espacio entre las paredes; esto elimina casi toda la transferencia de calor por conducción y convección. El plateado de las paredes refleja casi toda la radiación del contenido de vuelta al recipiente, y la pared en sí es muy mal emisor. Así, la botella puede mantener café caliente durante varias horas. El frasco Dewar, empleado para almacenar gases licuados muy fríos, se basa en el mismo principio.

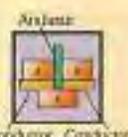
Problema de comparación

El termómetro de oído de la figura 17.4 mide la radiación emitida por el tímpano. ¿En qué porcentaje aumenta la razón de radiación si la temperatura del tímpano aumenta de 37.00°C a 37.10°C ?

RESUMEN

Un termómetro mide temperatura. Dos cuerpos en equilibrio térmico deben tener la misma temperatura. Un material conductor entre dos cuerpos permite una interacción que conduce a equilibrio térmico; un material aislante evita o dificulta esa interacción.

Si A y B están cada uno en equilibrio térmico con C...



Entonces A y B están en equilibrio térmico entre sí.

Las escalas de temperatura Celsius y Fahrenheit se basan en la temperatura de congelación ($0^\circ\text{C} = 32^\circ\text{F}$) y de ebullición ($100^\circ\text{C} = 212^\circ\text{F}$) del agua. Un grado Celsius es igual a $\frac{5}{9}$ grados Fahrenheit. (Véase el ejemplo 17.1.)

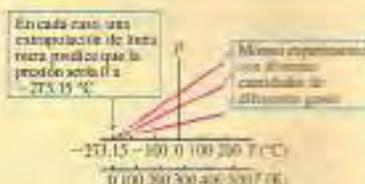
$$T_F = \frac{9}{5}T_C + 32^\circ \quad (17.1)$$

$$T_C = \frac{5}{9}(T_F - 32^\circ) \quad (17.2)$$

La escala Kelvin tiene su cero en la temperatura extrapolada de presión cero para un termómetro de gas, $-273.15^\circ\text{C} = 0\text{ K}$. En la escala de un termómetro de gas, el cociente de dos temperaturas T_1 y T_2 es igual por definición al cociente de las dos presiones correspondientes del termómetro de gas, p_1 y p_2 . La temperatura de punto triple del agua (0.01°C) se define como 273.16 K .

$$T_K = T_C + 273.15 \quad (17.3)$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{p_2}{p_1} \quad (17.4)$$



Un cambio de temperatura ΔT causa un cambio en toda dimensión lineal L_0 de un cuerpo sólido. El cambio ΔL es aproximadamente proporcional a L_0 y ΔT . Análogamente, un cambio de temperatura ΔT causa un cambio ΔV en el volumen V_0 de cualquier material; líquido o sólido, el cual es aproximadamente proporcional a V_0 y ΔT . Las cantidades α y β son los coeficientes de expansión lineal y de expansión de volumen. En sólidos, $\beta = 3\alpha$. (Véanse los ejemplos 17.2 al 17.4.)

$$\Delta L = \alpha L_0 \Delta T \quad (17.6)$$

$$\Delta V = \beta V_0 \Delta T \quad (17.8)$$



Si un material se enfría o calienta sujetándolo de modo que no pueda contraerse ni expandirse, está sometido a un esfuerzo de tensión F/A . (Véase el ejemplo 17.5.)

$$\frac{F}{A} = -Y\alpha \Delta T \quad (17.12)$$

El calor es energía en tránsito de un cuerpo a otro a causa de una diferencia de temperatura. La cantidad de calor Q necesaria para elevar la temperatura de una cantidad de material en una cantidad pequeña ΔT es proporcional a ΔT . Esta proporcionalidad se puede expresar en términos de la masa m y de la capacidad calorífica específica c o en términos del número de moles y la capacidad calorífica molar $C = Mc$. Aquí, M es la masa molar y $m = nM$. (Véanse los ejemplos 17.6 y 17.7.)

$$Q = mc \Delta T \quad (17.13)$$

$$Q = nC \Delta T \quad (17.18)$$



Para que una masa m de material cambie de fase a la misma temperatura (como de líquido a vapor o de líquido a sólido) hay que agregarle o quitarle una cantidad de calor. Esa cantidad es igual al producto de m y L , el calor de fusión, vaporización o sublimación.

$$Q = \pm mL \quad (17.20)$$



Si se agrega calor a un cuerpo, el Q correspondiente es positivo; si se le quita, Q es negativo. El principio básico de la calorimetría es la conservación de la energía. En un sistema aislado cuyas partes interactúan intercambiando calor, la suma algebraica de los Q para todas las partes del sistema debe ser cero. (Véanse los ejemplos 17.8 a 17.11.)

Conducción es transferencia de energía de movimiento molecular dentro de un material, sin movimiento de volúmenes del material. La corriente de calor H en conducción depende del área A por la que fluye el calor, la longitud L del trayecto de flujo del calor, la diferencia de temperatura ($T_C - T_F$) y la conductividad térmica k del material. (Véanse los ejemplos 17.2 al 17.4.)

$$H = \frac{dQ}{dt} = kA \frac{T_C - T_F}{L} \quad (17.21)$$



La convección es un proceso complejo de transferencia de calor que implica movimiento de masa de una región a otra. Depende del área superficial, la orientación y la diferencia de temperatura entre un cuerpo y su entorno.



La radiación es transferencia de energía por radiación electromagnética. La corriente de calor H causada por radiación depende de: el área superficial, la emisividad e de la superficie (un número puro adimensional entre 0 y 1) y la temperatura Kelvin T . También interviene una constante fundamental σ llamada constante de Stefan-Boltzmann. Si un cuerpo a temperatura T está rodeado por material a temperatura T_s , la corriente de calor neta H_{neto} del cuerpo a su entorno depende tanto de T como de T_s . (Véanse los ejemplos 17.5 y 17.16.)

$$H = Ae\sigma T^4 \quad (17.25)$$

$$H_{\text{neto}} = Ae\sigma(T^4 - T_s^4) \quad (17.26)$$



Términos clave

- | | | |
|--|---------------------------------------|-----------------------------------|
| aislante, 641 | conductividad térmica, 664 | esfuerzo térmico, 651 |
| calor, 653 | conductor, 642 | estados de la materia, 657 |
| calor de combustión, 660 | constante de Stefan-Boltzmann, 669 | fase, 657 |
| calor de fusión, 657 | convección, 668 | gradiente de temperatura, 664 |
| calor de vaporización, 658 | corriente de calor, 664 | ley cero de la termodinámica, 642 |
| calor específico, 654 | cuerpo negro, 670 | ley de Stefan-Boltzmann, 669 |
| caloría, 653 | emisividad, 668 | radiación, 668 |
| cambio de fase, 657 | equilibrio de fases, 658 | resistencia térmica, 665 |
| capacidad calorífica molar, 655 | equilibrio térmico, 641 | temperatura, 641 |
| cero absoluto, 646 | escala de temperatura absoluta, 646 | termodinámica, 640 |
| coeficiente de expansión de volumen, 648 | escala de temperatura Celsius, 642 | termómetro, 641 |
| coeficiente de expansión lineal, 647 | escala de temperatura Fahrenheit, 643 | unidad térmica británica, 653 |
| conducción, 663 | escala de temperatura Kelvin, 644 | |

Notas del lector

Respuesta a la pregunta inicial del capítulo

No. "Calor" se refiere a energía en tránsito de un cuerpo a otro debido a una diferencia de temperatura entre los cuerpos. Los cuerpos no *contienen* calor.

Respuestas a las preguntas de Evalúe su comprensión

Sección 17.1 La enfermera está esperando que el termómetro y el cuerpo del paciente alcancen el equilibrio térmico. La lectura realmente indica la temperatura del termómetro; si el termómetro está en equilibrio térmico con el cuerpo, también indica la temperatura del cuerpo.

Sección 17.2 Por la ecuación (17.1), en Venus, $T_F = \frac{9}{5}T_C + 32^\circ = \frac{9}{5}(460^\circ) + 32^\circ = 860^\circ\text{F}$. Las dos escalas coinciden cuando $T_F = T_C$; utilizando otra vez la ecuación (17.1), esto implica $T_C = \frac{5}{9}T_C + 32^\circ$. Despejando, $\frac{4}{9}T_C = 32^\circ$ y $T_C = \frac{9}{4}(32^\circ\text{C}) = -40^\circ\text{C}$. Por lo tanto, -40°F es la misma temperatura que -40°C .

Sección 17.3 La temperatura Kelvin de la corona es $2.0 \times 10^7 + 273.15 = 2.0 \times 10^7$ K. (Observe que la temperatura Celsius se da con sólo dos cifras significativas.) La temperatura Kelvin del punto de ebullición del helio es $-268.93 + 273.15 = 4.22$ K. La escala Kelvin es cómoda a altas temperaturas, pues la diferencia entre 0 K y 0°C es despreciable. A bajas temperaturas, el uso de la escala Kelvin da valores más pequeños y fáciles de interpretar.

Sección 17.4 El metal 2 debe expandirse más que el metal 1 cuando se calienta, así que debe tener un mayor coeficiente de expansión lineal α . En la tabla 17.1 vemos que dos metales con valores de α más grandes que el del cobre son el aluminio y el latón.

Sección 17.5 El cambio de temperatura es $\Delta T = 70$ K, así que la cantidad requerida de calor es $Q = m_{\text{agua}} c \Delta T = (1.00 \text{ kg})(4,190 \text{ J/kg} \cdot \text{K})(70 \text{ K}) = 2.93 \times 10^5$ J. Si el bloque cae una distancia h , la cantidad de energía potencial perdida será $m_{\text{bloque}}gh$, así que $h = Q/m_{\text{bloque}}g = (2.93 \times 10^5 \text{ J})/(1.00 \text{ kg})(9.80 \text{ m/s}^2) = 2.99 \times 10^4$ m, o sea, ¡29.9 kilómetros! En vista del elevado calor específico del agua, ésta es una forma *muuy poco* práctica de hacer té.

Sección 17.6 En un tiempo t , el sistema va del punto b al punto e de la figura 17.18. Según la figura, en el tiempo $t/2$ (a la mitad de la distancia sobre el eje horizontal entre b y e), el sistema está a 100°C y todavía está en ebullición; es decir, es una mezcla de líquido y gas. Esto implica que la mayor parte del calor añadido se invierte en evaporar el agua.

Sección 17.7 Por la ecuación (17.25), la razón de radiación (corriente de calor) es proporcional a la cuarta potencia de la temperatura Kelvin. La temperatura aumenta de $(37.0 + 273.15) \text{ K} = 310.15 \text{ K}$ a $(37.1 + 273.15) \text{ K} = 310.25 \text{ K}$, así que la razón de radiación aumenta en un factor de $[(310.25 \text{ K})/(310.15 \text{ K})]^4 = 1.0013$. Por lo tanto, el aumento porcentual es del 0.13%, perfectamente detectable por un termómetro de oído.

Preguntas para análisis

P17.1 Si se coloca un termómetro al sol directo, ¿mide la temperatura del aire, del Sol o de otra cosa? Explique.

P17.2 ¿Tiene sentido decir que un cuerpo es dos veces más caliente que otro? Explique.

P17.3 Muchos motores de coche tienen cilindros de hierro colado y pistones de aluminio. ¿Qué tipos de problemas podrían presentarse si el motor se sobrecalienta? (El coeficiente de expansión de volumen del hierro colado es similar al del acero.)

P17.4 ¿Por qué se revientan las tuberías de agua congeladas? ¿Se rompería un termómetro de mercurio a temperaturas por debajo del punto de congelación del mercurio? ¿Por qué sí o por qué no?

P17.5 Dos cuerpos del mismo material tienen las mismas dimensiones y aspecto exteriores, pero uno está hueco y el otro no. Si se aumenta su temperatura por igual, ¿su expansión de volumen global es la misma o distinta? ¿Por qué?

P17.6 El interior de un horno está a 200°C . Podemos meter la mano en él sin sufrir daño, en tanto no toquemos nada. Dado que el aire dentro del horno también está a 200°C , ¿por qué no se quema la mano de todos modos?

P17.7 Un artículo periodístico acerca del clima dice que "la temperatura de un cuerpo mide cuánto calor contiene el cuerpo". ¿Es correcta esta descripción? ¿Por qué sí o por qué no?

P17.8 ¿Debemos agregar calor a un objeto para aumentar su temperatura? Si agregamos calor a un objeto, ¿debemos elevar su temperatura? Explique.

P17.9 Una estudiante dijo que $1 \text{ m}^2/\text{s}^2 \cdot \text{C}^\circ$ es una unidad apropiada para capacidad calorífica específica. ¿Tiene razón? ¿Por qué sí o por qué no?

P17.10 En algunos acondicionadores de aire caseros para climas secos, el aire se enfría soplando a través de un filtro saturado de agua, evaporando parte del agua. ¿Cómo enfría esto el aire? ¿Funcionaría este sistema en un clima húmedo? ¿Por qué sí o por qué no?

P17.11 Las unidades de capacidad calorífica específica son $\text{J/kg} \cdot \text{K}$, pero las de calor de fusión L_f o de vaporización L_v son sólo J/kg . ¿Por qué las unidades de L_f y L_v no incluyen el factor K^{-1} para definir el cambio de temperatura?

P17.12 Un cubo de hielo sobre una mesa permianoc congelado más tiempo si se envuelve en una toalla de papel húmeda. ¿Por qué?

P17.13 ¿Por qué se cocina la comida más rápidamente en una olla de presión que en una olla abierta con agua hirviendo?

P17.14 Los viajeros del desierto a veces guardan agua en balsas de lona. Algo de agua se filtra por la lona y se evapora. ¿Cómo enfría esto el agua del interior?

P17.15 Recién que salimos de la regadera, sentimos frío, pero apenas nos secamos sentimos menos frío, aunque la temperatura del cuarto no cambió. ¿Por qué?

P17.16 El clima de regiones adyacentes a cuerpos grandes de agua (como las costas del Pacífico o el Atlántico) suele ser más moderado que el de regiones alejadas de cuerpos grandes de agua (como las praderas). ¿Por qué?

P17.17 ¿Por qué el agua de una bandeja de cubitos de hielo no se congela repentinamente cuando la temperatura alcanza 0°C ? El agua se congela primero en una capa adyacente a las paredes de la bandeja. ¿Por qué?

P17.18 Antes de inyectar a un paciente, un médico limpia su brazo con alcohol isopropílico a temperatura ambiente. ¿Por qué el paciente siente frío en el brazo? (Sugerencia: ¿No es por miedo a la inyección? El punto de ebullición del alcohol isopropílico es 82.4°C .)

P17.19 Un bloque de metal frío se siente más frío que uno de madera a la misma temperatura. ¿Por qué? Un bloque de metal caliente se siente más caliente que uno de madera a la misma temperatura. ¿Por qué? ¿Hay alguna temperatura a la que ambos bloques se sientan igualmente calientes o fríos? ¿Cuál?

P17.20 Una persona vierte café en una taza, pensando en beberlo 5 min después. Si desea mantener el café lo más caliente posible, ¿deberá ponerle la crema ahora o esperar hasta justo antes de beberlo? Explique.

P17.21 Rocien que sacamos una tarta de manzana del horno, la costra y el relleno están a la misma temperatura; pero, si probamos la tarta, el relleno nos quema la lengua pero la costra no. ¿A qué se debe la diferencia? (*Sugerencia:* El relleno está húmedo, la costra está seca.)

P17.22 Se dice que las cosas se cocinan mejor (con más uniformidad y sin quemarse) en ollas de hierro colado gruesas. ¿Qué características deseables tienen tales ollas?

P17.23 Las tierras costeras tienen mayor temperatura que el mar durante el día, pero menor durante la noche. Explique. (*Sugerencia:* La capacidad calorífica específica de la tierra es sólo de 0.2 a 0.8 veces la del agua.)

P17.24 Es bien sabido que una papa se hornea en menos tiempo si se atraviesa con un clavo grande. ¿Por qué? ¿Sería mejor usar un clavo de aluminio? ¿Por qué sí o por qué no? (*Nota:* ¡No intente esto en un horno de microondas!) También se vende un aparato para acelerar el rostizado de carne, que consiste en un tubo metálico que contiene una mecha y un poco de agua; se dice que esto es mucho mejor que una varilla metálica sólida. ¿Cómo funciona?

P17.25 Los pilotos de planeadores en el Medio Oeste de EE.UU. saben que son comunes las corrientes térmicas ascendentes cerca de campos recién arados. ¿Por qué?

P17.26 Hay quienes dicen que los cubos de hielo se congelan en menos tiempo si las bandejas se llenan con agua caliente, porque ésta se enfría más rápidamente que la fría. ¿Qué opina Ud.?

P17.27 Tenemos suerte de que la Tierra no esté en equilibrio térmico con el Sol (cuya temperatura superficial es de 5800 K). Pero, ¿por qué no lo está?

P17.28 Cuando hay escasez de energía, algunas revistas recomiendan mantener las casas a temperatura constante día y noche para ahorrar combustible. El argumento es que, al apagar la calefacción de noche, las paredes, techos, etc., se enfrían y deberían volver a calentarse en la mañana. Así, al mantener la temperatura constante, estas partes de la casa no se enfriarán y no tendrán que volver a calentarse. ¿Tiene sentido este argumento? ¿Realmente se ahorra energía siguiendo ese consejo?

Ejercicios

Sección 17.2 Termómetros y escalas de temperatura

17.1 Convierta las siguientes temperaturas Celsius a Fahrenheit: a) -62.8°C , la temperatura más baja registrada en Norteamérica (3 de febrero de 1947, Snag, Yukón); b) 56.7°C , la temperatura más alta registrada en EE.UU. (10 de julio de 1913, Death Valley, California); c) 31.1°C , la temperatura media anual más alta del mundo (Ugh Ferranli, Somalia).

17.2 Calcule las temperaturas Celsius que corresponden a: a) una noche de invierno en Seattle (41.0°F); b) un caluroso día de verano en Palm Springs (107.0°F); c) un frío día de invierno en el norte de Manitoba (-18.0°F).

17.3 Imagine que trabaja en un laboratorio de prueba de materiales y su jefe le dice que aumente la temperatura de una muestra en 40.0°C . El único termómetro que encuentra en su mesa de trabajo está graduado en $^{\circ}\text{F}$. Si la temperatura inicial de la muestra es de 68.2°F , ¿qué temperatura deberá tener en $^{\circ}\text{F}$ una vez que se haya efectuado el aumento pedido?

17.4 a) El 22 de enero de 1943, la temperatura en Spearfish, Dakota del Sur, subió de -4.0°F a 45.0°F en sólo 2 minutos. Calcule el cambio de temperatura en grados Celsius. b) La temperatura en Browning, Montana, era de 44.0°F el 23 de enero de 1916. Al día siguiente la temperatura cayó a -56.0°F . Calcule el cambio en grados Celsius.

17.5 a) Imagine que se siente mal y le dicen que tiene una temperatura de 40.2°C . ¿Qué temperatura tiene en $^{\circ}\text{F}$? ¿Debe preocuparse? b) El informe matutino del tiempo en Sydney cita una temperatura de 12°C . ¿Cuánto es esto en $^{\circ}\text{F}$?

17.6 Un "blue norther" pasa por Lubbock, Texas, una tarde de septiembre y la temperatura baja 11.8°C en una hora. Calcule el cambio de temperatura en $^{\circ}\text{F}$.

17.7 Dos vasos de agua, A y B, están inicialmente a la misma temperatura. La temperatura del agua del vaso A se aumenta 10°F , y la del vaso B, 10 K . ¿Cuál vaso está ahora a mayor temperatura? Explique.

17.8 Se coloca una botella de refresco en un refrigerador y se deja allí hasta que su temperatura ha bajado 10.0 K . Calcule el cambio de temperatura en: a) $^{\circ}\text{F}$ y b) $^{\circ}\text{C}$.

Sección 17.3 Termómetros de gas y escala Kelvin

17.9 Convierta las siguientes temperaturas récord a la escala Kelvin: a) la temperatura más baja registrada en los 48 estados contiguos de EE.UU. (-70.0°F en Rogers Pass, Montana, el 20 de enero de 1954); b) la temperatura más alta en Australia (127.0°F en Cloncurry, Queensland, el 16 de enero de 1889); c) la temperatura más baja registrada en el hemisferio norte (-90.0°F en Verkhoyansk, Siberia, en 1892).

17.10 Convierta las siguientes temperaturas Kelvin a las escalas Celsius y Fahrenheit: a) la temperatura al medio día en la superficie de la Luna (400 K); b) la temperatura en la parte alta de las nubes de la atmósfera de Saturno (95 K); c) la temperatura en el centro del Sol ($1.55 \times 10^7\text{ K}$).

17.11 El punto de ebullición normal del neón líquido es -245.92°C . Expresé esta temperatura en la escala Kelvin.

17.12 La relación de las presiones de un gas en el punto de fusión del platino y en el punto triple del agua, manteniendo el volumen del gas constante, es 7.476. ¿A qué temperatura Celsius se funde el platino?

17.13 Un termómetro de gas registró una presión absoluta correspondiente a 325 mm de mercurio, estando en contacto con agua en el punto triple. ¿Qué presión indicará en contacto con agua en el punto de ebullición normal?

17.14 Al igual que la escala Kelvin, la escala Rankine es una escala absoluta de temperatura: el cero absoluto es cero grados Rankine

(0°R). Sin embargo, las unidades de esta escala tienen el mismo tamaño que las de la escala Fahrenheit, no las de la escala Celsius. Dé el valor numérico de la temperatura del punto triple del agua en la escala Rankine.

17.15 Termómetro de gas de volumen constante. Usando un termómetro de gas, un experimentador determinó que la presión en el punto triple del agua (0.01°C) era 4.80×10^5 Pa, y en el punto de ebullición normal del agua (100°C), 6.50×10^5 Pa. a) Suponiendo que la presión varía linealmente con la temperatura, use estos datos para calcular la temperatura Celsius en la que la presión del gas sería cero (es decir, obtenga la temperatura Celsius del cero absoluto). b) ¿El gas de este termómetro obedece con precisión la ecuación (17.4)? Si así fuera y la presión a 100°C fuera 6.50×10^5 Pa, ¿qué presión habría medido el experimentador a 0.01°C? (Como veremos en la sección 18.1, la ecuación (17.4) sólo es exacta para gases a muy baja densidad.)

Sección 17.4 Expansión térmica

17.16 Fricción del aire y expansión térmica. El avión supersónico Concorde (hecho principalmente de aluminio) tiene 62.1 m de longitud en la pista en un día ordinario (15°C). Volando al doble de la rapidez del sonido, la fricción con el aire calienta la superficie del Concorde y alarga al avión 25 cm. (La cabina de pasajeros está en rodillos; el avión se expande a su alrededor.) ¿Qué temperatura tiene la superficie del Concorde en vuelo?

17.17 El puente Humber de Inglaterra tiene el claro individual más largo del mundo (1,410 m). Calcule el cambio de longitud de la cubierta de acero del claro si la temperatura aumenta de -3.0°C a 18.0°C .

17.18 Ajuste estrecho. Los remaches de aluminio para construcción de aviones se fabrican un poco más grandes que sus agujeros y se enfrían con "hielo seco" (CO_2 sólido) antes de insertarse. Si el diámetro de un agujero es de 4.500 mm, ¿qué diámetro debe tener un remache a 23.0°C para que su diámetro sea igual al del agujero cuando se enfría a -78.0°C , la temperatura del hielo seco? Suponga que el coeficiente de expansión es constante, con el valor dado en la tabla 17.1.

17.19 Un centavo de dólar tiene 1.9000 cm de diámetro a 20.0°C , y está hecho de una aleación (principalmente zinc) con un coeficiente de expansión lineal de $2.6 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$. ¿Qué diámetro tendría: a) en un día caluroso en Death Valley (48.0°C)? b) ¿en una noche fría en las montañas de Groenlandia (-53.0°C)?

17.20 La varilla del péndulo de un reloj es de latón. Calcule su cambio fraccionario de longitud si se enfría de 19.50°C a 5.00°C .

17.21 Una varilla metálica tiene 40.125 cm de longitud a 20.0°C , y 40.148 cm a 45.0°C . Calcule el coeficiente medio de expansión lineal para la varilla en este intervalo de temperatura.

17.22 Un cilindro de cobre está a 20.0°C . ¿A qué temperatura aumentará su volumen en un 0.150%?

17.23 Un tanque subterráneo con capacidad de 1,700 L (1.70 m^3) se llena con etanol a 19.0°C . Una vez que el etanol se enfría a la temperatura del tanque y el suelo, que es 10.0°C , ¿cuánto espacio de aire habrá sobre el etanol en el tanque? (Suponga que el volumen del tanque no cambia.)

17.24 Un tanque de acero se llena totalmente con 2.80 m^3 de etanol cuando ambos el tanque como el etanol están a 32.0°C . Una vez

que el tanque y el contenido se hayan enfriado a 18.0°C , ¿qué volumen adicional de etanol podrá meterse en el tanque?

17.25 Un frasco de vidrio con volumen de $1,000.00 \text{ cm}^3$ a 0.0°C se llena al tope con mercurio a esta temperatura. Si el frasco y el mercurio se calientan a 55.0°C , se derraman 8.95 cm^3 de mercurio. El coeficiente de expansión de volumen (β) del mercurio es de $18.0 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$; calcule el coeficiente de expansión de volumen del vidrio.

17.26 a) Si un área medida en la superficie de un cuerpo sólido es A_0 a cierta temperatura inicial y cambia en ΔA cuando la temperatura cambia en ΔT , demuestre que

$$\Delta A = (2\alpha)A_0\Delta T$$

donde α es el coeficiente de expansión lineal. b) Una lámina circular de aluminio tiene 55.0 cm de diámetro a 15.0°C . ¿Cuánto cambia el área de una cara de la lámina cuando la temperatura aumenta a 27.5°C ?

17.27 Un operario hace un agujero de 1.350 cm de diámetro en una placa de acero a 25°C . ¿Qué área transversal tendrá el agujero: a) a 25°C ? b) si la placa se calienta a 175°C ? Suponga que el coeficiente de expansión lineal es constante dentro de este intervalo. (Sugerencia: Véase el ejercicio 17.26.)

17.28 Imagine que acaba de comenzar a trabajar como ingeniero mecánico en Motores, S.A. y le encargaron diseñar pistones de latón que se deslizarán dentro de cilindros de acero. Los motores en los que se usarán los pistones operarán a temperaturas entre 20°C y 150°C . Suponga que los coeficientes de expansión son constantes dentro de ese intervalo de temperaturas. a) Si el pistón apenas cabe dentro del cilindro a 20°C , ¿los motores podrán operar a temperaturas más altas? Explique. b) Si los pistones cilíndricos tienen un diámetro de 25.000 cm a 20°C , ¿qué diámetro mínimo deberán tener los cilindros a esa temperatura para que los pistones operen a 150°C ?

17.29 Las marcas de una regla de aluminio y una de latón están perfectamente alineadas a 0°C . ¿Qué separación habrá entre las marcas de 20.0 cm de las dos reglas a 100°C , si se mantiene una alineación precisa de los extremos izquierdos de las reglas?

17.30 Una varilla de latón tiene 185 cm de longitud y 1.60 cm de diámetro. ¿Qué fuerza debe aplicarse a cada extremo para impedir que se contraiga al enfriarse de 120°C a 10°C ?

17.31 a) Un alambre con longitud de 1.50 m a 20.0°C se alarga 1.9 cm al calentarse a 420°C . Calcule su coeficiente medio de expansión lineal para este intervalo de temperatura. b) El alambre se tiende sin tensión a 420°C . Calcule el esfuerzo en él si se enfría a 20°C sin permitir que se contraiga. El módulo de Young del alambre es de $2.0 \times 10^{11} \text{ Pa}$.

17.32 Rieles de acero para un tren se tienden en segmentos de 12.0 m de longitud colocados a tope en un día de invierno en que la temperatura es de -2.0°C . a) ¿Cuánto espacio debe dejarse entre rieles adyacentes para que apenas se toquen en verano cuando la temperatura suba a 33.0°C ? b) Si los rieles se tienden en contacto, ¿a qué esfuerzo se someterán un día de verano en el que la temperatura sea 33.0°C ?

Sección 17.5 Cantidad de calor

17.33 Pérdida de calor al respirar. Cuando hace frío, un mecanismo importante de pérdida de calor del cuerpo humano es la energía invertida en calentar el aire que entra en los pulmones al

respirar. a) En un frío día de invierno cuando la temperatura es de -20°C , ¿cuánto calor se necesita para calentar a temperatura corporal (37°C) los 0.50 L de aire intercambiados con cada respiración? Suponga que la capacidad calorífica específica del aire es de $1,020 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$ y que 1.0 L de aire tiene una masa de $1.3 \times 10^{-3} \text{ kg}$. b) ¿Cuánto calor se pierde por hora si se respira 20 veces por minuto?

17.34 Al correr, un estudiante de 70 kg genera energía térmica a razón de 1,200 W. Para mantener una temperatura corporal constante de 37°C , esta energía debe eliminarse por sudor u otros mecanismos. Si tales mecanismos fallaran y no pudiera salir calor del cuerpo, ¿cuánto tiempo podría correr el estudiante antes de sufrir un daño irreversible? (Las estructuras proteínicas del cuerpo se dañan irreversiblemente a 44°C o más. La capacidad calorífica específica del cuerpo humano es de alrededor de $3,480 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$, poco menos que la del agua; la diferencia se debe a la presencia de proteínas, grasas y minerales, cuyo calor específico es menor que el del agua.)

17.35 Al pintar la punta de una antena de 225 m de altura, un trabajador deja caer sin querer una botella de agua de 1.00 L de su lonchera. La botella cae en unos arbustos en el suelo y no se rompe. Si una cantidad de calor igual a la magnitud del cambio de energía mecánica del agua pasa al agua, ¿cuánto aumentará su temperatura?

17.36 Una caja con fruta, con masa de 50.0 kg y calor específico de $3,650 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$, baja deslizándose por una rampa de 8.00 m de longitud inclinada 36.9° bajo la horizontal. a) Si la caja estaba en reposo arriba de la rampa y tiene una rapidez de 2.50 m/s en la base, ¿cuánto trabajo efectuó la fricción sobre ella? b) Si una cantidad de calor igual a la magnitud de dicho trabajo pasa a la fruta y ésta alcanza una temperatura final uniforme, ¿qué magnitud tiene el cambio de temperatura?

17.37 Un ingeniero trabaja en un diseño de motor nuevo. Una de las piezas móviles contiene 1.60 kg de aluminio y 0.30 kg de hierro, y está diseñada para operar a 210°C . ¿Cuánto calor se requiere para elevar su temperatura de 20°C a 210°C ?

17.38 Un clavo que se clavó en una tabla sufre un aumento de temperatura. Si suponemos que el 60% de la energía cinética de un martillo de 1.80 kg que se mueve a 7.80 m/s se transforma en calor que fluye hacia el clavo y no sale de él, ¿cuánto aumentará la temperatura de un clavo de aluminio de 8.00 g golpeado 10 veces?

17.39 Una tetera de aluminio de 1.50 kg que contiene 1.80 kg de agua se pone en la estufa. Si no se pierde calor al entorno, ¿cuánto calor debe agregarse para elevar la temperatura de 20.0°C a 85.0°C ?

17.40 Tratando de mantenerse despierto para estudiar toda la noche, un estudiante prepara una taza de café colocando una resistencia eléctrica de inmersión de 200 W en 0.320 kg de agua. a) ¿Cuánto calor debe agregarse al agua para elevar su temperatura de 20.0°C a 80.0°C ? b) ¿Cuánto tiempo se requiere? Suponga que toda la potencia se invierte en calentar el agua.

17.41 Un técnico mide el calor específico de un líquido desconocido sumergiéndolo en él una resistencia eléctrica. La energía eléctrica se convierte en calor transferido al líquido durante 120 s con razón constante de 65.0 Watts. La masa del líquido es de 0.780 kg y su temperatura aumenta de 18.55°C a 22.54°C . a) Calcule el calor específico medio del líquido en este intervalo de temperatura. Suponga que la cantidad de calor que se transfiere al recipiente es despreciable y que no se transfiere calor al entorno. b) Suponga que no es posible

despreciar la transferencia de calor del líquido al recipiente o al entorno en este experimento. ¿El resultado de (a) es mayor o menor que el calor específico medio real del líquido? Explique.

17.42 Imagine que le dan una muestra de metal y le piden determinar su calor específico. Pesa la muestra y obtiene un valor de 28.4 N. Añade con mucho cuidado $1.25 \times 10^4 \text{ J}$ de energía calorífica a la muestra y observa que su temperatura aumenta 18.0°C . ¿Qué calor específico tiene la muestra?

17.43 Se añaden 8,950 J de calor a 3.00 moles de hierro. a) Determine el aumento de temperatura del hierro. b) Si se añade la misma cantidad de calor a 3.00 kg de hierro, ¿cuánto subirá su temperatura? c) Compare los resultados de las partes (a) y (b) y explique la diferencia.

Sección 17.6 Calorimetría y cambios de fase

17.44 Imagine que trabaja como físico e introduce calor en una muestra sólida de 500 g a razón de 10.0 kJ/min mientras registra su temperatura en función del tiempo. La gráfica de sus datos se muestra en la figura 17.27. a) Calcule el calor latente de fusión del sólido. b) Determine los calores específicos de los estados sólido y líquido del material.

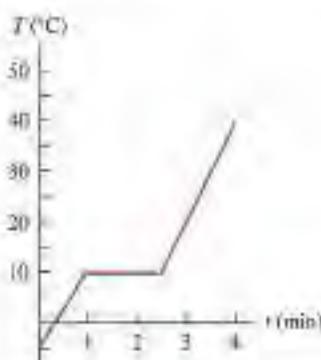


Figura 17.27 Ejercicio 17.44.

17.45 Un trozo de 500 g de un metal desconocido, que ha estado en agua hirviendo durante varios minutos, se deja caer rápidamente en un vaso de espuma de poliestireno aislante que contiene 1.00 kg de agua a temperatura ambiente (20.0°C). Después de esperar y agitar suavemente durante 5.00 minutos, se observa que la temperatura del agua ha alcanzado un valor constante de 22.0°C . a) Suponiendo que el vaso absorbe una cantidad despreciable de calor y que no se pierde calor al entorno, ¿qué calor específico tiene el metal? b) ¿Qué es más útil para almacenar calor, este metal o un peso igual de agua? Explique. c) Suponga que el calor absorbido por el vaso no es despreciable. ¿Qué tipo de error tendría el calor específico calculado en la parte (a) (sería demasiado grande, demasiado pequeño o correcto)? Explique.

17.46 Antes de someterse a su examen médico anual, un hombre de 70.0 kg cuya temperatura corporal es de 37°C consume una lata entera de 0.355 L de gaseosa (principalmente agua) que está a 12.0°C . a) Determine su temperatura corporal una vez alcanzado el equilibrio. Desprecie cualquier calentamiento por el metabolismo del hombre. El calor específico del cuerpo del hombre es de 3,480

$\text{J/kg} \cdot \text{K}$. b) ¿El cambio en su temperatura corporal es lo bastante grande como para medirse con un termómetro médico?

17.47 En la situación descrita en el ejercicio 17.46, el metabolismo del hombre hará que, en algún momento, la temperatura de su cuerpo (y del refresco que consumió) vuelva a 37.0°C . Si su cuerpo desprende energía a razón de $7.00 \times 10^5 \text{ kJ/día}$ (la *tasa metabólica basal*, TMB), ¿cuánto tardará en hacerlo? Suponga que toda la energía desprendida se invierte en elevar la temperatura.

17.48 Una bandeja para hacer hielo con masa despreciable contiene 0.350 kg de agua a 18.0°C . ¿Cuánto calor (en: J, cal y Btu) debe extraerse para enfriar el agua a 0.0°C y congelarla?

17.49 ¿Cuánto calor (en: J, cal y Btu) se requiere para convertir 12.0 g de hielo a -10.0°C en vapor a 100.0°C ?

17.50 Un recipiente abierto con masa despreciable contiene 0.550 kg de hielo a -15.0°C . Se aporta calor al recipiente a una razón constante de 800 J/min durante 500 min . a) ¿Después de cuántos minutos comienza a fundirse el hielo? b) ¿Cuántos minutos después de iniciado el calentamiento la temperatura comienza a elevarse por encima de 0°C ? c) Dibuje una curva que indique horizontalmente el tiempo transcurrido y verticalmente la temperatura.

17.51 La capacidad de los acondicionadores de aire comerciales a veces se expresa en "toneladas"; las toneladas inglesas de hielo (1 ton = $2,000 \text{ lb}$) que la unidad puede congelar a partir de agua a 0°C en 24 h . Expresar la capacidad de un acondicionador de 1 ton en Btu/h y en Watts.

17.52 Quemaduras de vapor vs. quemaduras de agua. ¿Cuánto calor entra en su piel si recibe el calor liberado por: a) 25.0 g de vapor de agua que inicialmente está a 100.0°C , al enfriarse a la temperatura de la piel (34.0°C)? b) 25.0 g de agua que inicialmente está a 100.0°C al enfriarse a 34.0°C ? c) ¿Qué le dice esto acerca de la severidad relativa de las quemaduras con vapor y con agua caliente?

17.53 ¿Qué rapidez inicial debe tener una bala de plomo a 25°C para que el calor desarrollado cuando se detiene sea apenas suficiente para derretirla? Suponga que toda la energía mecánica inicial de la bala se convierte en calor y que no fluye calor de la bala a su entorno. (Un rifle ordinario tiene una rapidez de salida mayor que la rapidez del sonido en aire, que es de 347 m/s a 25°C .)

17.54 La evaporación del sudor es un mecanismo importante para controlar la temperatura de algunos animales de sangre caliente. a) ¿Qué masa de agua debe evaporarse de la piel de un hombre de 70.0 kg para enfriar su cuerpo 1.00 C° ? El calor de vaporización del agua a la temperatura corporal de 37°C es de $2.42 \times 10^6 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$. La capacidad calorífica específica del cuerpo humano es de $3,480 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$ (véase el ejercicio 17.34). b) ¿Qué volumen de agua debe beber el hombre para reponer la que evaporó? Compárelo con el volumen de una lata de gaseosa (355 cm^3).

17.55 "El barco del desierto." Los camellos necesitan muy poca agua porque pueden tolerar cambios relativamente grandes en su temperatura corporal. Mientras que las personas mantienen su temperatura corporal constante dentro de un intervalo de $1\text{-}2 \text{ C}^\circ$, un camello deshidratado deja que su temperatura corporal baje a 34.0°C de noche y suba a 40.0°C de día. Para ver lo eficaz que es este mecanismo para ahorrar agua, calcule cuántos litros de agua tendría que beber un camello de 400 kg si tratara de mantener su temperatura corporal en 34.0°C mediante evaporación de sudor durante el día (12 h) en lugar de dejar que suba a 40.0°C . (La capacidad calori-

fica específica de un camello u otro mamífero es la de una persona representativa, $3,480 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$. El calor de vaporización del agua a 34°C es de $2.42 \times 10^6 \text{ J/kg}$.)

17.56 En un experimento de laboratorio de física, una estudiante sumergió 200 centavos (cada uno con masa de 3.00 g) en agua hirviendo. Una vez alcanzado el equilibrio térmico, ella los sacó y los puso en 0.240 kg de agua a 20°C en un recipiente aislado con masa despreciable. Calcule la temperatura final de las monedas (hechas con una aleación de zinc con capacidad calorífica de $390 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$).

17.57 Una olla de cobre de 0.500 kg contiene 0.170 kg de agua a 20.0°C . Un bloque de hierro de 0.250 kg a 85.0°C se mete en la olla. Calcule la temperatura final, suponiendo que no se pierde calor al entorno.

17.58 Un técnico de laboratorio pone una muestra de 0.0850 kg de un material desconocido, que está a 100.0°C , en un calorímetro cuyo recipiente, inicialmente a 19.0°C , está hecho con 0.150 kg de cobre y contiene 0.200 kg de agua. La temperatura final del calorímetro es de 26.1°C . Calcule el calor específico de la muestra.

17.59 Un vaso aislado con masa despreciable contiene 0.250 kg de agua a 75.0°C . ¿Cuántos kilogramos de hielo a -20.0°C deben ponerse en el agua para que la temperatura final del sistema sea 30.0°C ?

17.60 Un frasco de vidrio (capacidad calorífica = $2,800 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$) de 6.0 g que contiene una muestra de 16.0 g de una sustancia con capacidad calorífica de $2,250 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$ se enfría en un baño de hielo que contiene agua y 0.120 kg de hielo. ¿Cuánto hielo se derrite para enfriar la muestra de temperatura ambiente (19.5°C) a la temperatura del baño de hielo?

17.61 Un lingote de plata de 4.00 kg se saca de un horno a 750°C y se coloca sobre un gran bloque de hielo a 0°C . Suponiendo que todo el calor cedido por la plata se usa para fundir hielo, ¿cuánto hielo se funde?

17.62 Un calorímetro de cobre de 0.100 kg contiene 0.160 kg de agua y 0.018 kg de hielo en equilibrio térmico a presión atmosférica. Si 0.750 kg de plomo a 255°C se dejan caer en el calorímetro, ¿qué temperatura final se alcanza? Suponga que no se pierde calor al entorno.

17.63 Un recipiente con paredes térmicamente aisladas contiene 2.40 kg de agua y 0.450 kg de hielo, todo a 0.0°C . El tubo de salida de una caldera en la que hierve agua a presión atmosférica se inserta en el agua del recipiente. ¿Cuántos gramos de vapor deben condensarse dentro del recipiente (que también está a presión atmosférica) para elevar la temperatura del sistema a 28.0°C ? Desprecie el calor transferido al recipiente.

Sección 17.7 Mecanismos de transferencia de calor

17.64 Use la ecuación (17.21) para demostrar que las unidades SI de la conductividad térmica son: $\text{W/m} \cdot \text{K}$.

17.65 Suponga que la varilla de la figura 17.20 es de cobre, tiene 45.0 cm de longitud y área transversal de 1.25 cm^2 . Sea $T_C = 100^\circ\text{C}$ y $T_F = 0.0^\circ\text{C}$. a) Calcule el gradiente de temperatura final en estado estable a lo largo de la varilla. b) Calcule la corriente de calor en la varilla en el estado estable final. c) Calcule la temperatura final en estado estable en la varilla a 12.0 cm de su extremo izquierdo.

17.66 Un extremo de una varilla metálica aislada se mantiene a 100°C , y el otro se mantiene a 0°C con una mezcla hielo-agua. La varilla tiene 60.0 cm de longitud y área transversal de 1.25 cm^2 . El calor conducido por la varilla funde 8.50 g de hielo en 10.00 min . Calcule la conductividad térmica k del metal.

17.67 Un carpintero construye una pared exterior con una capa de madera ($k = 0.080\text{ W/m}\cdot\text{K}$) de 3.0 cm de espesor afuera y una capa de espuma de poliestireno ($k = 0.010\text{ W/m}\cdot\text{K}$) de 2.2 cm de espesor adentro. La temperatura de la superficie interior es de 19.0°C , y la exterior, -10.0°C . a) Calcule la temperatura en la unión entre la madera y la espuma de poliestireno. b) Calcule la razón de flujo de calor por m^2 a través de esta pared.

17.68 Un horno de cocina eléctrico tiene un área de pared total de 1.40 m^2 y está aislado con una capa de fibra de vidrio de 4.0 cm de espesor. La superficie interior de la fibra de vidrio está a 175°C , y la exterior, a 35°C . La fibra tiene una conductividad térmica de $0.040\text{ W/m}\cdot\text{K}$. a) Calcule la corriente de calor en el aislante, tratándolo como una plancha con un área de 1.40 m^2 . b) ¿Qué aporte de potencia eléctrica requiere el elemento calentador para mantener esta temperatura?

17.69 El cielo falso de un cuarto tiene un área de 125 ft^2 , y está aislado con un valor R de $30\text{ (ft}^2\cdot\text{h}^{\circ}\text{F}/\text{Btu})$. La superficie que da al cuarto se mantiene a 69°F , y la que da al desván, a 35°F . Calcule el flujo de calor (en Btu y joules) al desván a través del cielo falso en 5.0 h .

17.70 Una varilla, larga y aislada para evitar pérdidas de calor por sus costados, está en contacto térmico perfecto con agua hirviendo (a presión atmosférica) en un extremo y con una mezcla agua-hielo en el otro (Fig. 17.28). La varilla consiste en un tramo de 1.00 m de cobre (un extremo en vapor) unido a tope con un tramo L_2 de acero (un extremo en hielo). Ambos tramos tienen área transversal de 4.00 cm^2 . La temperatura en la unión cobre-acero es de 65°C una vez que se alcanza el estado estable. a) ¿Cuánto calor por segundo fluye del baño de vapor a la mezcla hielo-agua? b) ¿Qué longitud L_2 tiene el tramo de acero?

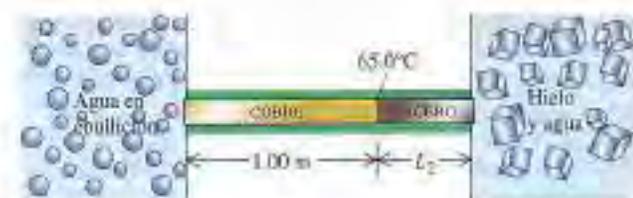


Figura 17.28 Ejercicio 17.70.

17.71 Una olla con base de acero de 8.50 mm de espesor y área de 0.150 m^2 descansa en una estufa caliente. El agua dentro de la olla está a 100°C y se evaporan 0.390 kg cada 3.00 min . Calcule la temperatura de la superficie inferior de la olla, que está en contacto con la estufa.

17.72 Imagine que le piden diseñar una varilla cilíndrica de acero de 50.0 cm de longitud, con sección transversal circular, que conduzca 150 J/s desde un horno a 400°C a un recipiente con agua hirviendo que está a una atmósfera. ¿Qué diámetro debe tener la varilla?

17.73 Una varilla de 1.300 m de longitud consiste en un tramo de 0.800 m de aluminio unido a tope con un tramo de 0.500 m de latón. El extremo libre de la sección de aluminio se mantiene a 150°C y el extremo libre de la pieza de latón se mantiene a 20.0°C . No se pierde calor a través de los costados de las varillas. En estado estable, ¿a qué temperatura T está el punto de unión de los dos metales?

17.74 Calcule la razón de radiación de energía por unidad de área de un cuerpo negro a: a) 273 K , b) $2,730\text{ K}$.

17.75 Calcule la razón neta de pérdida de calor por radiación en el ejemplo 17.16 (sección 17.7) si la temperatura del horno es de 5.0°C .

17.76 La emisividad del tungsteno es de 0.35 . Una esfera de tungsteno con radio de 1.50 cm se suspende dentro de una cavidad grande evacuated cuyas paredes están a 290 K . ¿Qué aporte de potencia se requiere para mantener la esfera a $3,000\text{ K}$ si se desprecia la conducción de calor por los soportes?

17.77 Tamaño de un filamento de bombilla. La temperatura de operación del filamento de tungsteno de una lámpara incandescente es de $2,450\text{ K}$, y su emisividad es de 0.35 . Calcule el área superficial del filamento de una lámpara de 150 W si toda la energía eléctrica consumida por la lámpara es radiada por el filamento en forma de ondas electromagnéticas. (Sólo una fracción de la radiación aparece como luz visible.)

17.78 El tamaño de las estrellas. La superficie caliente luminosa de las estrellas emite energía en forma de radiación electromagnética. Es una buena aproximación suponer $\epsilon = 1$ para estas superficies. Calcule los radios de las estrellas siguientes (supóngalas esféricas): a) Rigel, la estrella azul brillante de la constelación de Orión, que radia energía a razón de $2.7 \times 10^{32}\text{ W}$ y tiene una temperatura superficial de $11,000\text{ K}$; b) Prócion B (visible sólo con un telescopio), que radia energía a razón de $2.1 \times 10^{23}\text{ W}$ y tiene temperatura superficial de $10,000\text{ K}$; c) Compare sus respuestas con el radio de la Tierra, el del Sol y la distancia entre la Tierra y el Sol. (Rigel es un ejemplo de estrella *supergigante*; Prócion B es un ejemplo de *enana blanca*.)

Problemas

17.79 Imagine que propone una nueva escala de temperatura en la que las temperaturas se dan en $^{\circ}\text{M}$. Defina 0.0°M como el punto de fusión normal del mercurio, y 100.0°M como el punto de ebullición normal del mercurio. a) Expresé el punto de ebullición normal del agua en $^{\circ}\text{M}$. b) ¿A cuántos $^{\circ}\text{C}$ corresponde un cambio de temperatura de 10.0 M° ?

17.80 Suponga que podría construirse un arco de acero ajustado al ecuador terrestre a una temperatura de 20.0°C . ¿Cuánto se separaría el arco del suelo si su temperatura aumentara 0.50 C° ?

17.81 A una temperatura absoluta T_0 , un cubo tiene lados de longitud L_0 y su densidad es ρ_0 . El cubo está hecho de un material con coeficiente de expansión de volumen β . a) Demuestre que, si la temperatura aumenta a $T_0 + \Delta T$, la densidad del cubo es aproximadamente

$$\rho = \rho_0(1 - \beta\Delta T)$$

(Sugerencia: Use la expresión $(1 + x)^3 \approx 1 + 3x$, válida para $|x| \ll 1$.) Explique por qué este resultado aproximado sólo es válido

do si ΔT es mucho menor que $1/\beta$, y por qué cabe esperar que así suceda en general. b) Un cubo de cobre mide 1.25 cm por lado a 20.0°C . Calcule su cambio de volumen y densidad cuando su temperatura aumenta a 70.0°C .

17.82 Un peso de 250 kg cuelga del techo atado con un alambre delgado de cobre. En su modo fundamental, este alambre vibra a la frecuencia del La de concierto (440 Hz). Después se incrementa la temperatura del alambre en 40°C . a) Cuánto cambiará la frecuencia fundamental? Aumentará o disminuirá? b) Calcule el cambio porcentual de la rapidez de la onda en el alambre. c) Calcule el cambio porcentual de la longitud de la onda estacionaria fundamental en el alambre. ¿Aumentará o disminuirá?

17.83 Imagine que está preparando un aderezo para pasta y tiene una taza medidora cilíndrica de 10.0 cm de altura hecha de vidrio ordinario ($\beta = 2.7 \times 10^{-5} (\text{C}^\circ)^{-1}$) llena con aceite de oliva ($\beta = 6.8 \times 10^{-4} (\text{C}^\circ)^{-1}$) hasta una altura 1.00 mm por debajo del borde de la taza. En un principio, la taza y el aceite están a temperatura ambiente (22.0°C). El teléfono suena y usted se olvida del aceite de oliva, que por descuido dejó calentando sobre la estufa encendida. La taza y el aceite se calientan lentamente, y tienen la misma temperatura. ¿A qué temperatura comenzará a derramarse el aceite?

17.84 Use la figura 17.11 para hallar el coeficiente de expansión de volumen aproximado del agua a 2.0°C y a 8°C .

17.85 Como en el problema 17.80, una varilla de acero y una de aluminio se colocan a tope entre soportes rígidos, pero ahora se ha reocortado cada varilla 0.20 cm a lo largo, de modo que la de acero mide 0.348 m, la de aluminio mide 0.248 m y hay una separación de 0.40 cm entre ellas. Inicialmente, las dos varillas están a 20.0°C . Si ambas se calientan o enfrían de modo que tengan la misma temperatura final, ¿a qué temperatura se cerrará apenas el claro?

17.86 A 20.0°C el volumen de cierto matraz de vidrio, tiene una marca de referencia en su largo cuello, marca exactamente 100 cm^3 . El matraz se llena hasta esta marca con un líquido cuyo coeficiente de expansión de volumen (β) es de $8.00 \times 10^{-4} \text{ K}^{-1}$, con el líquido y el matraz a 20.0°C . Para el vidrio, $\beta = 2.00 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$. El área transversal del cuello es de 50.0 mm^2 y puede considerarse constante. a) Explique por qué es una buena aproximación despreciar el cambio del área transversal del cuello. b) ¿Cuánto subirá o bajará el líquido en el cuello si aumenta la temperatura a 50.0°C ?

17.87 Una varilla metálica de 30.0 cm de longitud se expande 0.0650 cm cuando se calienta de 0°C a 100°C . Una varilla de otro metal con la misma longitud se expande 0.0350 cm con el mismo aumento de temperatura. Una tercera varilla, también de 30.0 cm, se compone de tramos de los metales anteriores unidos a tope y se expande 0.0580 cm entre 0°C y 100°C . Calcule la longitud de cada tramo de la barra compuesta.

17.88 Una fresca (4.0°C) mañana de sábado, una piloto llena los tanques de su Pitts S-2C (un avión biplaza para acrobacias) hasta su capacidad de 106.0 L. Antes de volar el domingo por la mañana cuando la temperatura es otra vez de 4°C , la piloto revisa el nivel de combustible y encuentra sólo 103.4 L de gasolina en los tanques. Se da cuenta de que el sábado en la tarde hizo calor, y que la expansión térmica de la gasolina hizo que el combustible faltante saliera por la ventilla del tanque. a) ¿Qué temperatura máxima (en $^\circ\text{C}$) alcanzaron: el combustible y el tanque esa tarde? El coeficiente de expansión de volumen de la gasolina es de $9.5 \times 10^{-4} \text{ K}^{-1}$, y el tan-

que es de aluminio. b) Si quería tener el máximo de combustible disponible para su vuelo el domingo, ¿con cuántos litros debió la piloto llenar el tanque?

17.89 a) La ecuación (17.12) da el esfuerzo requerido para mantener constante la longitud de una varilla cuando su temperatura cambia. Demuestre que, si se permite que la longitud cambie una cantidad ΔL cuando la temperatura cambia una cantidad ΔT , el esfuerzo será igual a

$$\frac{F}{A} = Y \left(\frac{\Delta L}{L_0} - \alpha \Delta T \right)$$

donde F es la tensión en la varilla, L_0 es su longitud original, A es el área de la sección transversal, α es su coeficiente de expansión lineal y Y es su módulo de Young. b) Una barra de latón gruesa tiene proyecciones en sus extremos (Fig. 17.29). Dos alambres finos de acero, tendidos entre las proyecciones, tienen cero tensión cuando el sistema está a 20°C . Calcule el esfuerzo de tensión en los alambres si el sistema se calienta a 140°C . Haga supuestas simplificaciones si es necesario, pero especifíquelas.



Figura 17.29 Problema 17.89

17.90 Una varilla de acero con 0.350 m de longitud y una de aluminio con 0.250 m de longitud, ambas con el mismo diámetro, se colocan a tope entre soportes rígidos sin esfuerzos iniciales en ellas. Ahora se incrementa 60.0°C su temperatura. Calcule el esfuerzo en cada varilla. [Sugerencia: La longitud de la varilla combinada no cambia, pero las longitudes de las varillas individuales sí. Véase el problema 17.89.]

17.91 Un anillo de acero con diámetro interior de 2.5000 pulg a 20.0°C se calienta y se ensambla alrededor de un eje de latón con diámetro exterior de 2.5020 pulg a 20.0°C . a) ¿A qué temperatura debe calentarse el anillo? b) Si el anillo y el eje se enfrían juntos, digámonos con aire líquido, ¿a qué temperatura se soltará el anillo del eje?

17.92 Esfuerzo de volumen por un aumento de temperatura. a) Demuestre que, si un objeto sometido a presión se calienta sin dejar que se expanda, el aumento de presión es

$$\Delta p = \beta \beta \Delta T$$

donde se supone que el módulo de volumen β y el coeficiente medio de expansión de volumen β son positivos y constantes. b) ¿Qué presión se necesita para evitar que un bloque de acero se expanda si se calienta de 20.0°C a 35.0°C ?

17.93 Un líquido se encierra en un cilindro metálico provisto de un pistón del mismo metal. El sistema está a una presión de 1.00 atm ($1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$) y a 30.0°C . Se empuja el pistón hacia abajo hasta que la presión sobre el líquido se incrementa en 50.0 atm y se fija en esta posición. Calcule la nueva temperatura a la que la presión del líquido será otra vez 1.00 atm. Suponga que el cilindro tiene resistencia suficiente para que su volumen no se altere por los cambios de presión, sólo por los de temperatura. Use el resultado del problema 17.92. [Sugerencia: Véase la sección 11.4.]

Compresibilidad del líquido: $\lambda = 8.50 \times 10^{-10} \text{ Pa}^{-1}$

Coefficiente de expansión de volumen del líquido: $\beta = 4.80 \times 10^{-4} \text{ K}^{-1}$

Coefficiente de expansión de volumen del metal: $\beta = 3.90 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$

17.94 Un mecánico sediento enfría una botella de 2.00 L de refresco (agua en su mayor parte) vertiéndola en un tarro de aluminio grande de 0.257 kg y agregándole 0.120 kg de hielo a -15.0°C . Si el refresco y el tarro estaban a 20.0°C , ¿qué temperatura final alcanza el sistema si no se pierde calor?

17.95 **Regreso de naves espaciales.** Una nave espacial de aluminio tiene una rapidez orbital de 7,700 m/s. a) Calcule la relación entre su energía cinética y la energía requerida para elevar su temperatura de 0°C a 600°C . (El punto de fusión del aluminio es de 660°C . Suponga una capacidad calorífica constante de $910 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$.) b) Analice la importancia de su respuesta para el problema del regreso de una nave tripulada en la atmósfera terrestre.

17.96 Un cabrestante es un tambor o cilindro giratorio sobre el que desliza una cuerda a fin de amplificar mucho su tensión al tiempo que se mantienen libres sus extremos (Fig. 17.30). Puesto que la tensión adicional es causada por fricción, se genera energía térmica. a) Si la diferencia de tensión entre los extremos de la cuerda es de 520 N y el cabrestante tiene 10.0 cm de diámetro y gira una vez cada 0.900 s, calcule la razón de generación de energía térmica. ¿Por qué no importa el número de vueltas? b) Si el cabrestante es de hierro y tiene una masa de 6.00 kg, ¿con qué rapidez aumenta su temperatura? Suponga que la temperatura en el cabrestante es uniforme y que toda la energía térmica generada fluye hacia él.

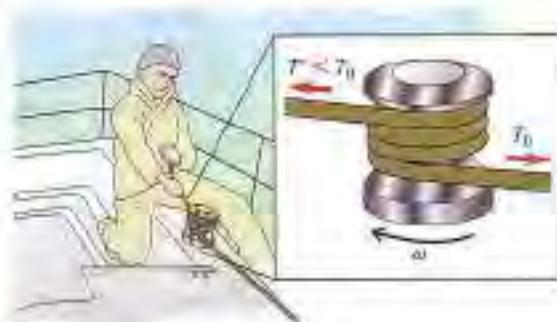


Figura 17.30 Problema 17.96.

17.97 **Ley T^3 de Debye.** A temperaturas muy bajas, la capacidad calorífica molar de la sal de roca varía con la temperatura según la ley T^3 de Debye:

$$C = k \frac{T^3}{\Theta^3}$$

donde $k = 1.940 \text{ J/mol} \cdot \text{K}$ y $\Theta = 281 \text{ K}$. a) ¿Cuánto calor se requiere para elevar la temperatura de 1.50 mol de sal de roca de $(0.0 \text{ K a } 40.0 \text{ K})$? (Sugerencia: Use la ecuación (17.18) en la forma $dQ = nC dT$ e integre.) b) Calcule la capacidad calorífica molar media en este intervalo. c) Calcule la capacidad calorífica molar verdadera a 40.0 K .

17.98 Una persona de 70.0 kg está sentada en una tina de 190 cm por 80 cm. Antes de entrar ella, el agua tenía 10 cm de profundidad. El agua está a 37.0°C . Suponga que el agua se enfriara espontáneamente para formar hielo a 0.0°C y que toda la energía liberada se usara para lanzar al pobre bañista verticalmente hacia arriba. ¿Qué altura alcanzaría él? (Como veremos en el capítulo 20, la conservación de la energía permite este suceso pero lo prohíbe la segunda ley de la termodinámica.)

17.99 **Aire caliente en una clase de física.** a) Un estudiante representativo que escucha atentamente una clase de física produce 100 W de calor. ¿Cuánto calor desprende un grupo de 90 estudiantes de física en un aula durante una clase de 50 min? b) Suponga que toda la energía térmica de la parte (a) se transfiere a los $3,200 \text{ m}^3$ de aire del aula. El aire tiene un calor específico de $1,020 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$ y una densidad de 1.20 kg/m^3 . Si nada de calor escapa y el sistema de aire acondicionado está apagado, ¿cuánto aumentará la temperatura del aire durante la clase? c) Si el grupo está en examen, la producción de calor por estudiante aumenta a 280 W. ¿Cuánto aumentará la temperatura en 50 min en este caso?

17.100 La capacidad calorífica molar de cierta sustancia varía con la temperatura según la ecuación empírica:

$$C = 29.5 \text{ J/mol} \cdot \text{K} + (8.20 \times 10^{-3} \text{ J/mol} \cdot \text{K}^2)T$$

¿Cuánto calor se necesita para calentar 3.00 mol de la sustancia de 27°C a 227°C ? (Sugerencia: Use la ecuación (17.18) en la forma $dQ = nC dT$ e integre.)

17.101 a) Un cubo de hielo de 0.075 kg se saca de un congelador, donde estaba a -10.0°C , y se pone en un vaso de agua a 0.0°C . Si no se gana ni pierde calor al entorno, ¿cuánta agua se congelará sobre el cubo? b) ¿Es posible añadir suficiente hielo al vaso para congelar toda el agua? Explique.

17.102 **Calefacción con agua caliente o con vapor.** En un sistema casero de calefacción por agua caliente se alimenta agua a 70.0°C a los radiadores, de donde sale a 28.0°C . El sistema se va a reemplazar por uso de vapor de agua en el que vapor a presión atmosférica se condensa en los radiadores, saliendo a 35.0°C . ¿Cuántos kilogramos de vapor suministrarán la misma cantidad de calor que suministraba 1.00 kg de agua caliente en el primer sistema?

17.103 Un calorímetro de cobre de 0.446 kg contiene 0.0950 kg de hielo. El sistema está inicialmente a 0.0°C . a) Si se añade a la lata 0.0350 kg de vapor de agua a 100°C y 1.00 atm de presión, ¿qué temperatura final alcanza la lata del calorímetro y su contenido? b) A la temperatura final, ¿cuántos kilogramos habrá de hielo, cuántos de agua líquida y cuántos de vapor?

17.104 En un recipiente de masa despreciable, se agrega 0.140 kg de hielo a -15.0°C a 0.190 kg de agua a 35.0°C . a) Si no se pierde calor al entorno, ¿qué temperatura final alcanza el sistema? b) A la temperatura final, ¿cuántos kilogramos hay de hielo y cuántos de agua líquida?

17.105 En un recipiente de masa despreciable, se agrega 0.0400 kg de vapor de agua a 100°C a 0.200 kg de agua a 50.0°C . a) Si no se pierde calor al entorno, ¿qué temperatura final alcanza el sistema? b) A la temperatura final, ¿cuántos kilogramos hay de vapor de agua y cuántos de agua líquida?

17.106 Un tubo conduce de un matraz donde hierve agua a presión atmosférica a un calorímetro de 0.150 kg con calor específico de

420 J/kg · K que originalmente contiene 0.340 kg de agua a 15.0°C. Se permite que se condense vapor en el calorímetro a presión atmosférica hasta que su temperatura sube a 71.0°C, después de lo cual la masa total del calorímetro y su contenido es de 0.525 kg. Calcule el calor de vaporización del agua con estos datos.

17.107 En un recipiente con masa despreciable, se agrega 0.150 kg de hielo a 0°C y 0.0950 kg de vapor de agua a 100°C a 0.200 kg de agua a 50.0°C. a) Si no se pierde calor al entorno y la presión en el recipiente se mantiene en 1.00 atm, ¿qué temperatura final alcanza el sistema? b) A la temperatura final, ¿cuántos kilogramos hay de hielo, cuántos de agua líquida y cuántos de vapor de agua? c) Repita las partes (a) y (b) si 0.350 kg de hielo a 0°C y 0.012 kg de vapor de agua a 100°C se agregan a 0.200 kg de agua que está a 40.0°C.

17.108 Un método experimental para medir la conductividad térmica de un material aislante es construir una caja del material y medir el aporte de potencia a un calentador eléctrico dentro de la caja que mantiene el interior a una temperatura medida por encima de la de la superficie exterior. Suponga que en un aparato así se requiere un aporte de potencia de 180 W para mantener la superficie interior de la caja 65.0°C por encima de la temperatura de la superficie exterior. El área total de la caja es de 2.18 m², y el espesor de la pared es de 3.9 cm. Calcule la conductividad térmica del material en unidades SI.

17.109 Efecto de una ventana en una puerta. Un carpintero construye una puerta de madera sólida de 2.00 m × 0.95 m × 5.0 cm. Su conductividad térmica es $k = 0.120$ W/m · K. Las películas de aire en las superficies interior y exterior de la puerta tienen la misma resistencia térmica combinada que un espesor adicional de 1.8 cm de madera sólida. La temperatura interior es de 20.0°C, y la exterior, de -8.0°C. a) Calcule la razón de flujo de calor a través de la puerta. b) ¿En qué factor aumenta el flujo de calor si se inserta una ventana cuadrada de 0.50 m por lado en la puerta? El vidrio tiene un espesor de 0.45 cm y una conductividad térmica de 0.80 W/m · K. Las películas de aire junto al cristal tienen una resistencia térmica total igual a la de otros 12.0 cm de vidrio.

17.110 Un techo de madera con resistencia térmica R_1 se cubre con una capa de aislante con resistencia térmica R_2 . Demuestre que la resistencia térmica efectiva de la combinación es $R = R_1 + R_2$.

17.111 Calcule la relación entre las razones de pérdida de calor a través de una ventana de un solo cristal con un área de 0.15 m² y a través de una ventana de doble cristal con la misma área. Cada cristal tiene un espesor de 4.2 mm, y el espacio entre los dos cristales de la ventana doble es de 7.0 mm. El vidrio tiene una conductividad térmica de 0.80 W/m · K. Las películas de aire en las superficies interior y exterior de ambas ventanas tienen una resistencia térmica combinada de 0.15 m² · K/W.

17.112 Se sueldan varillas de: cobre, latón y acero para formar una "Y". El área transversal de cada varilla es 2.00 cm². El extremo libre de la varilla de cobre se mantiene a 100.0°C, y los de las varillas de latón y acero, a 0.0°C. Suponga que no hay pérdida de calor por los costados de las varillas, cuyas longitudes son: cobre 13.0 cm; latón 18.0 cm; acero 24.0 cm. a) ¿Qué temperatura tiene el punto de unión? b) Calcule la corriente de calor en cada una de las varillas.

17.113 Tiempo que tarda un lago en cubrirse de hielo. a) Cuando la temperatura del aire está por debajo de 0°C, el agua en la su-

perficie de un lago se congela para formar una plancha de hielo. ¿Por qué no se congela todo el volumen del lago? b) Demuestre que el espesor del hielo formado en la superficie es proporcional a la raíz cuadrada del tiempo, si el calor de fusión del agua que se congela en la cara inferior de la capa de hielo atraviesa dicha capa por conducción. c) Suponiendo que la superficie de arriba del hielo está a -10°C y que la de abajo está a 0°C, calcule el tiempo que tardará en formarse una capa de hielo de 25 cm de espesor. d) Si el lago de la parte (c) tiene una profundidad uniforme de 40 m, ¿cuánto tardaría en congelarse totalmente? ¿Es probable que esto ocurra?

17.114 Una varilla tiene inicialmente una temperatura uniforme de 0°C. Un extremo se mantiene a 0°C y el otro se pone en contacto con un baño de vapor a 100°C. La superficie de la varilla está aislada de modo que el calor sólo puede fluir longitudinalmente por la varilla, que tiene un área transversal ca de 2.50 cm², longitud de 120 cm, conductividad térmica de 380 W/m · K, densidad de 1.00 × 10⁴ kg/m³ y calor específico de 520 J/kg · K. Considere un elemento cilíndrico de la varilla de 1.00 cm de longitud. a) Si el gradiente de temperatura en el extremo más frío de este elemento es de 140°C/cm, ¿cuántos joules de energía térmica fluyen por este extremo cada segundo? b) Si la temperatura media del elemento está aumentando a razón de 0.250°C/s, calcule el gradiente de temperatura en el otro extremo del elemento.

17.115 Si la energía de radiación solar que incide cada segundo en la superficie congelada de un lago es de 600 W/m², y 70% de ella es absorbida por el hielo, ¿cuánto tardará en fundirse una capa de 2.50 cm de espesor? El hielo y el agua de abajo están a 0°C.

17.116 La razón de energía radiante que llega del Sol a la atmósfera superior de la Tierra es de cerca de 1.50 × 10⁸ W/m². La distancia de la Tierra al Sol es de 1.50 × 10¹¹ m, y el radio del Sol es de 6.96 × 10⁸ m. a) Calcule la radiación de energía por unidad de área de la superficie solar. b) Si el Sol radia como cuerpo negro ideal, ¿qué temperatura superficial tiene?

17.117 Termo para helio líquido. Un físico usa una lata cilíndrica de metal de 0.250 m de altura y 0.090 m de diámetro para guardar helio líquido a 4.22 K; a esa temperatura, el calor de vaporización del helio es de 2.09 × 10⁴ J/kg. La lata está rodeada por completo de paredes que se mantienen a la temperatura del nitrógeno líquido a 77.3 K, con un vacío entre la lata y dichas paredes. ¿Cuánto helio se pierde por hora? La conductividad de la lata metálica es de 0.200. La única transferencia de calor entre la lata y las paredes es por radiación.

17.118 Expansión térmica de un gas ideal. a) La presión p , volumen V , número de moles n y temperatura Kelvin T de un gas ideal están relacionados por la ecuación $pV = nRT$, donde R es una constante. Demuestre que el coeficiente de expansión de volumen de un gas ideal es igual al recíproco de la temperatura Kelvin si la expansión es a presión constante. b) Compare los coeficientes de expansión de volumen del cobre y el aire a 20°C. Suponga que el aire puede tratarse como gas ideal y que la presión se mantiene constante.

17.119 Un ingeniero está perfeccionando un calentador de agua eléctrico que suministra agua caliente continuamente. En la figura 17.31 se muestra un diseño de prueba. El agua fluye a razón de 0.500 kg/min, el termómetro de entrada registra 18.0°C, el voltímetro marca 120 V y el amperímetro marca 15.0 A (lo que correspon-

de a un aporte de potencia de entrada de $(120 \text{ V})(15.0 \text{ A}) = 1,800 \text{ W}$. a) Cuando por fin se alcanza un estado estable, ¿qué marca el termómetro de salida? b) ¿Por qué no necesitamos considerar la capacidad calorífica *mc* del aparato en sí?

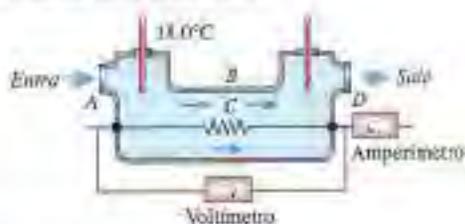


Figura 17.31 Problema 17.119.

17.120 Ingestión de comida de un hamster. La producción de energía de un animal en actividad se denomina tasa metabólica basal (TMB) y es una medida de la conversión de energía de alimentos en otras formas de energía. Un calorímetro sencillo para medir la TMB consiste en una caja aislada provista de un termómetro para medir la temperatura del aire, el cual tiene una densidad de 1.20 kg/m^3 y una capacidad calorífica específica de $1,020 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$. Un hamster de 50.0 g se coloca en un calorímetro que contiene $(0.0500) \text{ m}^3$ de aire a temperatura ambiente. a) Cuando el hamster está corriendo en una rueda, la temperatura del aire del calorímetro sube 1.60 C° cada hora. ¿Cuánto calor genera el hamster al correr 1 h? Suponga que todo este calor pasa al aire del calorímetro. Desprecie el calor que pasa a las paredes de la caja y al termómetro, y suponga que no se pierde calor al entorno. b) Suponiendo que el hamster convierte semillas en calor con una eficiencia de 10% y que las semillas tienen un valor energético de 24 J/g , ¿cuántos gramos de semillas debe comer el hamster cada hora para obtener la energía calculada en (a)?

Problemas de desafío

17.121 a) Un casco esférico tiene radios interior y exterior: a y b , respectivamente, y las temperaturas en las superficies interior y exterior son T_2 y T_1 , respectivamente. La conductividad térmica del material del casco es k . Deduzca una ecuación para la corriente total de calor a través del casco. b) Deduzca una ecuación para la variación de temperatura dentro del casco de la parte (a), es decir, calcule T en función de r , la distancia al centro del casco. c) Un cilindro hueco tiene longitud L , radio interior a y radio exterior b , y las temperaturas en las superficies interior y exterior son T_2 y T_1 , respectivamente. (El cilindro podría representar una tubería de agua caliente aislada, por ejemplo.) La conductividad térmica del material del cilindro es k . Deduzca una ecuación para la corriente total de calor a través de las paredes del cilindro. d) Para el cilindro de la parte (c), deduzca una ecuación para la variación de temperatura dentro de las paredes del cilindro. e) Para el casco esférico de la parte (a) y el cilindro hueco de la parte (c), demuestre que la ecuación para la corriente total de calor en cada caso se reduce a la ecuación (17.21) para flujo de calor lineal cuando el casco o cilindro es muy delgado.

17.122 Una tubería de vapor de agua de 2.00 cm de radio, que lleva vapor a 140°C , está rodeada por una camisa cilíndrica con radios interior y exterior de 2.00 cm y 4.00 cm , respectivamente, hecha con un tipo de corcho cuya conductividad térmica es de $4.00 \times 10^{-2} \text{ W/m} \cdot \text{K}$. Ésta a su vez está rodeada por una camisa

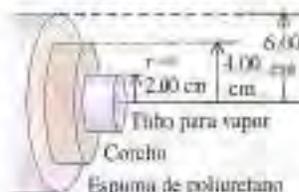


Figura 17.32 Problema de desafío 17.122.

cilíndrica de espuma de poliestireno con conductividad térmica de $1.00 \times 10^{-2} \text{ W/m} \cdot \text{K}$ y radios interior y exterior de 4.00 cm y 6.00 cm , respectivamente (Fig. 17.32). La superficie exterior de la espuma de poliestireno está en contacto con aire a 15°C . Suponga que esta superficie exterior tiene una temperatura de 15°C . a) Calcule la temperatura para un radio de 4.00 cm (la unión entre las dos capas aislantes). b) Calcule la razón total de transferencia de calor hacia afuera de un tramo de 2.00 m de tubería. (Sugerencia: Use la expresión deducida en la parte (c) del problema de desafío 17.121.)

17.123 Suponga que ambos extremos de la varilla de la figura 17.20 se mantienen a una temperatura de 0°C y que la distribución de temperatura inicial a lo largo de la varilla está dada por $T = (100^\circ\text{C}) \sin \pi x/L$, donde x se mide desde el extremo izquierdo de la varilla. Sea la varilla de cobre, con longitud $L = 0.100 \text{ m}$ y área de sección transversal de 1.00 cm^2 . a) Muestre la distribución inicial de temperatura en un diagrama. b) Determine la distribución final de temperatura después de mucho tiempo. c) Dibuje curvas que, en su opinión, representen la distribución de temperatura en instantes intermedios. d) Determine el gradiente de temperatura inicial en los extremos de la varilla. e) Calcule la corriente de calor inicial desde los extremos de la varilla hacia los cuerpos que están en contacto con ellos. f) ¿Qué corriente de calor inicial hay en el centro de la varilla? Explique. ¿Qué corriente de calor hay en este punto en un instante posterior? g) ¿Qué valor tiene la difusividad térmica *k/ρc* del cobre, y en qué unidad se expresa? (Aquí, k es la conductividad térmica, $\rho = 8.9 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ y c es la capacidad calorífica específica.) h) Determine la rapidez inicial de cambio de la temperatura en el centro de la varilla. i) ¿Cuánto tiempo tardaría el centro de la varilla en alcanzar su temperatura final si la temperatura sigue disminuyendo con esa rapidez? (Este tiempo se llama tiempo de relajación de la varilla.) j) Por las gráficas de la parte (c), ¿cabría esperar que la rapidez de cambio de la temperatura en el punto medio se mantenga; constante, aumente o disminuya en función del tiempo? k) Determine la rapidez inicial de cambio de la temperatura en un punto de la varilla situado a 2.5 cm de su extremo izquierdo.

17.124 Cambio de temperatura en un reloj. Un reloj de péndulo está diseñado para marcar un segundo en cada oscilación de lado a lado del péndulo (período de 2 s). a) ¿Se adelanta un reloj de péndulo cuando hace calor y se atrasa cuando hace frío, o al revés? Explique su razonamiento. b) Cierta reloj de péndulo da la hora correcta a 20.0°C . La varilla del péndulo es de acero, y su masa puede despreciarse en comparación con la masa de la pesa. Calcule el cambio fraccionario de longitud de la varilla cuando se enfría a 10.0°C . c) ¿Cuántos segundos por día se adelanta o se atrasa el reloj a 10.0°C ? ¿Con qué exactitud debe controlarse la temperatura

para que el reloj no se atrase ni se adelante más de 1,00 s al día? ¿La respuesta depende del período del péndulo?

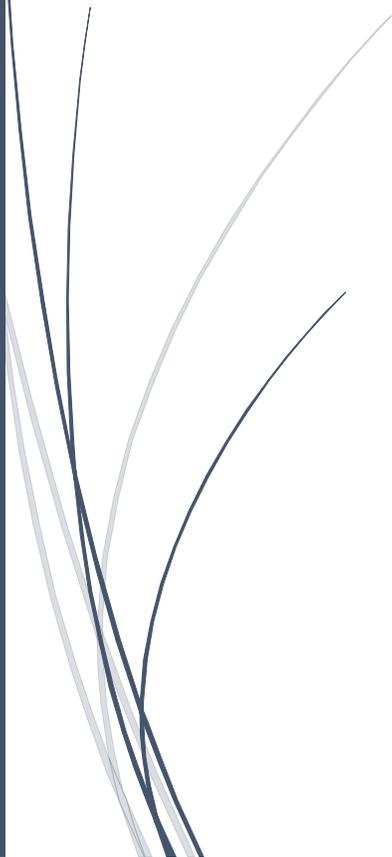
17.125 Un extremo de una varilla cilíndrica de cobre sólido de 0,200 m de longitud se mantiene a 20,00 K. El otro extremo se ennegrece y se expone a radiación térmica de las paredes circundantes que están a 500 K. Los costados de la varilla están aislados, de modo que sólo se gana o pierde energía por los extremos. Cuando se alcanza el equilibrio, ¿qué temperatura tiene el extremo ennegrecido? (*Sugerencia:* Puesto que el cobre es muy buen conductor del calor a bajas temperaturas, con $k = 1,670 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ a 20 K, la temperatura del extremo ennegrecido es apenas un poco mayor que 20,00 K.)

17.126 **Un paseo en el Sol.** Considere una pobre alma perdida que camina a 5 km/h en un día caluroso en el desierto, vestida sólo con un traje de baño. La temperatura de la piel de esta persona tiende a aumentar por cuatro mecanismos: (i) se genera energía por reacciones metabólicas en el cuerpo a razón de 280 W, y casi toda esta

energía se convierte en calor que fluye hacia la piel; (ii) se suministra calor a la piel por convección del aire exterior con una rapidez de $k^* A_{\text{piel}} (T_{\text{aire}} - T_{\text{piel}})$, donde k^* es $54 \text{ J/h} \cdot \text{C}^\circ \cdot \text{m}^2$, el área de piel expuesta A_{piel} es de $1,5 \text{ m}^2$, la temperatura del aire T_{aire} es de 47°C y la temperatura de la piel T_{piel} es de 36°C ; (iii) la piel absorbe energía radiante del Sol a razón de $1,400 \text{ W/m}^2$; (iv) la piel absorbe energía radiante del entorno, que tiene una temperatura de 47°C . a) Calcule la razón neta (en watts) con que estos cuatro mecanismos calientan la piel de la persona. Suponga que la emisividad de la piel es $\epsilon = 1$ y que su temperatura inicial es 36°C . ¿Qué mecanismo es el más importante? b) ¿Con qué rapidez (en L/h) debe evaporarse sudor de la piel de esta persona para mantener una temperatura constante en la piel? (El calor de vaporización del agua a 36°C es de $2,42 \times 10^6 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$.) c) Suponga ahora que la persona está protegida por ropa clara ($\epsilon = 0$) de modo que el área de piel expuesta es de sólo $0,45 \text{ m}^2$. ¿Qué razón de transpiración se requiere ahora? Comente la utilidad de la vestimenta tradicional de las gentes del desierto.

PRESENTACIONES
DE LA ASIGNATURA

FÍSICA II





TRABAJO,
ENERGÍA Y
POTENCIA

Trabajo, energía y potencia

- Trabajo
- Trabajo resultante
- Energía
- Trabajo y energía cinética
- Energía potencial
- Conservación de la energía
- Energía y fuerzas de fricción
- Potencia

Trabajo

El **trabajo** es una cantidad escalar igual al producto de las magnitudes del desplazamiento y de la componente de la fuerza en la dirección del desplazamiento.

Trabajo = fuerza \times desplazamiento

$$T = F_x d$$

Unidades SI:

1 **joule** (J) es igual al trabajo realizado por una fuerza de un newton (N) al mover un objeto a través de una distancia paralela de un metro (m).

Unidades USCS:

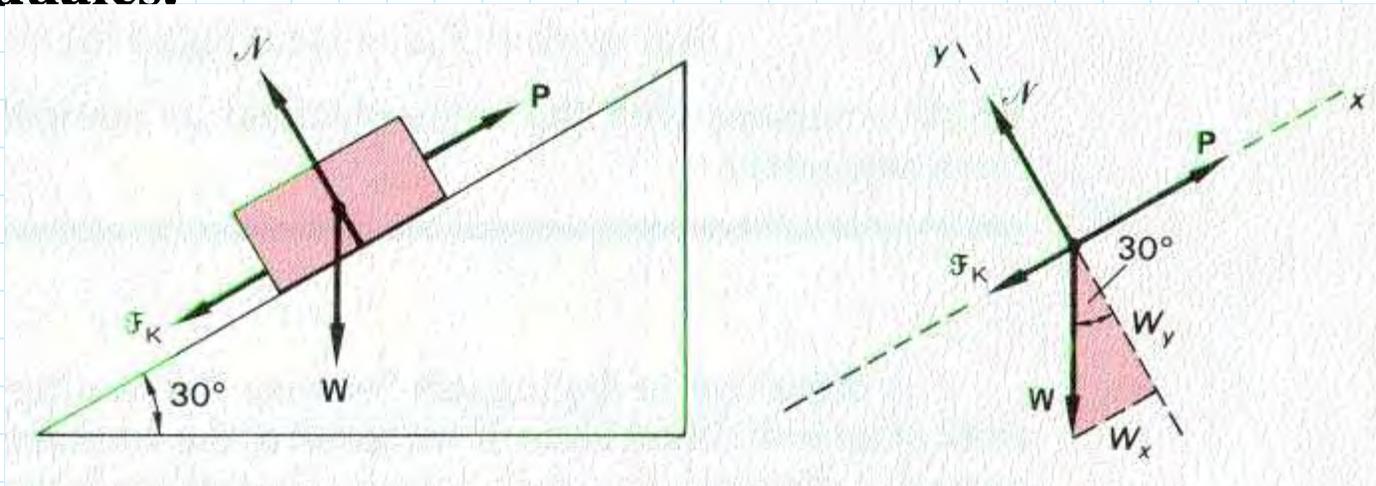
Una **libra-pie** (ft-lb) es igual al trabajo realizado por una fuerza de una libra (lb) al mover un objeto a través de una distancia paralela de un pie (ft).

Trabajo resultante

El trabajo de una **fuerza específica es positivo** si la componente de la fuerza está en la **misma dirección** que el desplazamiento.

El trabajo de una **fuerza específica es negativo** si la componente de la fuerza está en **dirección opuesta** al desplazamiento.

Cuando varias fuerzas actúan sobre un cuerpo en movimiento, el **trabajo resultante** es la suma algebraica de las fuerzas individuales.

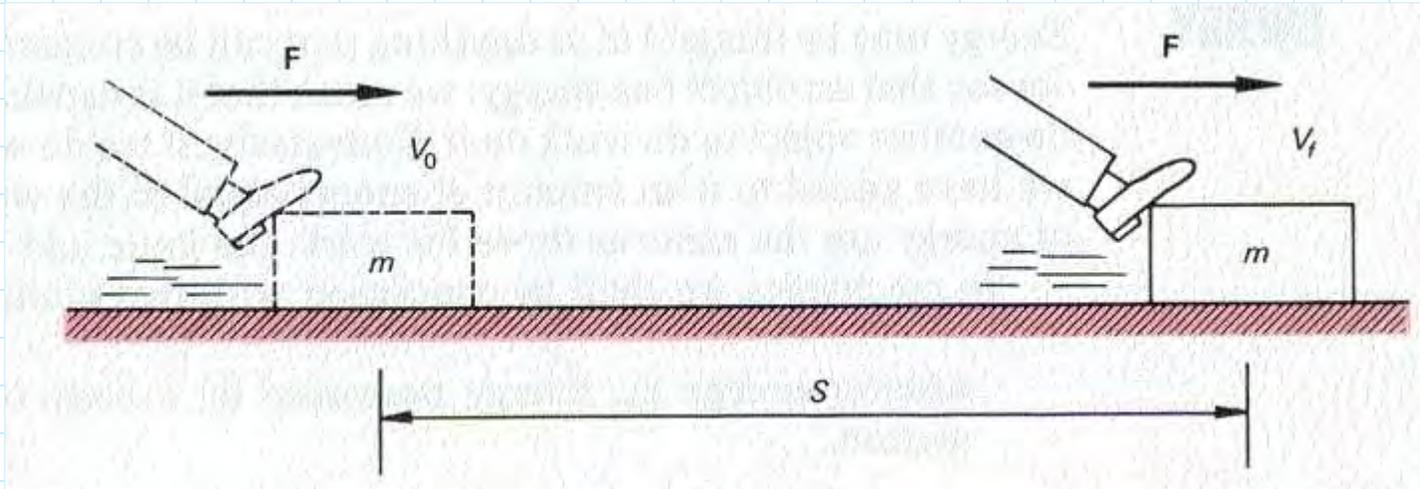


Energía

Energía cinética (E_k) es la energía que tiene un cuerpo en virtud de su **movimiento**.

Energía potencial (E_p) es la energía que tiene un cuerpo en virtud de su **posición o condición**.

Trabajo y energía cinética

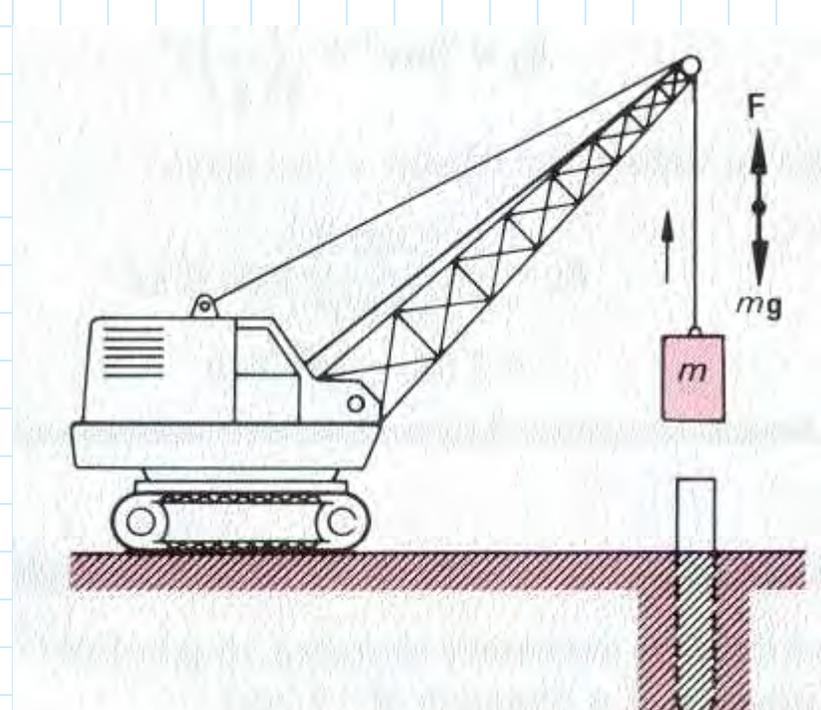


El **trabajo** de una fuerza externa resultante sobre un cuerpo es igual al **cambio de la energía cinética** del cuerpo.

$$E_k = \frac{1}{2} mv^2$$

Energía potencial

Energía potencial es la energía que posee el sistema en virtud de su **posición**.



$$E_p = Wh = mgh$$

donde:

E_p = energía potencial

W = peso del objeto

h = altura del objeto sobre el punto de referencia

g = aceleración debida a la gravedad

m = masa del objeto

Conservación de la energía

Conservación de la energía mecánica:

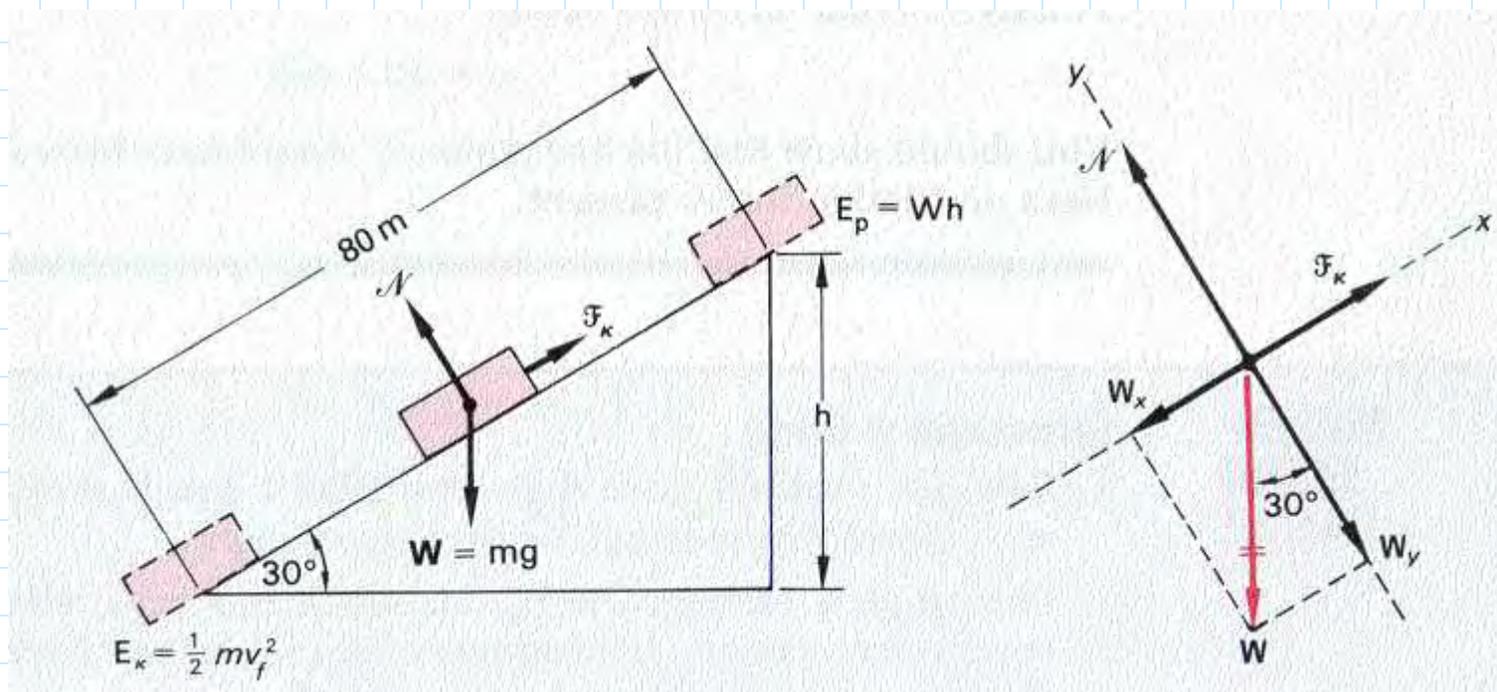
En la ausencia de resistencia del aire o de otras fuerzas disipativas, **la suma de las energías potenciales y cinéticas es una constante**, siempre que no se añada ninguna otra energía al sistema.

$$\text{energía total} = E_p + E_k = \text{constante}$$

Energía y fuerzas de fricción

Conservación de la energía:

La **energía total** se un sistema **es siempre constante**, aun cuando se transforme la energía de una forma o otra dentro del sistema.



Potencia

Potencia es la rapidez con que se realiza el **trabajo**.

$$P = \frac{\text{work}}{t}$$

Conceptos clave

- **Trabajo**
- **joule**
- **Energía potencial**
- **Energía cinética**
- **Conservación de la energía**
- **Potencia**
- **Caballo de fuerza**
- **watt**
- **kilowatt**
- **kilowatt-hora**



IMPULSO Y CANTIDAD DE MOVIMIENTO

Impulso y cantidad de movimiento

- **Impulso y cantidad de movimiento**
- **La ley de la conservación de la cantidad de movimiento**
- **Choques elásticos e inelásticos**

Impulso y cantidad de movimiento

El **impulso** es una cantidad vectorial de igual magnitud que el producto de la fuerza por el intervalo de tiempo en el que actúa. Su dirección es la misma que la de la fuerza.

Unidades SI: *newton-segundo* (N • s)

Unidades USCS: *libras • segundos* (lb • s)

La **cantidad de movimiento** es una cantidad vectorial de igual magnitud que el producto de su masa por su velocidad.

Unidad SI: *kilogramo-metro por segundo* (kg • m/s)

Unidad USCS: *slug-pie por segundo* (slug • ft/sec)

$$\mathbf{F}\Delta t = m\mathbf{v}_f - m\mathbf{v}_0$$

donde:

\mathbf{F} = fuerza aplicada

Δt = intervalo de tiempo

$m\mathbf{v}_0$ = movimiento inicial

$m\mathbf{v}_f$ = movimiento final

$$\mathbf{p} = m\mathbf{v}$$

donde :

\mathbf{p} = cantidad de mov.

m = masa

\mathbf{v} = velocidad

La Ley de la conservación de la cantidad de movimiento

La **cantidad de movimiento lineal total** de los cuerpos que chocan es igual **antes y después del impacto**.

$$m_1u_1 + m_2u_2 = m_1v_1 + m_2v_2$$

m_1u_1 = cantidad de movimiento del cuerpo 1 antes del choque

m_2u_2 = cantidad de movimiento del cuerpo 2 antes del choque

m_1v_1 = cantidad de movimiento del cuerpo 1 después del choque

m_2v_2 = cantidad de movimiento del cuerpo 2 después del choque

Choques elásticos e inelásticos

El **coeficiente de restitución** e es la razón o relación negativa de la velocidad relativa después de l choque entre la velocidad relativa antes del choque.

$$e = \frac{v_2 - v_1}{u_1 - u_2}$$

v_1 y v_2 son las velocidades de los cuerpos 1 y 2 después del choquen

u_1 y u_2 son las velocidades de los dos cuerpos antes del choque

- Para choques **perfectamente elásticos**, $e = 1$
- Para choques **perfectamente inelásticos**, $e = 0$

Los choques en la vida real están en algún punto entre perfectamente elásticos y perfectamente inelásticos: $0 < e < 1$

Conceptos clave

- **Impulso**
- **Cantidad de movimiento**
- **Conservación de la cantidad de movimiento**
- **Choque elástico**
- **Choque inelástico**
- **Coefficiente de restitución**

Resumen de ecuaciones

$$\mathbf{F}\Delta t = m\mathbf{v}_f - m\mathbf{v}_0$$

$$\mathbf{p} = m\mathbf{v}$$

$$m_1\mathbf{u}_1 + m_2\mathbf{u}_2 = m_1\mathbf{v}_1 + m_2\mathbf{v}_2$$

$$e = \frac{v_2 - v_1}{u_1 - u_2}$$

$$e = \sqrt{\frac{h_2}{h_1}}$$



FLUIDOS

Fluidos

- **Densidad**
- **Presión**
- **Presión del fluido**
- **Medición de la presión**
- **La prensa hidráulica**
- **Principio de Arquímedes**
- **Flujo de fluidos**
- **Presión y velocidad**
- **Ecuación de Bernoulli**
- **Aplicaciones de la ecuación de Bernoulli**

Densidad

El **peso específico** de un cuerpo es la relación entre su peso (W) y su volumen (V).

$$D = \frac{W}{V}$$

Unidades:
 N/m^3 o lb/f^3

La **densidad o masa específica** de un cuerpo es la relación entre su masa (m) y su volumen (V).

$$\dots = \frac{m}{V}$$

Unidades:
 kg/m^3 o $slugs/f^3$

Recuerde: en un campo gravitacional, $W = mg$

Por lo tanto: los mg pueden sustituirse por W en la definición de densidad o peso específico

$$D = \frac{mg}{V}$$

En la definición de densidad de masa, se puede sustituir ρ por m/V :

$$D = \dots g$$

Presión

Presión es la fuerza normal por unidad de área y la relación de la fuerza (F) entre el área (A).

$$P = \frac{F}{A}$$

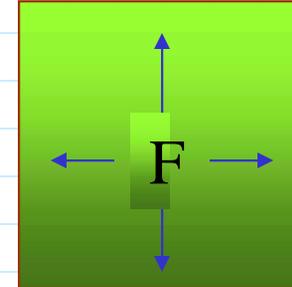
Unidades: N/m² o lb/in²

En unidades SI , N/m² se llama pascal (Pa).

Las aplicaciones prácticas se usa con frecuencia unidades de 1000 pascales, o kilopascales, kPa.

Presión del fluido

La fuerza que ejerce un fluido en las paredes del recipiente que lo contiene siempre actúa en forma perpendicular a esas paredes.



Los fluidos ejercen presión en todas las direcciones.

La **presión del fluido** en cualquier punto es directamente proporcional a la densidad del fluido y a la profundidad bajo la superficie del fluido.

$$P = Dh = \dots gh$$

- P es la presión
- D es el peso específico del fluido
- h es la profundidad del fluido
- ρ es la densidad del fluido
- g es la aceleración debida a la gravedad

Presión del fluido

Resumen de los principios de presión del fluido

- La fuerza que ejerce un fluido sobre las paredes del recipiente que lo contiene siempre actúa en forma perpendicular a esas paredes.
- La presión del fluido es directamente proporcional a la densidad del fluido y a la profundidad bajo la superficie del mismo.
- A cualquier profundidad, la presión del fluido es la misma en todas las direcciones.
- La presión del fluido es independiente de la forma o del área del recipiente que lo contiene.

Medición de la presión

La **ley de Pascal** en general establece que una presión externa aplicada a un fluido confinado se transmite uniformemente a través del volumen del líquido.

La **presión atmosférica** es la cantidad de presión que ejerce la atmósfera de la Tierra sobre el dispositivo de medición.

La cantidad de presión atmosférica depende de la altitud. Al nivel del mar la presión atmosférica es 101.3 kPa o 14.7 lb/in².

La **presión manométrica** es la cantidad de presión por encima o debajo de la presión atmosférica.

La **presión absoluta** es la cantidad total de presión, incluyendo al presión atmosférica.

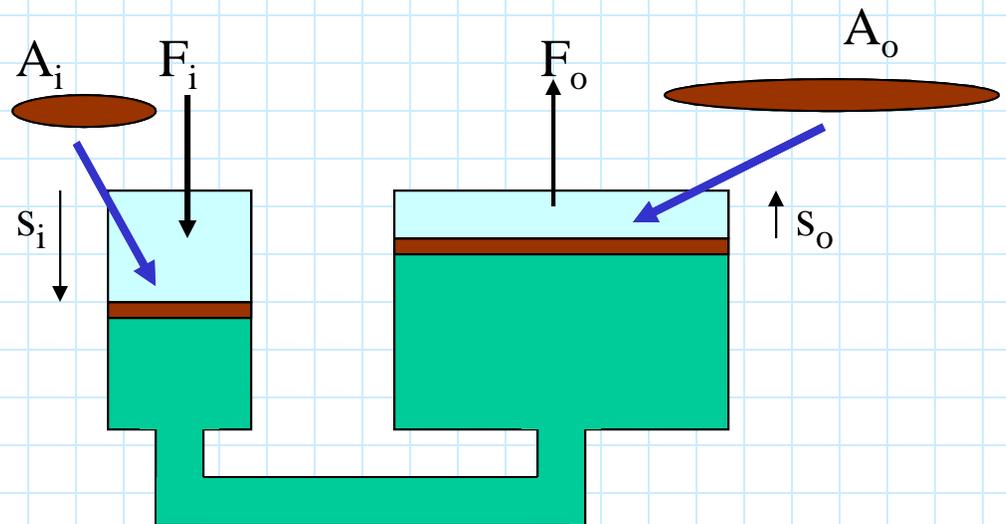
$$\text{Presión absoluta} = \text{presión manométrica} + \text{presión atmosférica}$$

La prensa hidráulica

Una presión F_i aplicada al líquido en lado izquierdo de la prensa hidráulica se transmite íntegramente al líquido del lado derecho F_o .

input pressure = output pressure

$$\frac{F_i}{A_i} = \frac{F_o}{A_o}$$



Hay una ventaja mecánica en este sistema:

La relación del área de salida entre el área de entrada.

$$M_I = \frac{F_o}{F_i} = \frac{A_o}{A_i}$$

La relación entre la entrada y la salida cambia la distancia recorrida.

$$M_I = \frac{F_o}{F_i} = \frac{s_i}{s_o}$$

Principio de Arquímedes

El **principio de Arquímedes** establece que un objeto que se encuentra parcial o totalmente sumergido en un fluido experimenta una fuerza ascendente (empuje) igual al peso del fluido desalojado. La fuerza ascendente es conocida como **empuje**.

Empuje = peso del fluido desalojado

$$F_B = V\rho g = mg$$

- F_B es el empuje
- V es el volumen del fluido desalojado
- ρ es la densidad de masa del fluido desalojado
- g es la aceleración debida a la gravedad
- m es la masa del fluido que es desalojado

Flujo de fluidos

El **flujo aerodinámico** es el movimiento de un fluido en el cual cada partícula en el fluido sigue la misma trayectoria que siguió la partícula anterior.

El **flujo turbulento** es el movimiento de un fluido que incluye corrientes turbulentas y remolinos, que absorben gran parte de la energía del fluido e incrementan el arrastre por fricción.

El **gasto** es el volumen de fluido que pasa a través de cierta sección transversal en una unidad de tiempo.

Gasto = velocidad x sección transversal

$$R = vA$$

$$V = Avt$$

$$R = \frac{Avt}{t} = vA$$

Resumen de ecuaciones

$$D = \frac{W}{V}$$

$$M_I = \frac{F_o}{F_i} = \frac{A_o}{A_i}$$

$$F_B = V\rho g = mg$$

$$\dots = \frac{m}{V}$$

$$M_I = \frac{F_o}{F_i} = \frac{s_i}{s_o}$$

$$R = vA$$

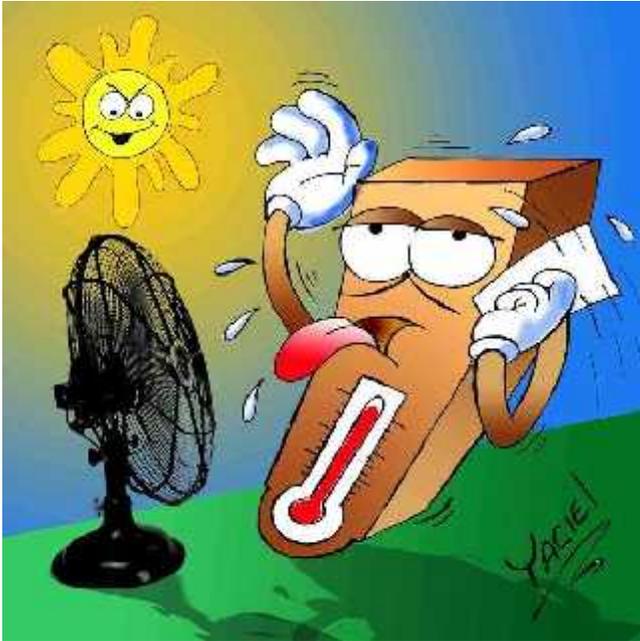
$$D = \frac{mg}{V}$$

$$P_A - P_B = \rho gh$$

$$D = \dots g$$

$$P = \frac{F}{A}$$

$$P = Dh = \dots gh$$



CALOR Y TEMPERATURA

Temperatura y expansión

- **Temperatura y energía térmica**
- **La medición de la temperatura**
- **El termómetro de gas**
- **La escala de temperatura absoluta**
- **Dilatación lineal**
- **Dilatación de área**
- **Dilatación de volumen**
- **La dilatación anómala del agua**

Temperatura y energía térmica

La **energía térmica** representa la energía interna total de un objeto: la suma de sus energías moleculares potencial y cinética.

Cuando dos objetos con **diferentes temperaturas** se ponen en contacto, **se transfiere energía** de uno a otro.

Se dice que dos objetos están en **equilibrio térmico** si y sólo si tienen la misma temperatura.

El **calor** se define como la transferencia de energía térmica debida a una diferencia de temperatura.

La medición de la temperatura

Un **termómetro** es un dispositivo que, mediante una escala graduada, indica su propia temperatura.

Los puntos fijos superior e inferior fueron necesarios para establecer la gradación de los termómetros.

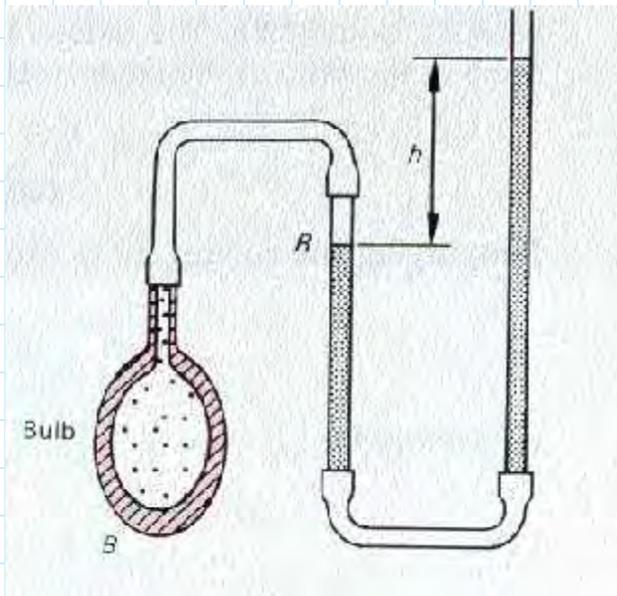
El **punto fijo inferior** (punto de congelación) es la temperatura a la cual el agua y el hielo coexisten en equilibrio térmico bajo una presión de 1 atm.

El **punto fijo superior** (punto de ebullición) es la temperatura a la cual el agua y el vapor coexisten en equilibrio bajo una presión de 1 atm.

$$t_C = \frac{5}{9}(t_F - 32)$$

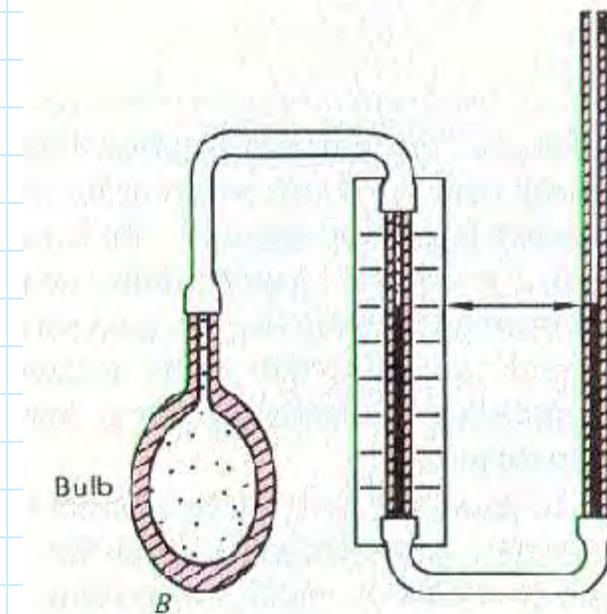
$$t_F = \frac{9}{5}(t_C + 32)$$

El termómetro de gas

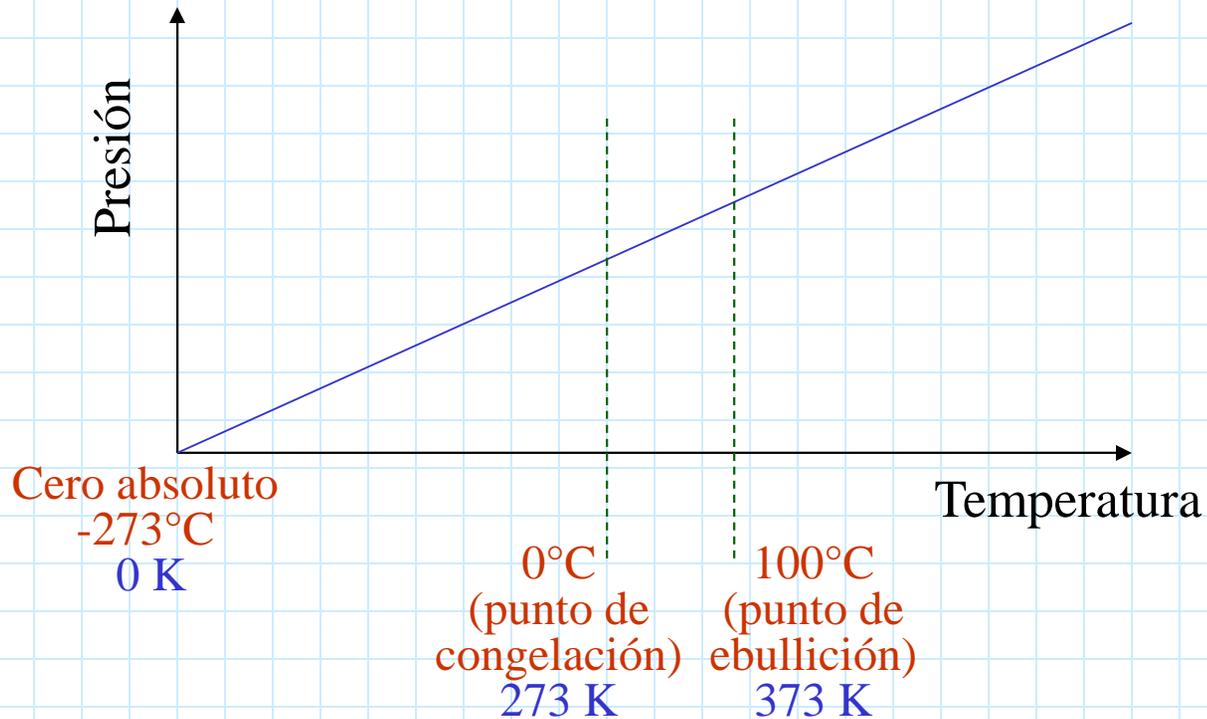


El termómetro
a **volumen constante**

El termómetro
a **presión constante**



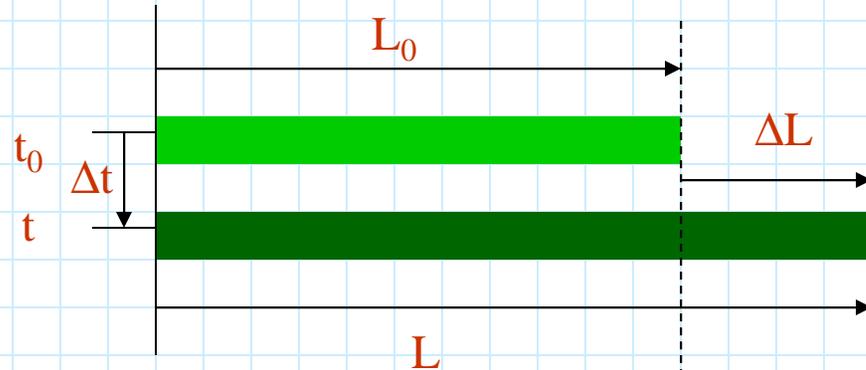
La escala de temperatura absoluta



$$T_K = t_C + 273$$

El cero absoluto en la escala Rankine es -460° F

Dilatación lineal

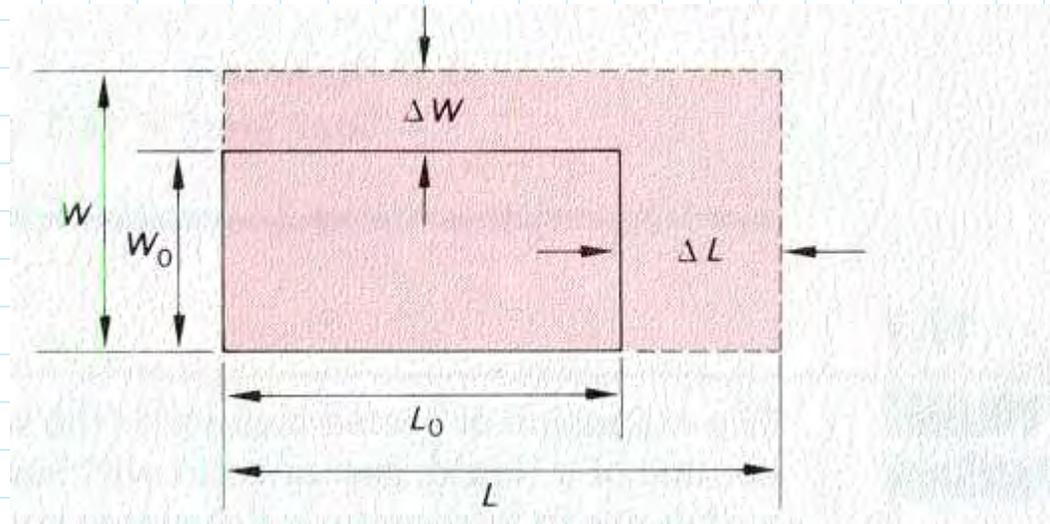


$$\Delta L = \alpha L_0 \Delta t$$

Linear coefficient of expansion

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L_0 \Delta t}$$

Dilatación de área



$$\Delta A = \gamma A_0 \Delta t$$

donde:

ΔA = cambio en el área

γ = coeficiente de dilatación de área

A_0 = área original

Δt = cambio en la temperatura

Dilatación de volumen

$$\Delta V = \beta V_0 \Delta t$$

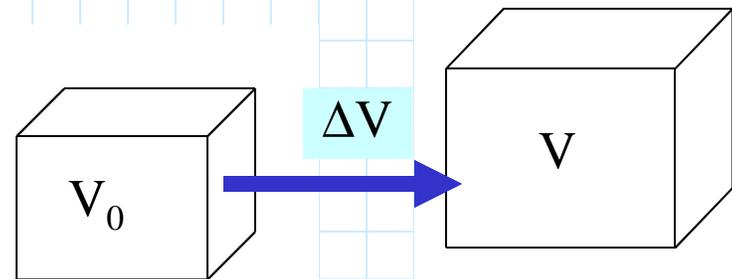
donde:

ΔV = cambio en el volumen

β = coeficiente de dilatación de volumen

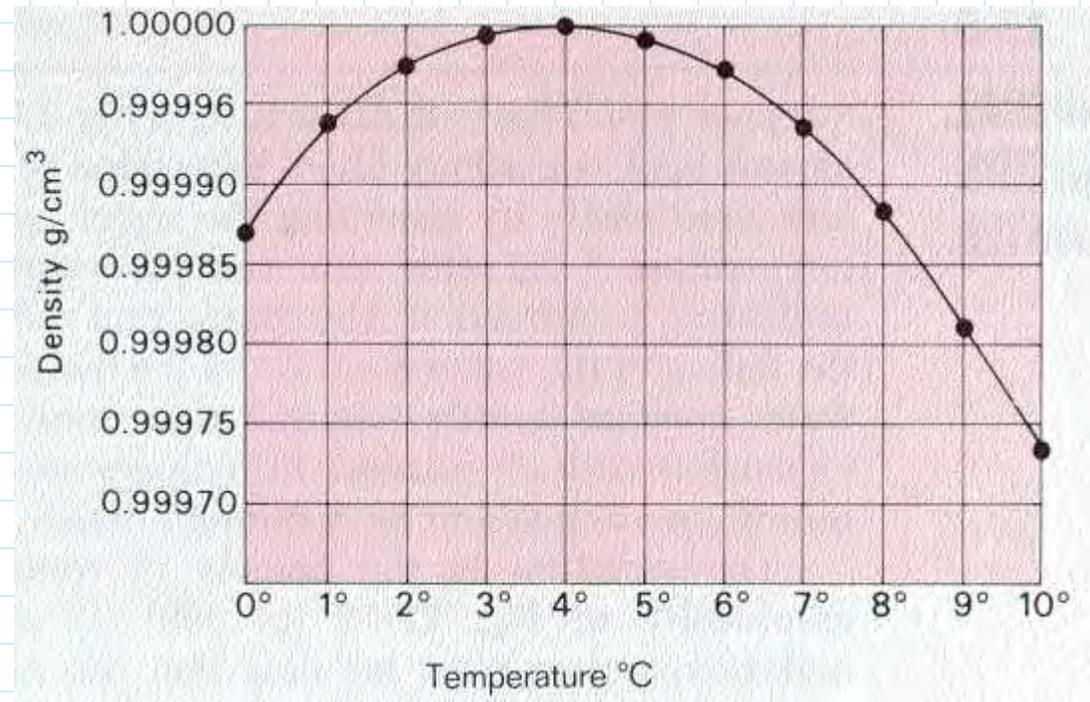
V_0 = área original

Δt = cambio en la temperatura



La dilatación anómala del agua

La **densidad** del agua, y por lo tanto su **volumen**, se dilatan con cambios en la temperatura **sobre** y **debajo** de 4°C.



Conceptos clave

- **Energía térmica**
- **Temperatura**
- **Equilibrio térmico**
- **Termómetro**
- **Punto de congelación**
- **Punto de ebullición**
- **Escala Celsius**
- **Escala Fahrenheit**
- **Cero absoluto**
- **Escala Kelvin**
- **Escala Rankine**
- **Coefficiente de dilatación lineal**

Resumen de ecuaciones

$$t_C = \frac{5}{9}(t_F - 32) \quad t_F = \frac{9}{5}(t_C + 32)$$

$$T_K = t_C + 273 \quad T_R = t_F + 460$$

$$L = L_0 + \alpha L_0 \Delta t$$

$$A = A_0 + \gamma A_0 \Delta t$$

$$V = V_0 + \beta V_0 \Delta t$$

$$\Delta L = \alpha L_0 \Delta t$$

$$\Delta A = \gamma A_0 \Delta t$$

$$\Delta V = \beta V_0 \Delta t$$

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L_0 \Delta t}$$

$$\gamma = 2\alpha$$

$$\beta = 3\alpha$$



CANTIDAD DE CALOR

Cantidad de calor

- **El significado de calor**
- **La cantidad de calor**
- **Capacidad de calor específico**
- **La medición del calor**
- **Cambio de fase**
- **Calor de combustión**

La cantidad de calor

Una **caloría** (Cal) es la cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de un gramo de agua un grado Celsius.

Una **kilocaloría** (kcal) es la cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de un kilogramo de agua un grado Celsius.

$$1 \text{ kcal} = 1000 \text{ Cal}$$

Una **unidad térmica británica** (Btu) es la cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de una libra patrón (lb) de agua un grado Fahrenheit.

La capacidad de calor específico

La **capacidad calorífica** de un cuerpo es la relación del calor suministrado con respecto a l correspondiente incremento de temperatura del cuerpo.

$$\text{capacidad calorífica} = \frac{Q}{\Delta t}$$

El **calor específico** de un material es la cantidad de calor necesaria para elevar un grado la temperatura de una unidad de masa.

$$c = \frac{Q}{m\Delta t}$$

La medición de calor

Principio de equilibrio térmico: siempre que los objetos se coloque juntos en un ambiente aislado, con el tiempo alcanzarán la **misma temperatura**.

La **dirección de transferencia** de energía térmica siempre es de los cuerpos calientes a los fríos.

Conservación de la energía térmica:
El **calor que pierde** el cuerpo caliente es igual al **calor que gana** el cuerpo frío.

calor perdido = calor ganado

Cambio de fase

El **calor latente de fusión** L_f de una sustancia es el calor por unidad de masa necesario para cambiar la sustancia de la fase sólida a la líquida a su temperatura de fusión.

$$L_f = \frac{Q}{m}$$

El **calor latente de vaporización** L_v de una sustancia es el calor por unidad de masa necesario para cambiar la sustancia de líquido a vapor a su temperatura de ebullición.

$$L_v = \frac{Q}{m}$$

Calor de combustión

El **calor de combustión** es la cantidad de calor por unidad de volumen o de masa cuando una sustancia se quema completamente.

Conceptos clave

- **Calor**
- **Temperatura**
- **Caloría**
- **Unidad térmica británica**
- **Equivalente mecánico del calor**
- **Capacidad calorífica**
- **Capacidad calorífica específica**
- **Conservación de la energía calorífica**
- **Calorímetro**
- **Equivalente de agua**
- **Fusión**
- **Punto de fusión**
- **Calor latente de fusión**
- **Vaporización**
- **Punto de ebullición**
- **Calor latente de vaporización**
- **Condensación**
- **Congelación**
- **Sublimación**
- **Calor de combustión**

Resumen de ecuaciones

$$1 \text{ Btu} = 252 \text{ cal} = 0.252 \text{ kcal}$$

$$1 \text{ Btu} = 778 \text{ ft}\cdot\text{lb}$$

$$1 \text{ cal} = 4.186 \text{ J}$$

$$1 \text{ kcal} = 4186 \text{ J}$$

$$L_f = \frac{Q}{m} \quad Q = mL_f$$

$$L_v = \frac{Q}{m} \quad Q = mL_v$$

calor perdido = calor ganado

$$\sum (mc\Delta t)_{\text{pierde}} = \sum (mc\Delta t)_{\text{gana}}$$



FUERZA ELÉCTRICA

La fuerza eléctrica

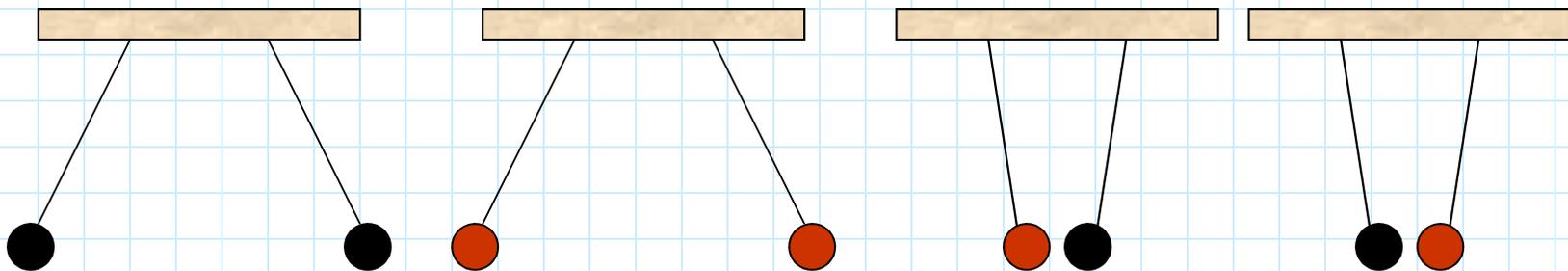
- **La carga eléctrica**
- **El electrón**
- **Aislantes y conductores**
- **El electroscopio de hoja de oro**
- **Redistribución de carga**
- **Carga por inducción**
- **Ley de Coulomb**

La carga eléctrica

Existe una **fuerza de repulsión** entre dos sustancias que están electrificadas de la **misma manera**.

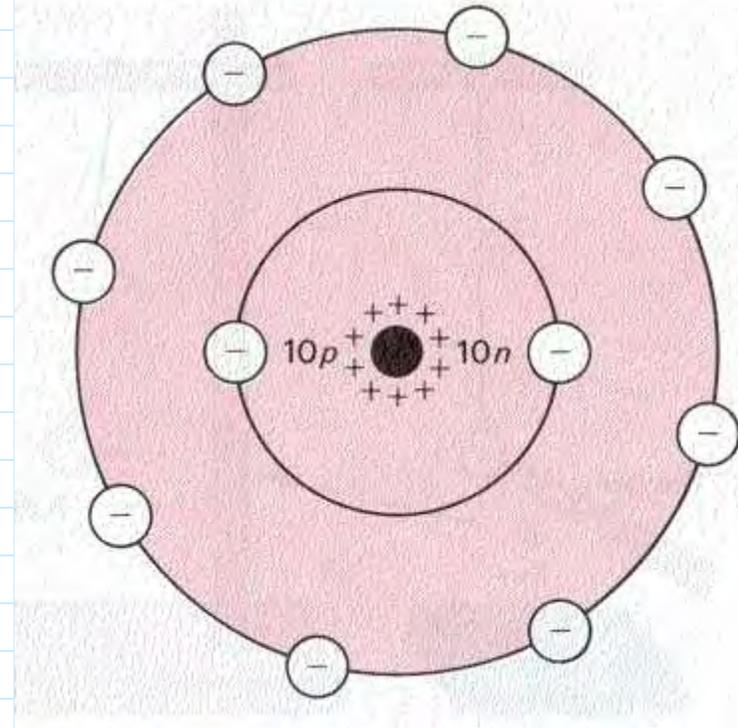
Primera ley de la electrostática:

Las cargas del mismo signo se repelen y las cargas de signo contrario se atraen.



El electrón

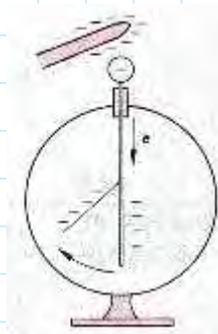
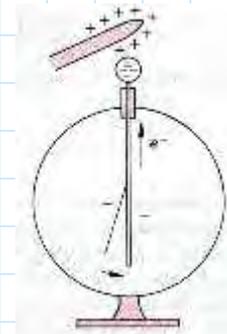
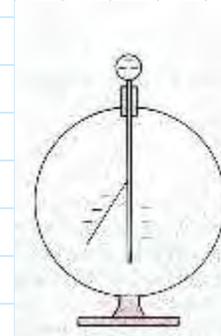
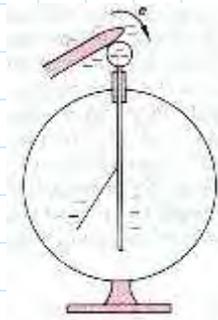
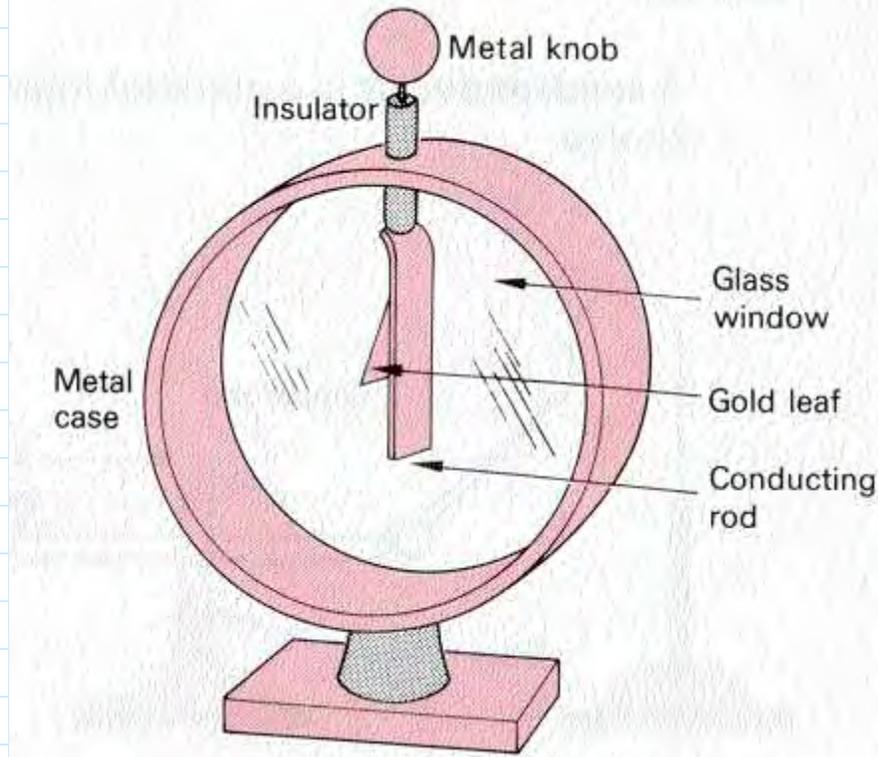
- Un objeto que tiene un **exceso de electrones** está cargado **negativamente**.
- Un objeto que tiene una **deficiencia de electrones** está cargado **positivamente**.



Aislantes y conductores

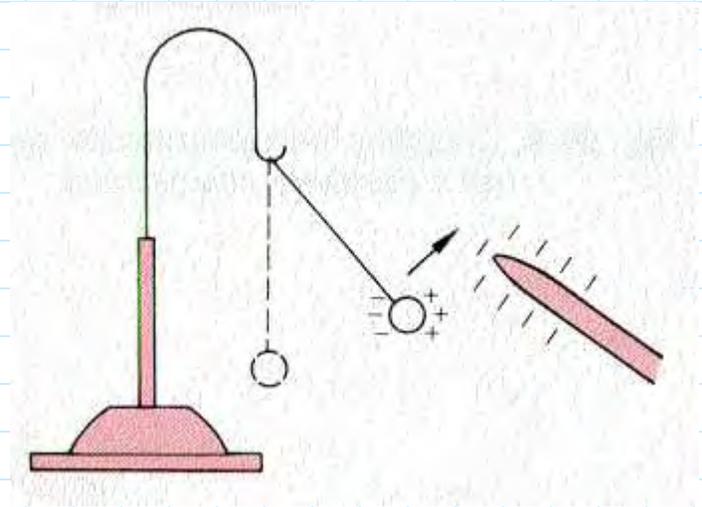
- Un **conductor** es un material a través del cual se **transfiere fácilmente** la carga.
- Un **aislante** es un material que se resiste al flujo de carga.
- Un **semiconductor** es un material con capacidad intermedia para transportar carga.

El electroscoPIO de hoja de oro



Redistribución de carga

- Cuando una **barra cargada** se acerca a una **esfera de médula de sauco** existe una **atracción inicial**.
- En este proceso no se gana ni pierde carga, sólo se redistribuye la carga del cuerpo neutro.

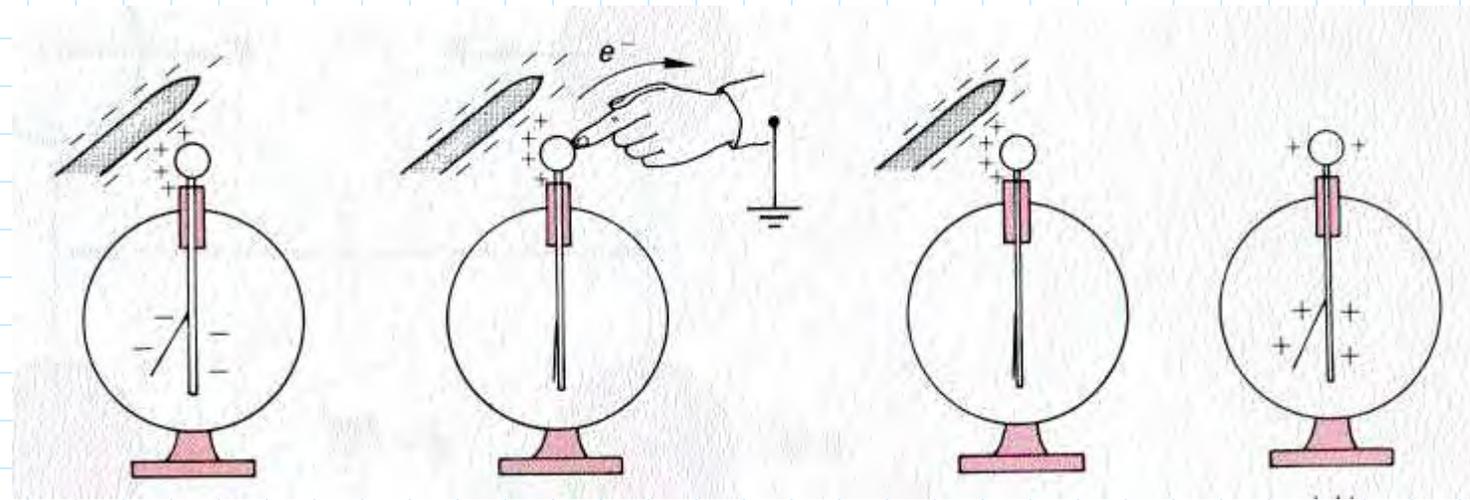


Carga por inducción

Carga por inducción:

La **redistribución de carga** se debe a la presencia cercana de un objeto cargado.

La carga por inducción se puede realizar **sin la pérdida de carga** del cuerpo cargado.



Ley de Coulomb

Ley de Coulomb

La fuerza de atracción o de repulsión entre dos cargas puntuales es directamente proporcional al **producto de las dos cargas** e inversamente proporcional al cuadrado de la **distancia que las separa**.

$$F = \frac{kqq'}{r^2}$$

$$k = 9 \times 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2$$

Un **coulomb** es la carga transferida **en un segundo** a través de cualquier sección transversal de un conductor, mediante una corriente constante de **un ampere**.

$$1 \text{ C} = 6.25 \times 10^{18} \text{ electrones}$$

Conceptos clave

- **Electrostática**
- **Carga**
- **Electrón**
- **Carga negativa**
- **Carga positiva**
- **Ion**
- **Carga inducida**
- **Conductor**
- **Aislante**
- **Semiconductor**
- **Ley de Coulomb**
- **Coulomb**
- **Microcoulomb**
- **Electroscopio**

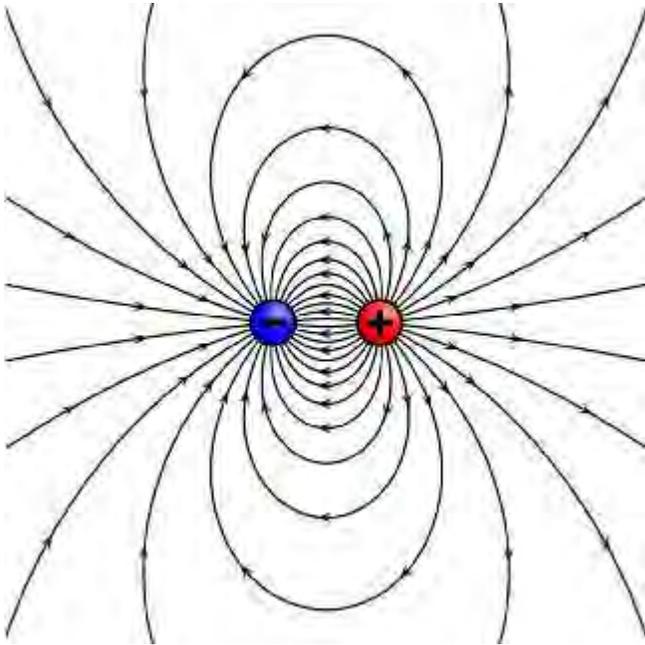
Resumen de ecuaciones

$$F = \frac{kqq'}{r^2}$$

$$F = \frac{(9 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2)qq'}{r^2}$$

Primera ley de la electrostática:

Las cargas del mismo signo se repelen y las cargas de signo contrario se atraen.



CAMPO
ELÉCTRICO

El campo eléctrico

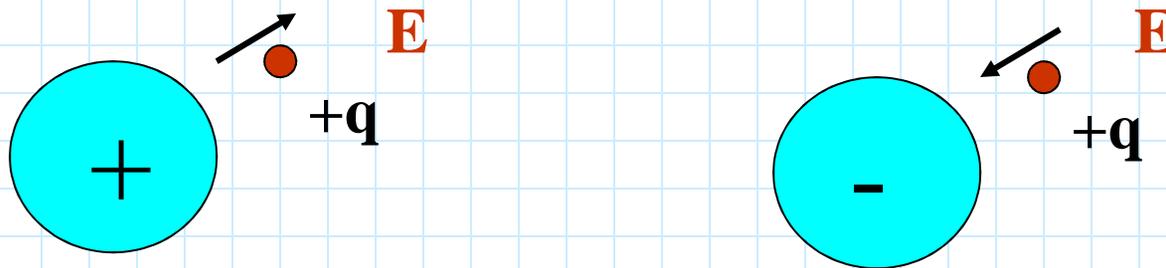
- **El concepto de campo**
- **Cálculo de la intensidad de campo eléctrico**
- **Líneas de campo eléctrico**
- **Ley de Gauss**
- **Aplicaciones de la ley de Gauss**

El concepto de campo

La **magnitud de la intensidad de un campo eléctrico E** es proporcional a la fuerza ejercida en el punto con carga q .

$$E = \frac{F}{q}$$

La **dirección de la intensidad del campo eléctrico E** en un punto en el espacio es la misma que la dirección en la cual una **carga positiva** se movería si se colocara en ese punto.



Cálculo de la intensidad de campo eléctrico

Intensidad eléctrica de la ley de Coulomb:

$$E = \frac{kQ}{r^2}$$

$$k = 9 \times 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2$$

Cuando más de una carga contribuye con el campo, el campo resultante es la suma vectorial de las contribuciones de cada carga:

$$E = \sum \frac{kQ}{r^2}$$

Líneas de campo eléctrico

Las **líneas de campo eléctrico** son líneas imaginarias trazadas de tal manera que su dirección en cualquier punto es la misma que la dirección del campo eléctrico en ese punto.

La **dirección de la línea de campo** en cualquier punto es la misma que la dirección en la cual una carga positiva se movería si estuviera colocada en ese punto.

La **separación entre las líneas de campo** debe ser tal que estén más cerca cuando el campo es fuerte y más lejos cuando el campo es débil.

Ley de Gauss

La intensidad de campo eléctrico en el centro de una esfera imaginaria está dada por:

$$E = \frac{kq}{r^2}$$

La **permisividad del espacio libre** se define por:

$$\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi k} = 8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2 / \text{N} \cdot \text{m}^2$$

Ley de Gauss:

El número total de líneas de fuerza eléctrica que cruzan cualquier superficie cerrada en una dirección hacia afuera es numéricamente igual a la **carga total neta** contenida dentro de esa superficie.

$$N = \sum \epsilon_0 E_n A = \sum q$$

Aplicaciones de la ley de Gauss

La **densidad de carga** es la carga por **unidad de área** de una superficie:

$$\sigma = \frac{q}{A}$$

Conceptos clave

- **Campo eléctrico**
- **Intensidad del campo eléctrico**
- **Líneas de campo eléctrico**
- **Permisividad**
- **Densidad de carga**
- **Ley de Gauss**
- **Superficie gaussiana**
- **Cubeta de hielo de Faraday**

Resumen de ecuaciones

$$E = \frac{F}{q}$$

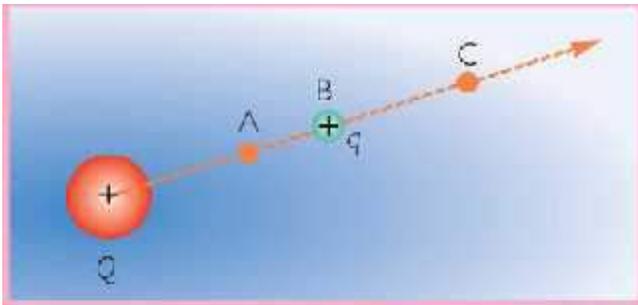
$$\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi k} = 8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2 / \text{N} \cdot \text{m}^2$$

$$E = \sum \frac{kQ}{r^2}$$

$$N = \sum \epsilon_0 E_n A = \sum q$$

$$E = \frac{kq}{r^2}$$

$$\sigma = \frac{q}{A}$$



POTENCIAL ELÉCTRICO

Potencial eléctrico

- **Energía potencial eléctrica**
- **Cálculo de la energía potencial**
- **Potencial**
- **Diferencia de potencial**
- **Experimento de Millikan de la gota de aceite**
- **El electrón volt**

Energía potencial eléctrica

La **energía potencial eléctrica** entre dos puntos separados una distancia d está dada por:

$$\text{P.E.} = qEd$$

- Siempre que una **carga positiva** se mueve en contra del campo eléctrico, la energía potencial aumenta.
- Siempre que una **carga negativa** se mueve en contra del campo eléctrico, la energía potencial disminuye.

Cálculo de la energía potencial

La **fuerza eléctrica promedio** ejercida por una carga $+q$ cuando se mueve del punto A al punto B es:

$$F = \frac{kQq}{r_A r_B}$$

El **trabajo realizado contra un campo eléctrico** al mover la carga $-q$ a lo largo de la distancia $r_A - r_B$ es:

$$\text{trabajo}_{A \rightarrow B} = kQq \left(\frac{1}{r_B} - \frac{1}{r_A} \right)$$

Y desde infinito ∞ a la distancia r :

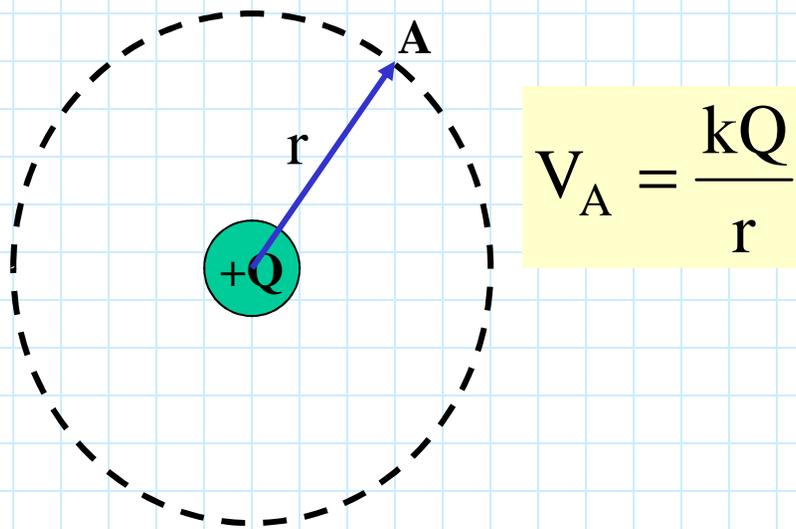
$$\text{trabajo}_{\infty \rightarrow r} = \frac{kQq}{r}$$

La **energía potencial** del sistema es igual al trabajo realizado contra las fuerzas eléctricas para llevar la carga $+q$ desde el infinito hasta ese punto.

$$P.E = \frac{kQq}{r}$$

Potencial

El **potencial V** en un punto situado a una distancia r de una carga Q es igual al trabajo por unidad de carga realizado contra las fuerzas eléctricas para transportar una carga positiva $+q$ desde el infinito hasta dicho punto.



Las **líneas equipotenciales** siempre son perpendiculares a las líneas del campo eléctrico.

Las unidades del potencial se expresan en joules por coulomb o volts (V).

- El potencial debido a una **carga positiva** es positivo.
- El potencial debido a una **carga negativa** es negativo.

Diferencia de potencial

La **diferencia de potencial** entre dos puntos es el trabajo por unidad de carga positiva que realizan fuerzas eléctricas para mover una pequeña **carga de prueba** desde el punto de **mayor potencial** al punto de **menor potencial**.

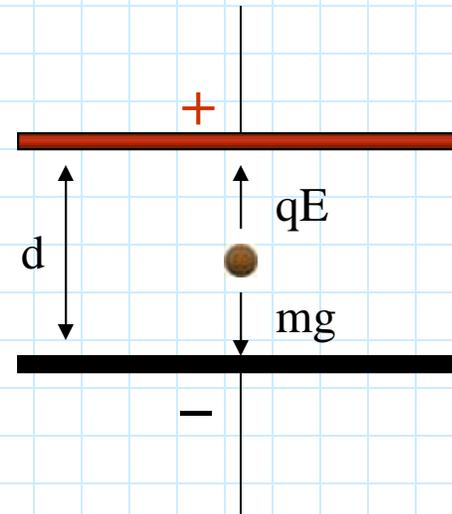
$$T_{A \rightarrow B} = q(V_A - V_B)$$

La **diferencia de potencial** entre dos placas con carga opuesta es igual al producto de la intensidad de campo por la separación de las placas.

$$V = Ed$$

Experimento de Millikan de la gota de aceite

La magnitud de la carga en la gota de aceite se puede calcular partiendo de las condiciones de equilibrio que mantienen **suspendida la carga** entre dos placas con carga opuesta.



$$qE = mg$$

Q = carga neta en la gota de aceite

m = masa de la gota de aceite

g = aceleración de la gravedad

El electrón volt

El **electrón volt** es una unidad de energía equivalente a la energía adquirida por un electrón que es acelerado a través de una diferencia de potencial de un volt.

Conceptos clave

- **Energía potencial eléctrica**
- **Trabajo eléctrico**
- **Potencial**
- **volt**
- **Líneas equipotenciales**
- **Diferencia de potencial**
- **Gradiente de potencial**
- **electrón volt**

Resumen de ecuaciones

$$\sigma = \frac{q}{A}$$

$$F = \frac{kQq}{r_A r_B}$$

$$V_A = \frac{kQ}{r}$$

$$V = \sum \frac{kQ}{r}$$

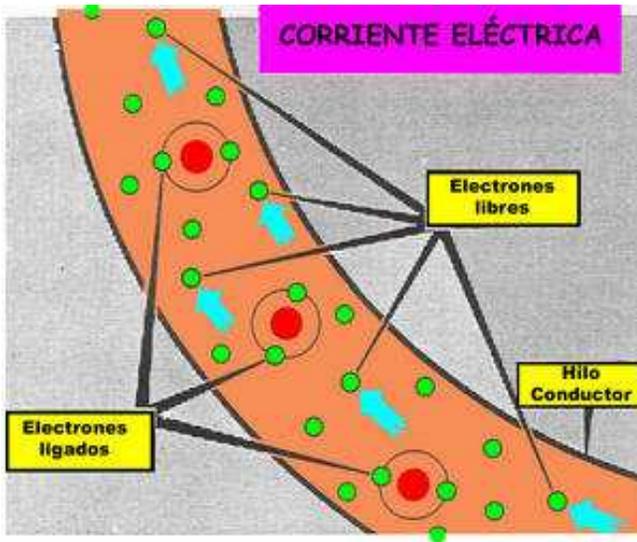
$$T_{A \rightarrow B} = kQq \left(\frac{1}{r_B} - \frac{1}{r_A} \right)$$

$$T_{A \rightarrow B} = q(V_A - V_B)$$

$$T_{\infty \rightarrow r} = \frac{kQq}{r}$$

$$qE = mg$$

$$\text{P.E} = \frac{kQq}{r}$$



CORRIENTE Y RESISTENCIA

Corriente y resistencia

- **El movimiento de la carga eléctrica**
- **La dirección de la corriente eléctrica**
- **Fuerza electromotriz**
- **Ley de Ohm; resistencia**
- **Potencia eléctrica y pérdida de calor**
- **Resistividad**
- **Coefficiente de temperatura de la resistencia**
- **Superconductividad**

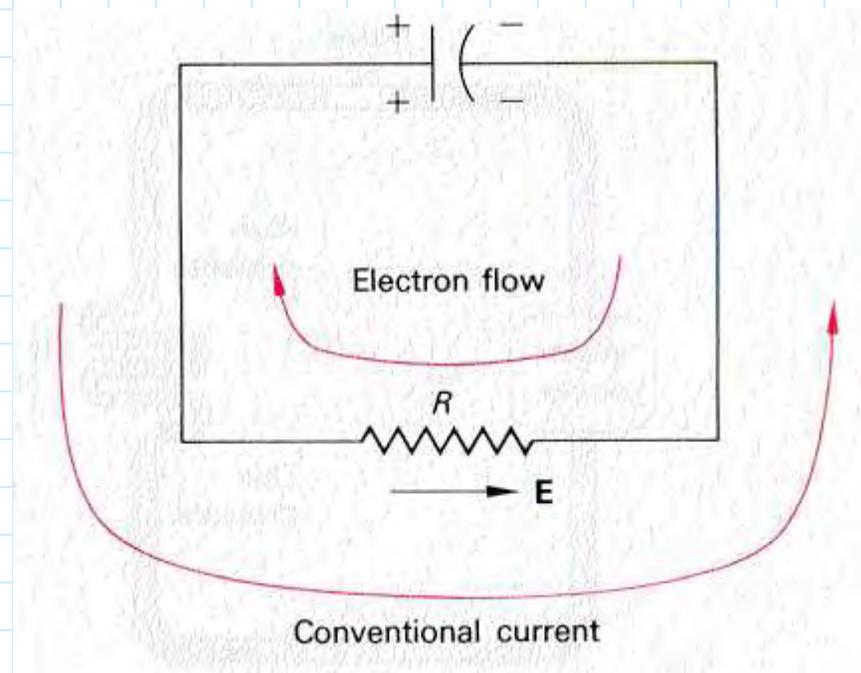
El movimiento de la carga eléctrica

La **corriente eléctrica** I es la **rapidez del flujo de carga** Q que pasa por un punto dado en un conductor eléctrico.

$$I = \frac{Q}{t}$$

La dirección de la corriente eléctrica

La dirección de la corriente eléctrica convencional siempre es la misma que la dirección en que se moverían las cargas positivas, incluso si la corriente real consiste en un flujo de electrones.



Fuerza electromotriz

Una fuente de fem de un volt realizará **un joule de trabajo** sobre cada **coulomb de carga** que pase a través de ella.

Una **fuerza** de fuerza electromotriz (fem) es un dispositivo que **convierte** la energía química, mecánica u otras formas de ella en la **energía eléctrica** necesaria para mantener un flujo continuo de carga eléctrica.

Ley de Ohm; resistencia

Resistencia R es la **oposición** al flujo de carga eléctrica.

Ley de Ohm:

La **corriente** que circula por un conductor dado es directamente proporcional a la **diferencia de potencial** entre sus puntos extremos.

$$R = \frac{V}{I} \quad V = IR$$

Potencia eléctrica y pérdida de calor

La **potencia disipada** P es la **rapidez** con la cual se **disipa el calor** en un circuito eléctrico.

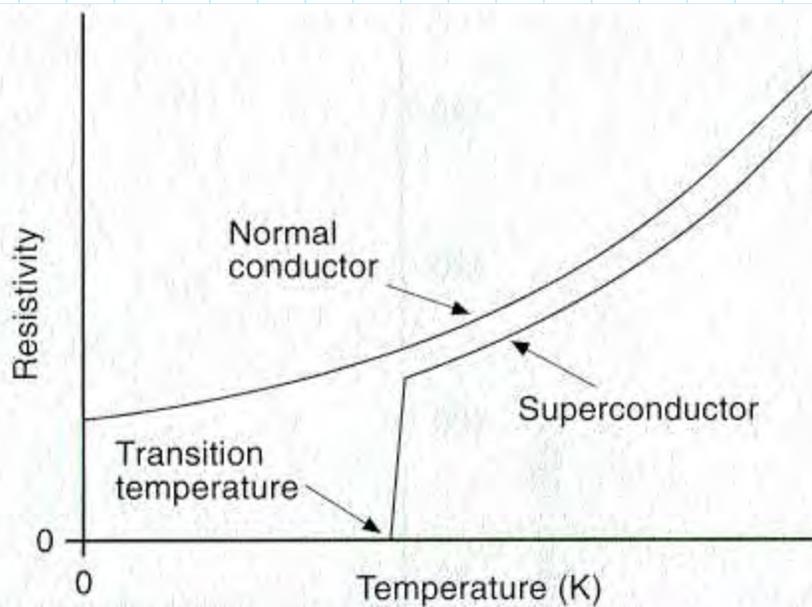
$$P = \frac{\text{trabajo}}{t} = \frac{VIt}{t} = VI$$

$$P = VI = I^2R$$

$$P = VI = \frac{V^2}{R}$$

Superconductividad

La **superconductividad** es una condición de **resistencia cero** encontrada en ciertos materiales a temperaturas bajas.



La **temperatura de transición** es la temperatura a la cual la resistividad de un superconductor decrece **bruscamente hasta llegar a cero.**

Conceptos clave

- Corriente
- Resistencia
- amperes
- fem
- ohm
- Reóstato
- Amperímetro
- Voltímetro
- Corriente transitoria
- Fuente de fem
- Potencia eléctrica
- Ley de Ohm
- Circular mil
- Coeficiente de temperatura de resistencia

Resumen de ecuaciones

$$I = \frac{Q}{t}$$

$$R = \frac{V}{I}$$

$$V = IR$$

$$P = VI$$

$$P = \frac{V^2}{R}$$

$$P = I^2R$$

I = corriente

Q = coulombs

t = tiempo

R = resistencia

V = voltaje (fem)

P = potencia eléctrica

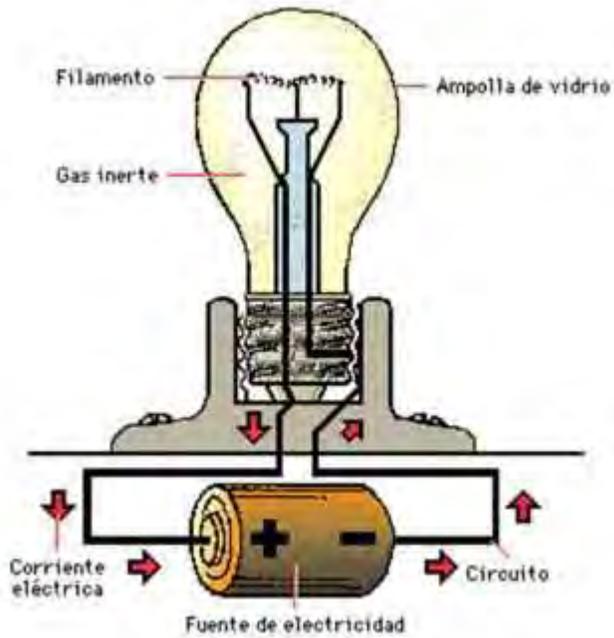
ρ = resistividad

A = área de la sección transversal

l = longitud

α = coeficiente de temperatura de resistencia

t = cambio de temperatura



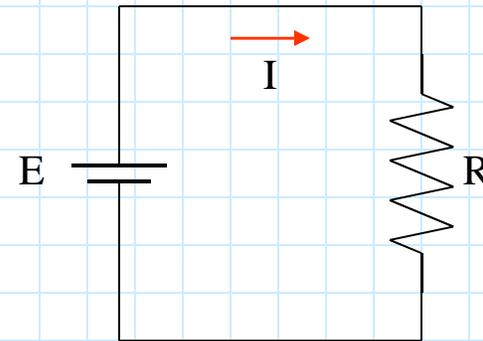
CIRCUITO DE CORRIENTE CONTINUA

Circuitos de corriente continua

- **Circuitos simples; resistores en serie**
- **Resistores en paralelo**
- **fem y diferencia de potencial terminal**
- **Medición de la resistencia interna**
- **Inversión de la corriente a través de una fuente de fem**
- **Leyes de Kirchhoff**
- **El puente de Wheatstone**
- **Conducción eléctrica en líquidos**
- **Electrólisis**
- **Fuentes de voltaje de cc; el acumulador de plomo**

Circuitos simples; resistores en serie

La **corriente** en todas las partes de un circuito en serie es la misma.

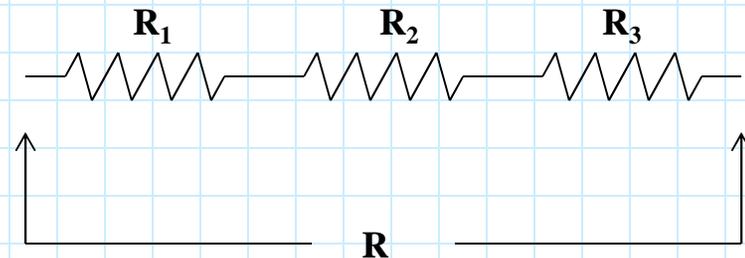


Circuito en serie

El **voltaje** a través de varias resistencias en serie es igual a la suma de los voltajes a través de los resistores individuales.

$$V = V_1 + V_2 + V_3$$

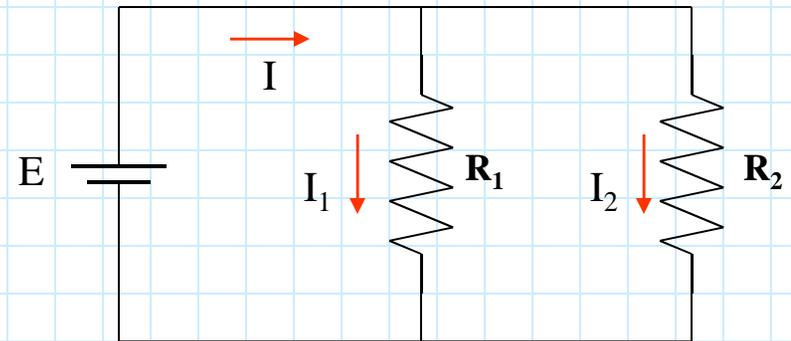
La **resistencia** efectiva de varios resistores en serie es equivalente a la suma de las resistencias individuales.



$$R = R_1 + R_2 + R_3$$

Resistores en paralelo

La **corriente** total en un circuito en paralelo es igual a la suma de las corrientes en los ramales individuales.



Circuito
en paralelo

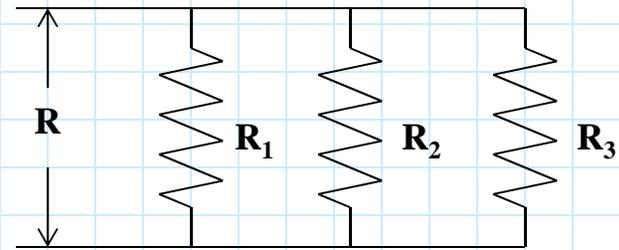
$$I = I_1 + I_2$$

La **caída de voltaje** a través de todos los ramales del circuito en paralelo debe ser de igual magnitud.

$$V = V_1 = V_2 = V_3$$

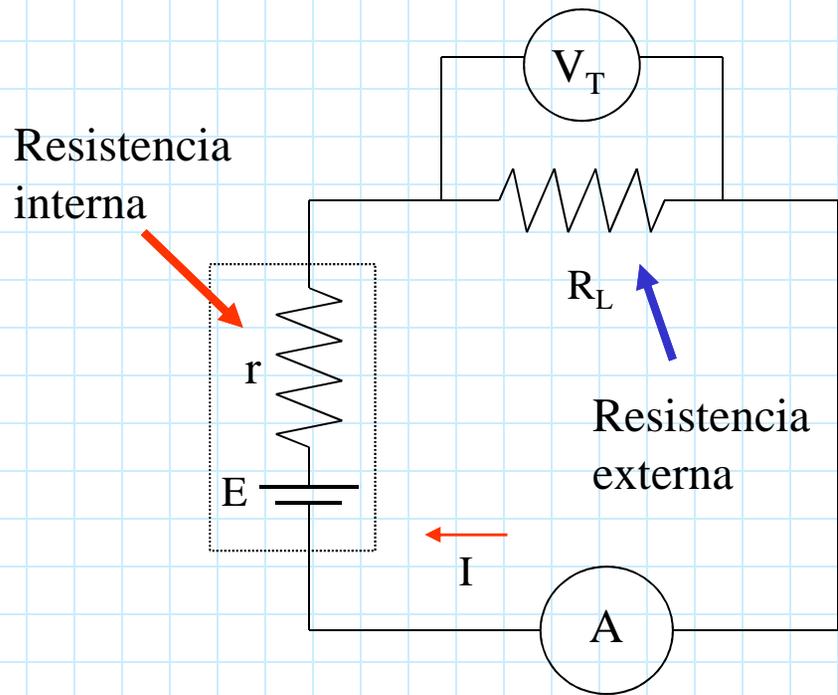
Resistores en paralelo

El recíproco de la **resistencia** equivalente es igual a la suma de los recíprocos de las resistencias individuales conectadas en paralelo.



$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

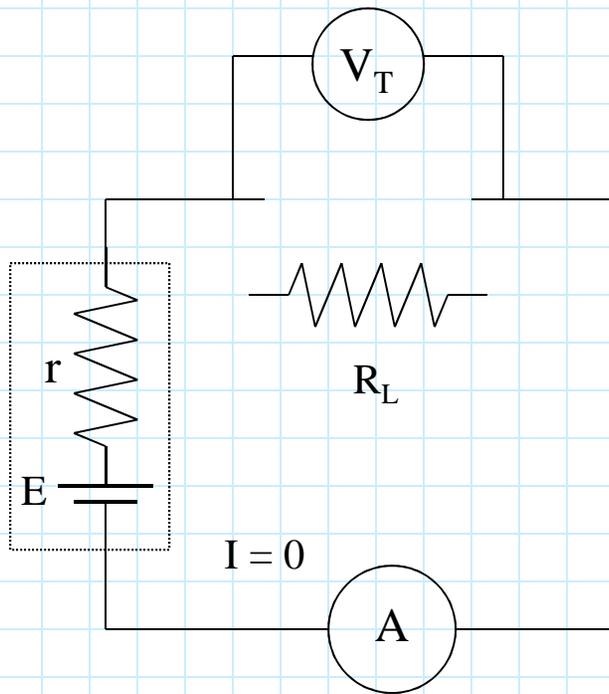
fem y diferencia de potencial terminal



La **resistencia interna** reduce la cantidad de voltaje que pasa por la **resistencia externa**.

$$V_T = E - Ir$$

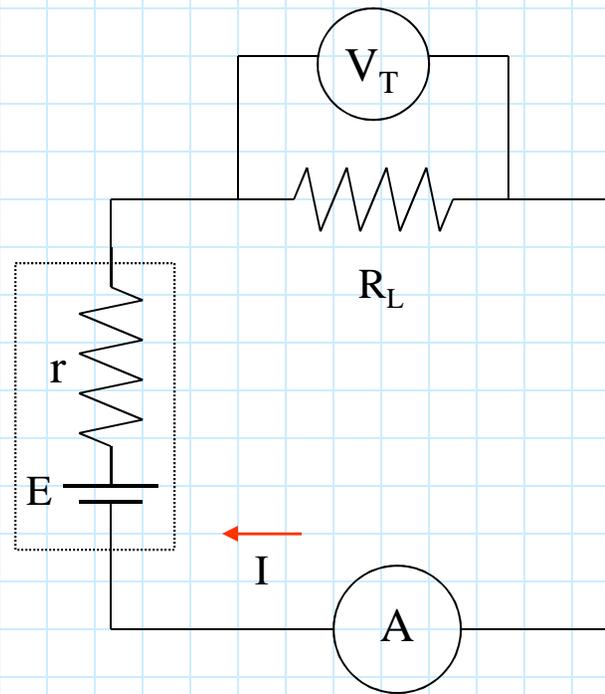
Medición de la resistencia interna



Paso 1--Eliminar R_L

$$V_T = E$$

$$I = 0$$



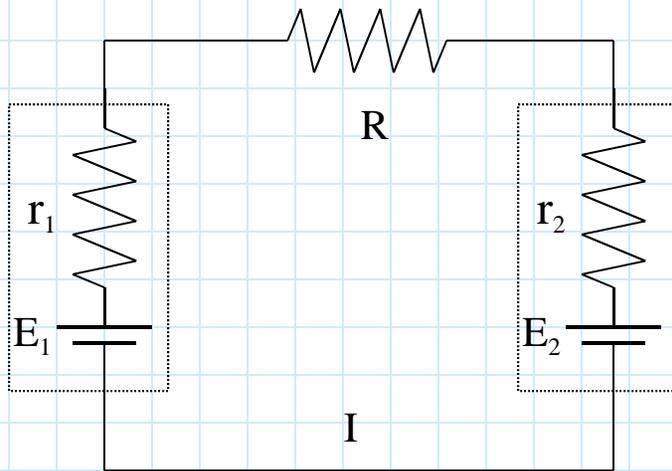
Paso 2--Reemplazar R_L

Medición del voltaje a través de R_L (V_{RL}) y de la corriente I .

Paso 3--Calcular

$$r = \frac{E - V_{RL}}{I}$$

Inversión de la corriente a través de una fuente de fem



Si una fuente de **mayor fem** está conectada de manera opuesta a una fuente de **menor fem**, la corriente atravesará esta última en dirección inversa, produciendo una **pérdida de energía neta**.

La corriente suministrada a un circuito eléctrico continuo es igual a la **fem neta** dividida entre la **resistencia total** del circuito, incluyendo la resistencia interna.

$$I = \frac{\sum E}{\sum R}$$

Conceptos clave

- **Circuito cc**
- **Conexión en serie**
- **Conexión en paralelo**
- **Diferencia de potencial entre terminales**
- **Resistencia interna**

Resumen de ecuaciones

$$I_T = I_1 = I_2 = I_3$$

$$V_T = V_1 + V_2 + V_3$$

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3$$

$$I_T = I_1 + I_2 + I_3$$

$$V_T = V_1 = V_2 = V_3$$

$$\frac{1}{R_e} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

$$V_T = E - Ir$$

$$r = \frac{E - V_{RL}}{I}$$

$$I = \frac{\sum E}{\sum R}$$

$$R_x = R_3 \frac{R_2}{R_1}$$

$$R_x = R_3 \frac{I_2}{I_1}$$