

PRÁCTICAS DE

Física **CONCEPTUAL**

Novena edición



Find your solutions manual here!

El SOLUCIONARIO

www.elsolucionario.net



Subscribe RSS



Find on Facebook



Follow my Tweets

Encuentra en nuestra página los Textos Universitarios que necesitas!

*Libros y Solucionarios en formato digital
El complemento ideal para estar preparados para los exámenes!*

*Los Solucionarios contienen TODOS los problemas del libro resueltos
y explicados paso a paso de forma clara..*

*Visitanos para descargarlos GRATIS!
Descargas directas mucho más fáciles...*

WWW.ELSOLUCIONARIO.NET

Biology Investigación Operativa Computer Science
Physics Estadística Química Matemáticas Avanzadas Geometría
Termodinámica Cálculo Electrónica Circuitos Math Business
Civil Engineering Economía Análisis Numérico Mechanical Engineering
Electromagnetismo Electrical Engineering Álgebra Ecuaciones Diferenciales

Find your solutions manual here!

PRÁCTICAS DE ***Física*** **CONCEPTUAL**

NOVENA EDICIÓN

PRÁCTICAS DE **Física** CONCEPTUAL

NOVENA EDICIÓN

PAUL G. HEWITT
City College of San Francisco

TRADUCCIÓN:

Virgilio González Pozo
*Ingeniero Químico, Facultad de Química,
Universidad Nacional Autónoma de México*

REVISIÓN TÉCNICA:

Juan Antonio Flores Lira
*Doctor en Física, Universidad Nacional Autónoma de México
Colegio de Ciencias y Humanidades,
Universidad Nacional Autónoma de México
Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey,
campus Estado de México*



México • Argentina • Brasil • Colombia • Costa Rica • Chile • Ecuador
España • Guatemala • Panamá • Perú • Puerto Rico • Uruguay • Venezuela

Datos de catalogación bibliográfica

HEWITT, PAUL G.

Física conceptual, novena edición

PEARSON EDUCACIÓN, México, 2004

ISBN: 970-26-0517-2

Área: Bachillerato

Formato: 20 × 25.5 cm

Páginas: 248

Authorized translation from the English Language edition, entitled *Practicing Physics Workbook* 9th ed., by Paul G. Hewitt published by Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings., Copyright © 2002.

All rights reserved.

ISBN 0-321-05153-X

Traducción autorizada de la edición en idioma inglés, titulada *Practicing Physics Workbook* 9/e de Paul G. Hewitt, publicada por Pearson Education, Inc., publicada como BENJAMIN CUMMINGS, Copyright © 2002.

Todos los derechos reservados.

Esta edición en español es la única autorizada.

Edición en español:

Editor: Enrique Quintanar Duarte
e-mail: enrique.quintanar@pearsoned.com

Editor de desarrollo: Jorge Bonilla Talavera

Supervisor de producción: Enrique Trejo Hernández

Edición en inglés:

Cover Credit. G. Brad Lewis/Stone

NOVENA EDICIÓN, 2004

D.R. © 2004 por Pearson Educación de México, S.A. de C.V.

Atlacomulco Núm. 500-5° piso

Col. Industrial Atoto

53519, Naucalpan de Juárez, Edo. de México

E-mail: editorial.universidades@pearsoned.com

Cámara Nacional de la Industria Editorial Mexicana. Reg. Núm. 1031.

Addison Wesley es una marca registrada de Pearson Educación de México, S.A. de C.V.

Reservados todos los derechos. Ni la totalidad ni parte de esta publicación pueden reproducirse, registrarse o transmitirse, por un sistema de recuperación de información, en ninguna forma ni por ningún medio, sea electrónico, mecánico, fotoquímico, magnético o electroóptico, por fotocopia, grabación o cualquier otro, sin permiso previo por escrito del editor.

El préstamo, alquiler o cualquier otra forma de cesión de uso de este ejemplar requerirá también la autorización del editor o de sus representantes.



ISBN: 970-26-0517-2

Impreso en México. *Printed in Mexico.*

1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 - 04 03 02 01

Bienvenido al libro de prácticas de *Física conceptual*

Estas prácticas de física son un complemento al texto de *Física conceptual*, Novena Edición.

El propósito de las prácticas es, como su nombre lo indica, el de practicar, no el de experimentar.

Encontrarás que es mucho más fácil aprender la física, *practicándola*.

DESPUÉS de que hayas resuelto una página, comprueba tus respuestas con las que se muestran a partir de la página 116.

Las páginas 169 a la 224 indican las soluciones a los ejercicios impares y problemas incluidos en el libro de texto.

Al final de este libro hay preguntas de opción múltiple para todas las ocho partes que forman el libro de texto.



Tabla de contenido

Parte 1 Mecánica

Capítulo 1 Acerca de la ciencia	
<i>Formulación de hipótesis</i>	1
<i>Formación de imágenes a través de un agujero</i>	2
Capítulo 2 Primera ley de Newton del movimiento-inercia	
<i>Equilibrio estático</i>	3
<i>La regla del equilibrio: $\sum F = 0$</i>	4
Capítulo 3 Movimiento rectilíneo	
<i>Rapidez en caída libre</i>	5
<i>Aceleración en caída libre</i>	6
Capítulo 4 Segunda ley de Newton del movimiento	
<i>Fuerza y aceleración</i>	7
<i>Fuerza y aceleración (continuación)</i>	8
<i>Fricción</i>	9
<i>Caída y resistencia del aire</i>	10
Capítulo 5 Tercera ley de Newton del movimiento	
<i>Pares de acción y reacción</i>	11
<i>Interacciones</i>	12
<i>Vectores y la regla del paralelogramo</i>	13
<i>Vectores velocidad y sus componentes</i>	14
<i>Vectores fuerza y velocidad</i>	15
<i>Vectores fuerza y la ley del paralelogramo</i>	16
<i>Diagramas de vectores fuerza</i>	17
Apéndice D Más sobre vectores	
<i>Vectores y botes de vela</i>	19
Capítulo 6 Cantidad de movimiento	
<i>Impulso y cantidad de movimiento</i>	21
<i>Sistemas</i>	22
<i>Conservación de la cantidad de movimiento</i>	23
Capítulo 7 Energía	
<i>Trabajo y energía</i>	25
<i>Conservación de la energía</i>	27
<i>Cantidad de movimiento y energía</i>	29
<i>Energía y cantidad de movimiento</i>	30
Capítulo 8 Movimiento rotacional	
<i>Momentos de torsión (torcas)</i>	31
<i>Momento de torsión (torcas) y rotación</i>	33
<i>Aceleración y movimiento circular</i>	34
<i>Gravedad simulada y marcos de referencia</i>	35

Capítulo 9 Gravedad	
<i>Ley del inverso del cuadrado</i>	37
<i>Mareas en nuestros océanos</i>	39
Capítulo 10 Movimiento de proyectiles y de satélites	
<i>Independencia de las componentes horizontal y vertical del movimiento</i>	41
<i>Pelota arrojada</i>	43
<i>Satélite en órbita circular</i>	45
<i>Satélite en órbita elíptica</i>	46
<i>Repaso de mecánica</i>	47

Parte 2 Propiedades de la materia

Capítulo 11 La naturaleza atómica de la materia	
<i>Átomos y núcleos atómicos</i>	49
Capítulo 12 Sólidos	
<i>Escalamiento</i>	51
<i>Escalamiento de círculos</i>	52
Capítulo 13 Líquidos	
<i>Principio de Arquímedes I</i>	53
<i>Principio de Arquímedes II</i>	55
Capítulo 14 Gases	
<i>Presión de un gas</i>	57

Parte 3 Calor

Capítulo 15 Temperatura, calor y expansión	
<i>Medición de temperaturas</i>	59
<i>Expansión térmica</i>	60
Capítulo 16 Transferencia de calor	
<i>Transmisión de calor</i>	61
Capítulo 17 Cambio de fase	
<i>Hielo, agua y vapor</i>	63
<i>Evaporación</i>	65
Capítulo 18 Termodinámica	
<i>Cero absoluto</i>	67
<i>El interior caliente de nuestra Tierra</i>	68

Parte 4 Sonido

Capítulo 19 Vibraciones y ondas

<i>Fundamentos de vibraciones y ondas</i>	69
<i>Ondas de choque</i>	71

Capítulo 20 Sonido

<i>Superposición de ondas</i>	73
-------------------------------	----

Parte 5 Electricidad y magnetismo

Capítulo 22 Electrostática

<i>Carga estática</i>	75
<i>Potencial eléctrico</i>	76

Capítulo 23 Corriente eléctrica

<i>Flujo de la carga</i>	77
<i>Ley de Ohm</i>	78
<i>Potencia eléctrica</i>	79
<i>Circuitos en serie</i>	81
<i>Circuitos en paralelo</i>	82
<i>Resistencia de un circuito</i>	83
<i>Potencia eléctrica</i>	84

Capítulo 24 Magnetismo

<i>Fundamentos magnéticos</i>	85
-------------------------------	----

Capítulo 25 Inducción electromagnética

<i>Ley de Faraday</i>	87
<i>Transformadores</i>	88

Parte 6 Luz

Capítulo 26 Propiedades de la luz

<i>Rapidez, longitud de onda y frecuencia</i>	89
---	----

Capítulo 27 Color

<i>Adición de color</i>	91
-------------------------	----

Capítulo 28 Reflexión y refracción

<i>Óptica del billar</i>	93
<i>Reflexión</i>	95
<i>Vistas reflejadas</i>	97
<i>Refracción</i>	99
<i>Más refracción</i>	101
<i>Lentes</i>	103

Capítulo 29 Ondas luminosas

<i>Difracción e interferencia</i>	105
<i>Polarización</i>	107

Capítulos 31 y 32 Cuantos de luz, el átomo y el cuanto

<i>Cuantos de luz</i>	109
-----------------------	-----

Parte 7 Física atómica y nuclear

Capítulo 33 El núcleo atómico y la radiactividad

<i>Radiactividad</i>	110
<i>Transmutación natural</i>	111
<i>Reacciones nucleares</i>	112

Capítulo 34 Fisión y fusión nuclear

<i>Reacciones nucleares</i>	113
-----------------------------	-----

Parte 8 Relatividad

Capítulo 35 Teoría de la relatividad especial

<i>Dilatación del tiempo</i>	115
------------------------------	-----

Respuestas a las páginas de práctica

Capítulo 1-35	116-168
---------------	---------

Respuestas a los ejercicios y problemas impares del libro de texto *Física Conceptual*, novena edición

Capítulo 1-36	169-223
Apéndice E	224
Muestras de exámenes	225-234
Cómo fabricar un motor eléctrico sencillo	235

Nombre _____

Fecha _____

Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

Capítulo 1 Acerca de la ciencia
Formulación de hipótesis

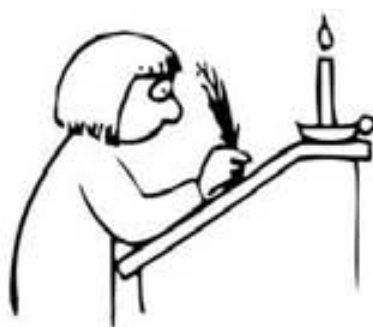
La palabra ciencia viene del latín, y significa "conocer". La palabra *hipótesis* viene del griego y significa "bajo una idea". Una hipótesis es una estimación educada y conduce, con frecuencia, a nuevos conocimientos y puede ayudar a establecer una teoría.

Ejemplos:

1. Es bien sabido que por lo general los objetos se expanden al calentarse. Una placa de hierro se agranda un poco, por ejemplo, cuando se coloca en un horno caliente. Pero, ¿si la placa tiene un agujero en el centro? El agujero, ¿se agrandará o se contraerá cuando ocurra la dilatación? Uno de tus amigos podrá decir que el agujero se agrandará, y otro amigo que se acortará.

- a. ¿Cuál es tu hipótesis acerca del tamaño del agujero?, y si estuvieras equivocado, ¿hay alguna prueba para averiguarlo?

- b. Con frecuencia hay varias formas de probar una hipótesis. Por ejemplo, puedes hacer un diseño experimental y evaluar tú mismo los resultados, o puedes ir a la biblioteca y buscar los resultados reportados por otros investigadores. ¿Cuál de estos dos métodos prefieres, y por qué?



2. Antes de la invención de la imprenta, los escribas copiaban a mano los libros; muchos de los escribas eran monjes que vivían en monasterios. Se cuenta de un escriba que se frustró al encontrar una mancha sobre una página importante que estaba copiando. La mancha ocultaba parte de un informe donde se mencionaba la cantidad de dientes que tenía el hocico de un asno. El escriba se disgustó mucho y no supo qué hacer. Consultó con otros escribas, para ver si en alguno de sus libros se mencionaba la cantidad de dientes que tenía el hocico de un asno. Después de muchas horas de buscar sin éxito en la biblioteca, optó por mandar a un mensajero en burro al monasterio más cercano, para que continuaran la investigación ahí. ¿Cuál sería tu consejo?

Establecer distinciones

Muchas personas parecen no ver la diferencia entre una cosa y el *abuso* de ella. Por ejemplo, un concejal que prohíbe el uso de la patineta, puede ser que no distinga entre usar normalmente una patineta y usarla con temeridad. Una persona en favor de prohibir alguna nueva tecnología, puede no distinguir entre esa tecnología y el abuso de ella. Hay diferencia entre una cosa y el abuso de ella.

En una hoja de papel, por separado, anota otros ejemplos donde con frecuencia no se distinga entre el uso y el abuso. Compara tu lista con las de tus compañeros de clase.

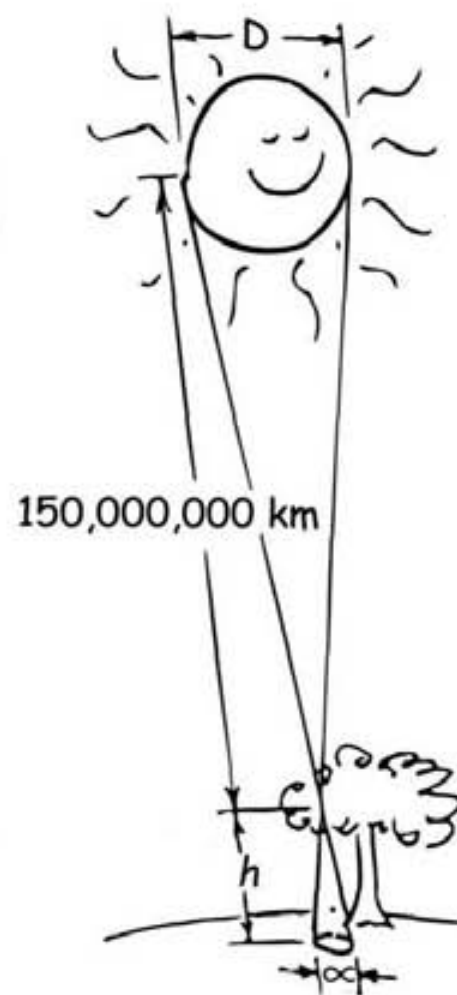
iHewitt
lo dibujó!

Formación de imágenes a través de un agujero

Ve con cuidado las manchas redondas que hace la luz en la sombra de los árboles. Son *soles*, o imágenes del Sol. Las producen aberturas entre las hojas de los árboles, que funcionan como agujeros. (¿Hiciste una cámara oscura en secundaria?) Los soles grandes, de varios centímetros de diámetro, son producidos por agujeros relativamente altos con respecto al suelo, mientras que los pequeños son de agujeros más bajos. Lo interesante



es que la relación del diámetro de un sol a la distancia del agujero es igual que la relación del diámetro del sol verdadero a la distancia del agujero. Sabemos que el Sol está a unos 150,000,000 km del agujero, por lo que con medidas cuidadosas de la relación diámetro/distancia de la imagen de un Sol se obtiene el diámetro del Sol verdadero. Es lo que trata esta página. En lugar de medir soles bajo la sombra de los árboles, en un día soleado, fabrica tu propia imagen del sol, más fácil de medir.



1. Perfora un agujero pequeño en una tarjeta. Quizá una tarjeta de archivo sea adecuada para perforarla con un lápiz o con una pluma afilados. Sujeta la tarjeta a la luz solar y observa la imagen circular que se produce. Es una imagen del Sol. Observa que su tamaño no depende del tamaño del agujero en la tarjeta, sino tan sólo de su distancia. La imagen es un círculo, cuando se produce en una superficie perpendicular a los rayos. Si no es perpendicular, se "alarga" como una elipse.
2. Haz la prueba con agujeros de varias formas, por ejemplo, uno cuadrado o uno triangular. ¿Cuál es la forma de la imagen cuando la distancia de la tarjeta es grande en comparación con el tamaño del agujero? ¿Hay diferencia con la forma del agujero?

3. Mide el diámetro de una moneda pequeña. Luego coloca la moneda en una superficie que sea perpendicular a los rayos solares. Coloca la tarjeta de modo que la imagen del Sol cubra exactamente a la moneda. Mide con cuidado la distancia de la moneda al pequeño agujero redondo en la tarjeta. Completa lo siguiente:

$$\frac{\text{Diámetro de la imagen del Sol}}{\text{Distancia al agujero}} = \underline{\hspace{2cm}}$$

Con esta relación, estima el diámetro del Sol. Muestra tu trabajo en una hoja de papel, por separado.

4. Si hiciste lo anterior en un día en el que el Sol estaba parcialmente eclipsado, ¿qué forma tendrá la imagen que esperas ver?

¿QUÉ FORMA TIENEN LAS IMÁGENES DEL SOL DURANTE UN ECLIPSE PARCIAL DE SOL?



*iHewitt
lo dibujó!*

Nombre _____

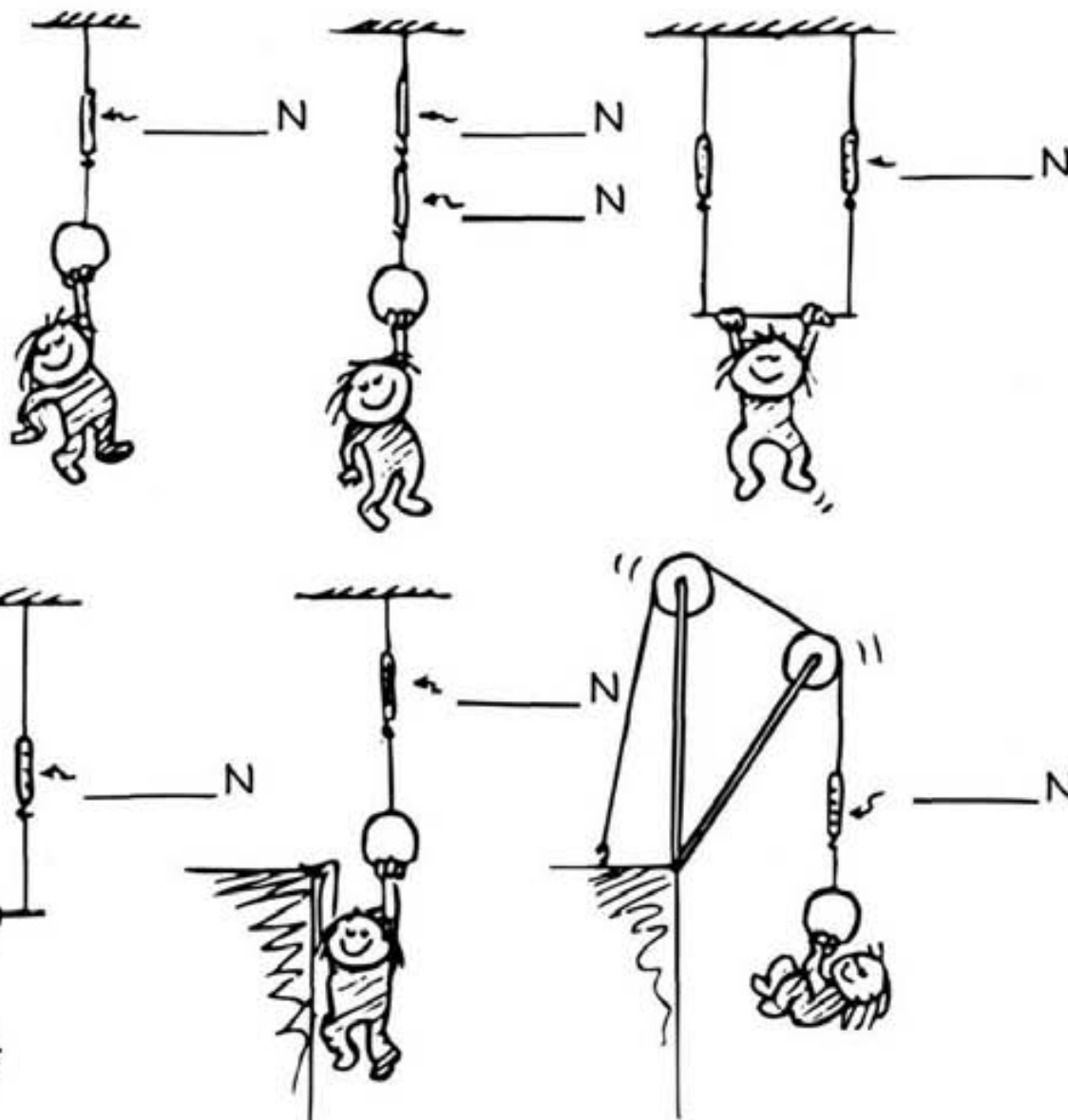
Fecha _____

Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

Capítulo 2 Primera ley de Newton del movimiento — inercia
Equilibrio estático

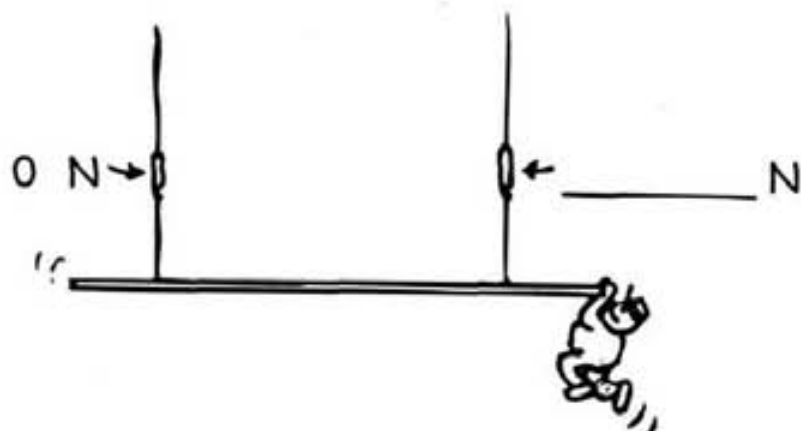
1. La pequeña Nellie Newton quiere ser gimnasta, y se cuelga en varias posiciones, según se muestra en la figura. Como ella no se está acelerando, la fuerza neta sobre ella es cero. Esto quiere decir que el tirón de la(s) cuerda(s) hacia arriba es igual al tirón de la gravedad, hacia abajo. Ella pesa 300 N. Escribe lo que indica la báscula en cada caso.



2. Cuando el pintor se para exactamente a la mitad del andamio, la báscula de la izquierda indica 600 N. Escribe la indicación de la báscula de la derecha. El peso total del pintor y el andamio debe ser _____ N.



3. El pintor se para más hacia la derecha. Escribe lo que indica la báscula de la izquierda.

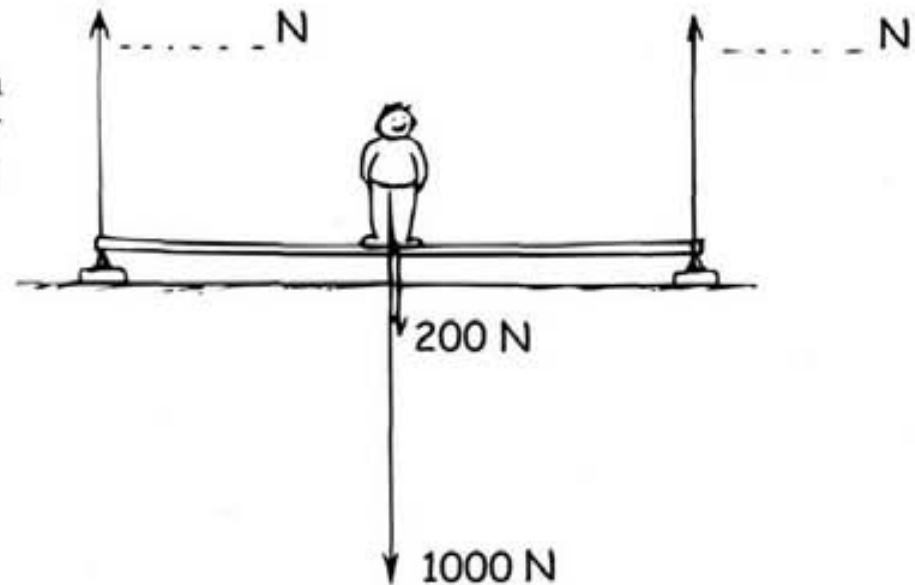
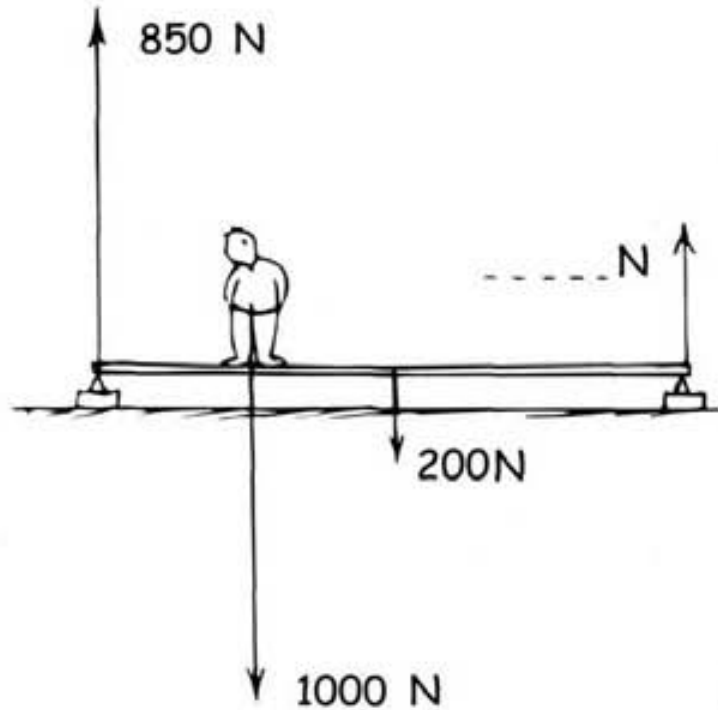


4. Por puntada, el pintor se cuelga del extremo derecho. Escribe lo que indica la báscula de la derecha.

iHewitt
lo dibujó!

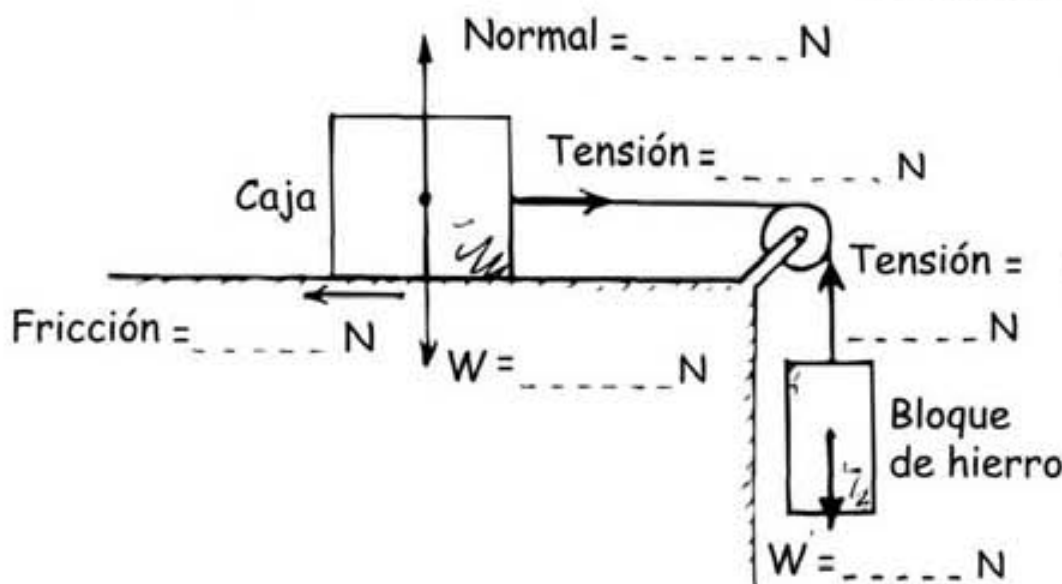
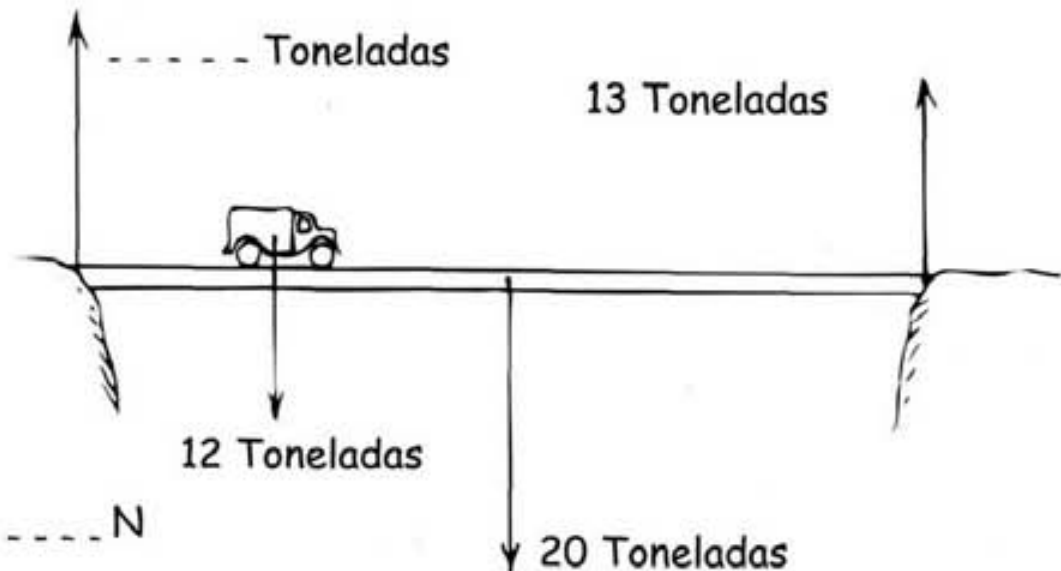
La regla del equilibrio: $\Sigma F = 0$

1. Manuel pesa 1000 N, y está parado a la mitad de una tabla que pesa 200 N. Los extremos de la tabla se apoyan en básculas de baño. (Podemos suponer que el peso de la tabla actúa en su centro.) Escribe la indicación correcta de cada báscula.



2. Cuando Manuel se mueve hacia la izquierda, como se ve, la báscula más cercana a él indica 850 N. Escribe el peso que indica la báscula lejana.

3. Un camión de 12 toneladas está a la cuarta parte del cruce de un puente que pesa 20 toneladas. Una fuerza de 13 toneladas soporta el lado derecho del puente, como se indica. ¿Cuánta fuerza de apoyo hay en el extremo izquierdo?



4. Una caja de 1000 N descansa en una superficie horizontal, y está amarrada a un bloque de hierro de 500 N con una cuerda que pasa por una polea sin fricción, como se ve en la figura. La fricción entre la caja y la superficie basta para mantener en reposo al sistema. Las flechas indican las fuerzas que actúan sobre la caja y el bloque. Escribe la magnitud de cada fuerza.

5. Si la caja y el bloque de la pregunta anterior se mueven con rapidez constante, la tensión en la cuerda (es igual) (aumenta) (disminuye).

Entonces, el sistema en deslizamiento se encuentra en (equilibrio estático) (equilibrio dinámico).

*Hewitt
lo dibujó!*

Nombre _____ Fecha _____

Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

Capítulo 3 Movimiento rectilíneo
Rapidez en caída libre

1. La tía Minnie te da \$10 por segundo durante 4 segundos. ¿Cuánto dinero te dio en los 4 segundos? _____



2. Una pelota dejada caer desde el reposo gana 10 m/s de rapidez por segundo. Después de caer 4 segundos, ¿qué rapidez tiene? _____
3. Tienes \$20, y el tío Harry te da \$10 en cada segundo durante 3 segundos. ¿Cuánto dinero tienes a los 3 segundos? _____
4. Se lanza una pelota directamente hacia abajo, con una rapidez inicial de 20 m/s. Pasados 3 segundos, ¿qué rapidez tiene? _____
5. Tienes \$50 y le pagas a tía Minnie \$10/segundo. ¿En cuánto tiempo se te acaba tu dinero? _____
6. Lanzas una flecha directamente hacia arriba a 50 m/s. ¿Cuándo se le acabará la rapidez? _____
7. Entonces, ¿qué rapidez tendrá la flecha 5 segundos después de haberla lanzado? _____
8. ¿Cuál será su rapidez a los 6 segundos de haberla lanzado? ¿A los 7 segundos? _____

Distancia en caída libre

1. La rapidez es una cosa y la distancia es otra. ¿Dónde está la flecha que lanzaste hacia arriba a 50 m/s cuando se termina su rapidez? _____
2. ¿A qué altura estará la flecha a los 7 segundos después de haberla lanzado hacia arriba a 50 m/s? _____
3. (a) La tía Minnie deja caer una moneda en un pozo de los deseos, y dura 3 segundos cayendo hasta llegar al agua. ¿Qué rapidez tiene al llegar a ésta? _____
- (b) ¿Cuál es la rapidez promedio de la moneda durante su caída de 3 segundos? _____
- (c) ¿Qué tan abajo está la superficie del agua? _____
4. A la tía Minnie no se le cumplió su deseo, así que va a un pozo más profundo y lanza una moneda directamente hacia abajo, a 10 m/s. ¿Hasta dónde cae esa moneda en 3 segundos? _____

DESDE EL
REPOSO,
 $v = 10t$
 $d = 5t^2$

$$\bar{v} = \frac{v_0 + v}{2} = \frac{v_0 + (v_0 + 10t)}{2}$$

ENTONCES $d = \bar{v}t$

¡Distingue entre "con qué rapidez", "hasta dónde" y "cuánto tiempo"!

Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

Aceleración en caída libre

Una piedra dejada caer de lo alto de un acantilado aumenta su rapidez a medida que cae. Imagina que a la piedra se le colocan un "velocímetro" y un odómetro para indicar la rapidez y la distancia, a intervalos de un segundo. Tanto la rapidez como la distancia son cero cuando el tiempo = 0 (ve el dibujo). Observa que después de 1 segundo de caída, la indicación de rapidez es 10 m/s y la distancia (altura) caída es 5 m. No se muestran las indicaciones de los siguientes segundos, y quedan para que las llenes. Así que traza la aguja del "velocímetro" y escribe la indicación correcta del odómetro para cada tiempo. Usa $g = 10 \text{ m/s}^2$ y no tengas en cuenta la resistencia del aire.

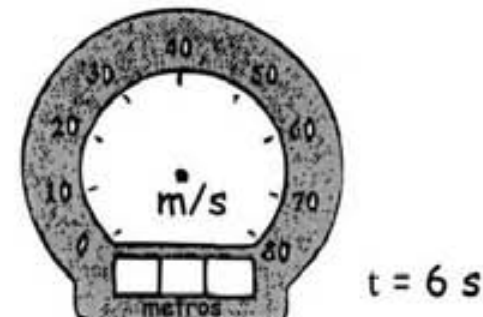
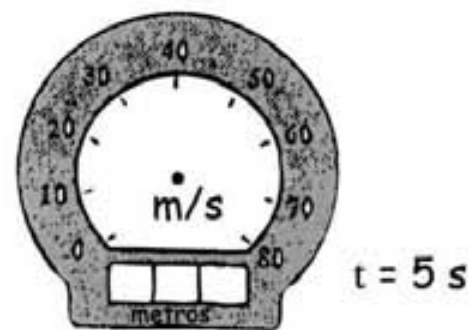
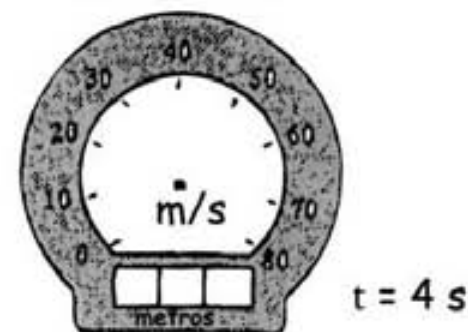
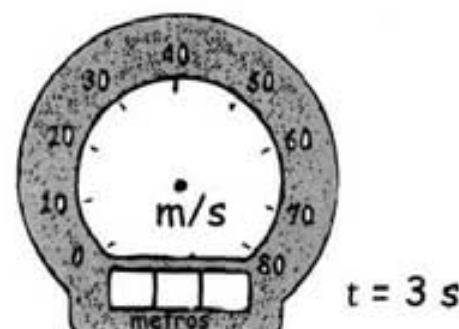
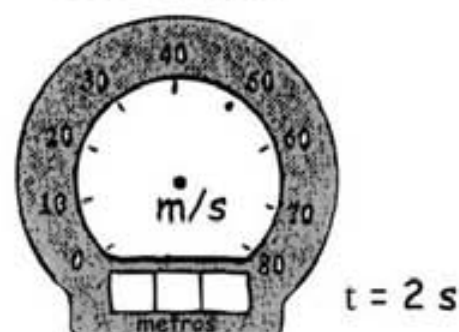
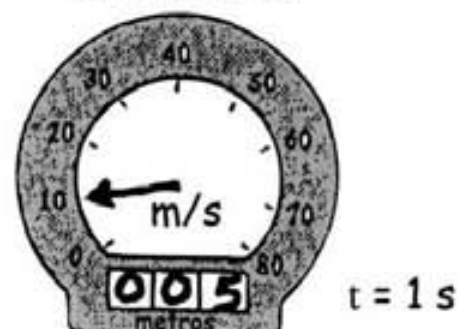
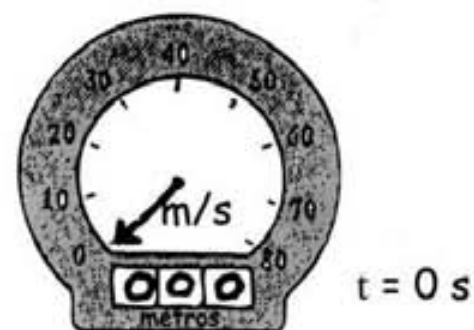
NECESITAS CONOCER:
 LA RAPIDEZ INSTANTÁNEA DE CAÍDA DESDE EL REPOSO:

$$v = gt$$

 LA DISTANCIA DE CAÍDA (ALTURA) DESDE EL REPOSO:

$$d = \frac{1}{2} gt^2$$

1. La indicación del "velocímetro" aumenta la misma cantidad, _____ m/s cada segundo. Al aumento de rapidez por segundo se le llama _____.
2. La distancia de caída aumenta de acuerdo con el cuadrado de la _____.
3. Si la piedra tarda 7 segundos en tocar el suelo, su rapidez al momento del impacto es _____ m/s, la altura total caída es _____ m y su aceleración de caída, justo antes del impacto es _____ m/s^2 .



*Hewitt
lo dibujó!*

Nombre _____ Fecha _____

Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

Capítulo 4 Segunda ley de Newton del movimiento
Fuerza y aceleración

1. Shelly, la patinadora, tiene una masa total de 25 kg, y está impulsada por el cohete.

- a. Llena la tabla I (sin tener en cuenta la resistencia del aire).

TABLA I

FUERZA	ACELERACIÓN
100 N	
200 N	
	10 m/s ²

- b. Llena la tabla II para una resistencia constante de 50 N.

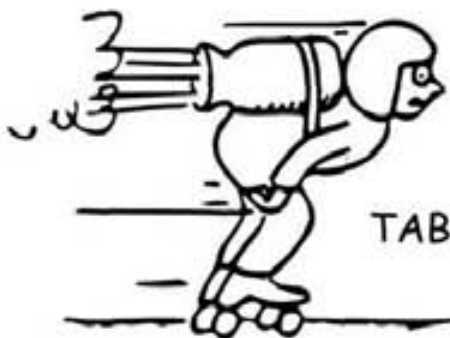


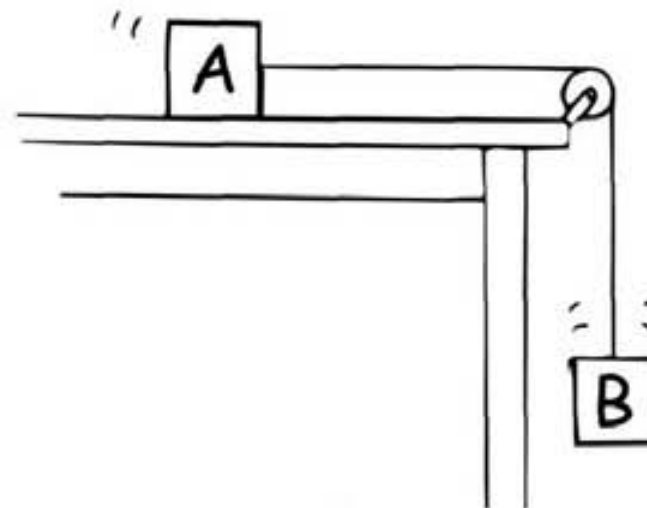
TABLA II

FUERZA	ACELERACIÓN
50 N	0 m/s ²
100 N	
200 N	

2. El bloque A está sobre una mesa horizontal sin fricción, y lo acelera la fuerza de una cuerda fija al bloque B. B cae verticalmente y arrastra a A en forma horizontal. Ambos bloques tienen la misma masa m . (No tengas en cuenta la masa de la cuerda.)

(Encierra en un círculo las respuestas correctas.)

- a. La masa del sistema [A + B] es (m) (2m).
- b. La fuerza que acelera a [A + B] es el peso de (A) (B) (A + B).
- c. El peso de B es ($mg/2$) (mg) ($2mg$).
- d. La aceleración de [A + B] es (menor que g) (g) (más que g).
- e. Usa $a =$ para indicar que la aceleración de [A + B] es una fracción de g . _____



SI B CAYERA POR SÍ SÓLO SIN ARRASTRAR A A, ¿SU ACELERACIÓN NO SERÍA g ?



SÍ, PORQUE LA FUERZA QUE LO ACELERA SÓLO ESTARÍA ACTUANDO SOBRE SU PROPIA MASA ¡NO SOBRE EL DOBLE DE LA MASA!

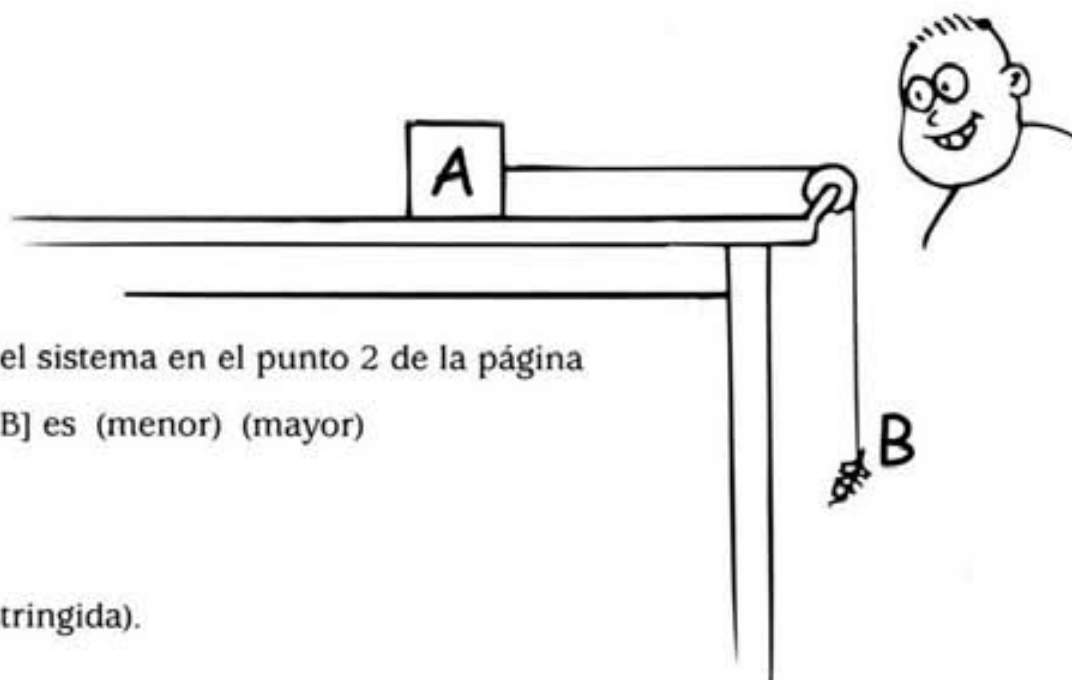


PARA COMPRENDER MEJOR ESTO ¡VE LOS PUNTOS 3 Y 4 SIGUIENTES!

*iHewitt
lo dibujó!*

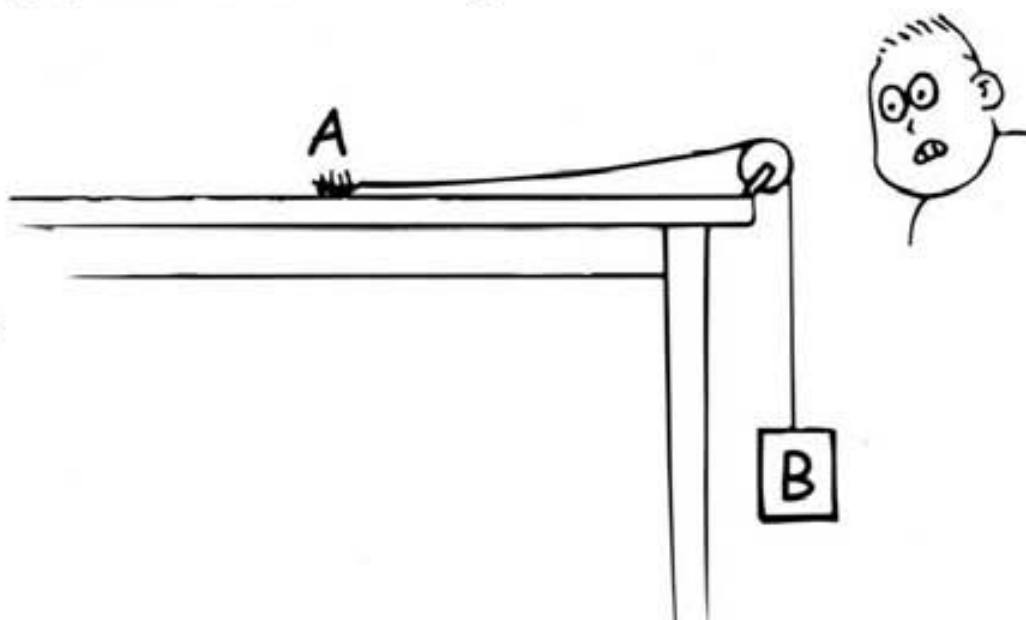
Fuerza y aceleración (continuación)

3. Imagina que A sigue siendo un bloque de 1 kg, pero que B es una pluma (o una moneda) con poca masa.



- a. En comparación con la aceleración del sistema en el punto 2 de la página anterior, aquí la aceleración de $[A + B]$ es (menor) (mayor) y es (cercana a cero) (cercana a g).
- b. En este caso, la aceleración de B es (prácticamente la de caída libre) (restringida).

4. Imagina que A es una pluma o una moneda y que B tiene la masa de 1 kg.



- a. En este caso, la aceleración de $[A + B]$ es (cercana a cero) (cercana a g).
- b. En este caso, la aceleración de B es (prácticamente de caída libre) (restringida).

5. Como resumen de los puntos 2, 3 y 4, cuando el peso de un objeto causa la aceleración de dos objetos, se ve que el intervalo de las aceleraciones posibles es

(entre cero y g) (entre cero e infinito) (entre g e infinito).

6. Una bola rueda cuesta abajo por una rampa de pendiente uniforme.

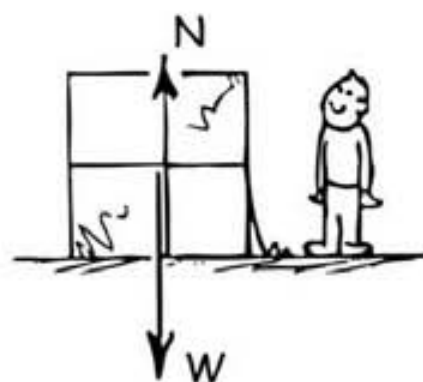
- a. La aceleración es (decreciente) (constante) (creciente).
- b. Si la rampa tuviera más pendiente, la aceleración sería (mayor) (la misma) (menor).
- c. Cuando la bola llega y alcanza la parte más baja y sigue rodando por la superficie horizontal lisa, (continúa acelerando) (no acelera).



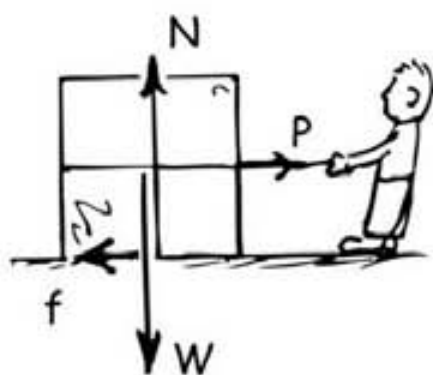
Nombre _____ Fecha _____

Física CONCEPTUAL

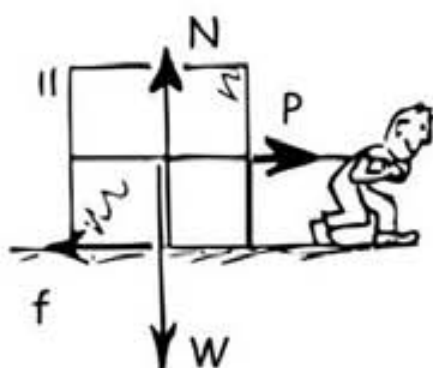
PÁGINA DE PRÁCTICA

Capítulo 4 Segunda ley de Newton del movimiento
Fricción

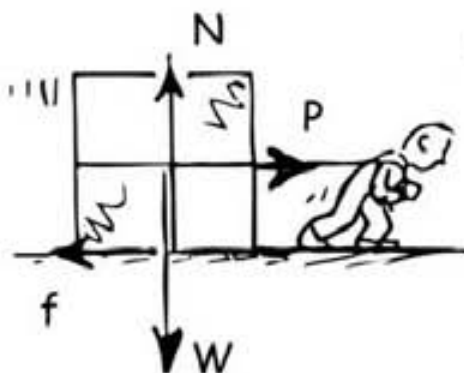
1. Una caja llena con delicioso alimento chatarra descansa sobre un piso horizontal. Sobre ella actúan sólo la gravedad y la fuerza de soporte del piso, que se indican con los vectores W del peso, y N de la fuerza normal.
 - a. La fuerza neta sobre la caja es (cero) (mayor que cero).
 - b. La prueba es que _____.



2. Se ejerce un tirón ligero P sobre la caja, no lo suficiente para moverla. Ahora está actuando una fuerza de fricción f ,
 - a. que es (menor que) (igual a) (mayor que) P .
 - b. La fuerza neta sobre la caja es (cero) (mayor que cero).



3. El tirón P aumenta hasta que la caja comienza a moverse. Es tal que se mueve con velocidad constante por el piso.
 - a. La fricción f es (menor que) (igual a) (mayor que) P .
 - b. Velocidad constante quiere decir que la aceleración es (cero) (mayor que cero).
 - c. La fuerza neta sobre la caja es (menor que) (igual a) (mayor que) cero.



4. El tirón P aumenta más y ahora es mayor que la fricción f .
 - a. La fuerza neta sobre la caja es (menor que) (igual a) (mayor que) cero.
 - b. La fuerza neta actúa hacia la derecha, y entonces la aceleración actúa hacia (izquierda) (derecha).

5. Si la fuerza del tirón P es 150 N, y la caja no se mueve ¿cuál es la magnitud de f ? _____
6. Si la fuerza del tirón P es 200 N, y la caja no se mueve ¿cuál es la magnitud de f ? _____
7. Si la fuerza de fricción cinética es 250 N, ¿qué fuerza se necesita para mantener a la caja deslizándose a una velocidad constante? _____
8. Si la masa de la caja es 50 kg y la fricción cinética es 250 N ¿cuál es la aceleración de la caja cuando la fuerza del tirón es 250 N? _____ 300 N? _____ 500 N? _____

Caída y resistencia del aire

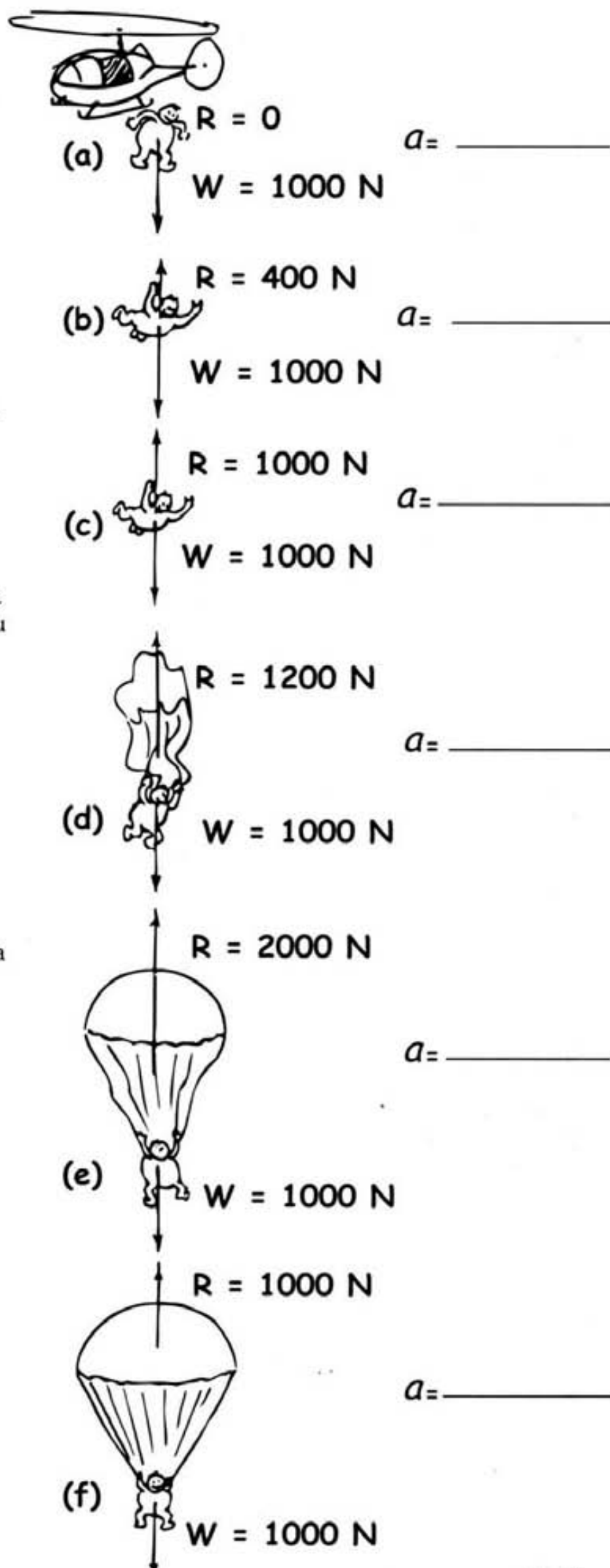
Bronco se lanza en paracaídas desde un helicóptero que se mantiene estacionario. Se indican varias etapas de su caída en las posiciones de la *a* a la *f*. De acuerdo con la segunda ley de Newton,

$$a = \frac{F_{NET}}{m} = \frac{W - R}{m}$$

determina la aceleración de Bronco en cada posición (en los espacios vacíos de la derecha). Necesitas saber que la masa *m* de Bronco es 100 kg, por lo que su peso *W* es 1000 N constante. La resistencia del aire *R*, que se indica, varía de acuerdo con la rapidez y el área de la sección transversal.

Encierra en un círculo las respuestas correctas.

1. Cuando la rapidez de Bronco es mínima, su aceleración es
(minima) (máxima).
2. ¿En cuál o cuáles posiciones tiene Bronco una aceleración hacia abajo?
(a) (b) (c) (d) (e) (f)
3. ¿En cuál o cuáles posiciones tiene Bronco una aceleración hacia arriba?
(a) (b) (c) (d) (e) (f)
4. Cuando Bronco tiene una aceleración hacia arriba, su velocidad
(sigue siendo hacia abajo)
(también hacia arriba).
5. ¿En cuál o cuáles posiciones la velocidad de Bronco es constante?
(a) (b) (c) (d) (e) (f)
6. ¿En cuál o cuáles posiciones tiene Bronco la velocidad terminal?
(a) (b) (c) (d) (e) (f)
7. ¿En cuál o cuáles posiciones la velocidad terminal es máxima?
(a) (b) (c) (d) (e) (f)
8. Si Bronco fuera más pesado, su velocidad terminal sería
(mayor) (menor) (igual).



*Hewitt
lo dibujó!*

Nombre _____ Fecha _____

Física

CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

Capítulo 5 Tercera ley de Newton del movimiento

Pares de acción y reacción

1. En el ejemplo siguiente, se muestran los pares de acción y reacción con las flechas (vectores) y se describen en palabras. En (a) a (g), traza la otra flecha (vector) y escribe la reacción a la acción dada. A continuación sugiere tu ejemplo en (h).

Ejemplo:



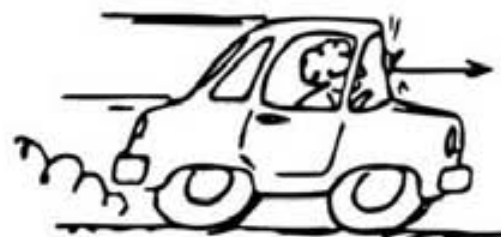
El puño golpea la pared.

La pared golpea al puño.



La cabeza golpea al balón.

(a) _____



El parabrisas golpea al insecto.

(b) _____



El bat golpea la bola.

(c) _____



El dedo toca la nariz.

(d) _____



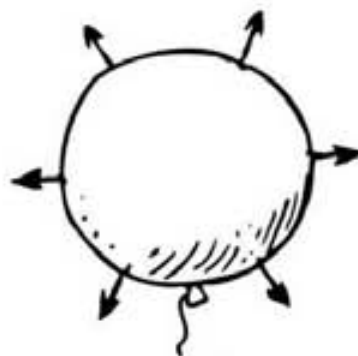
La mano tira de la flor.

(e) _____



El atleta impulsa las pesas hacia arriba.

(f) _____

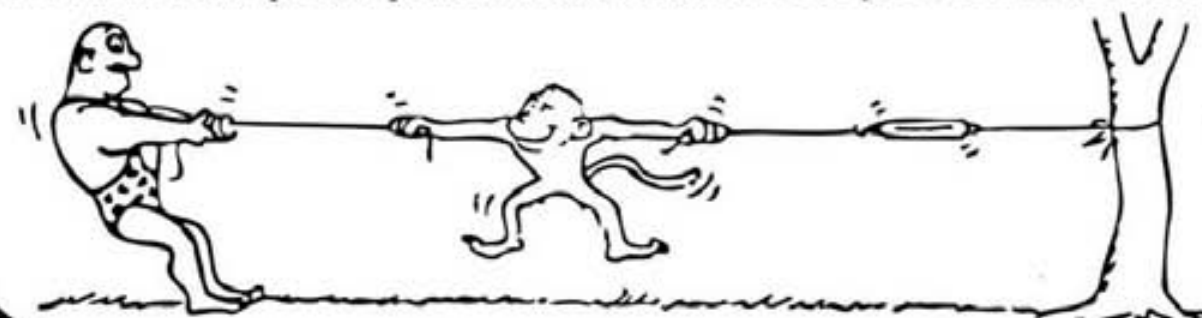


El aire comprimido empuja la pared del globo hacia fuera.

(g) _____

(h) _____

2. Traza flechas que indiquen la cadena de al menos seis pares de fuerzas de acción y reacción.



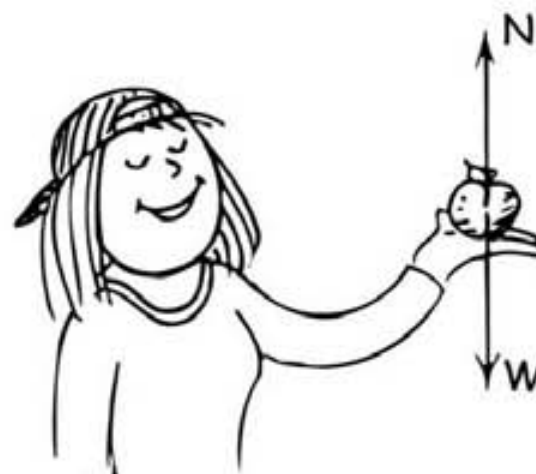
iHewitt
lo dibujó!

Interacciones

3. Nellie Newton sujeta en reposo una manzana que pesa 1 newton, en la palma de la mano. Los vectores fuerza que se ven son las fuerzas que actúan sobre la manzana.

a. Decir que el peso de la manzana es 1 N es decir que hay una fuerza gravitacional de 1 N ejercida sobre la manzana por (la Tierra) (la mano).

b. La mano de Nellie sostiene la manzana con una fuerza normal N , que actúa en dirección opuesta a W . Se puede decir que N (es igual a W) (tiene la misma magnitud que W).



c. Como la manzana está en reposo, la fuerza neta sobre ella es (cero) (distinta de cero).

d. Como N es igual y opuesta a W , (se puede) (no se puede), decir que N y W forman un par de acción y reacción. La razón es porque la acción y la reacción siempre (actúan sobre el mismo objeto) (actúan sobre distintos objetos), y aquí se ve que N y W (actúan al mismo tiempo sobre la manzana) (actúan sobre distintos objetos).

e. De acuerdo con la regla "si la ACCIÓN es A actuando sobre B, entonces la REACCIÓN es B actuando sobre A", si se dice que la acción es la Tierra tirando de la manzana hacia abajo, la reacción es (la manzana tirando hacia arriba sobre la Tierra) (N , la mano de Nellie alzando la manzana).

f. Para enfatizar, se ve que N y W son iguales y opuestas entre sí (y forman un par de acción-reacción) (pero no forman un par acción-reacción).



g. Otro par de fuerzas es N [se indica] y la fuerza hacia abajo que ejerce la manzana contra la mano de Nellie [no se indica]. Este par de fuerzas (es) (no es) un par acción-reacción.

h. Imagina que ahora Nellie empuja la manzana hacia arriba con una fuerza de 2N. La manzana (sigue en equilibrio) (acelera hacia arriba), y en comparación con W , la magnitud de N es (igual) (el doble) (ni es igual ni es el doble).

i. Una vez que la manzana sale de la mano de Nellie, N es (cero) (todavía el doble de la magnitud de W) y la fuerza neta sobre la manzana es (cero) (sólo W) (todavía $W - N$, una fuerza negativa).

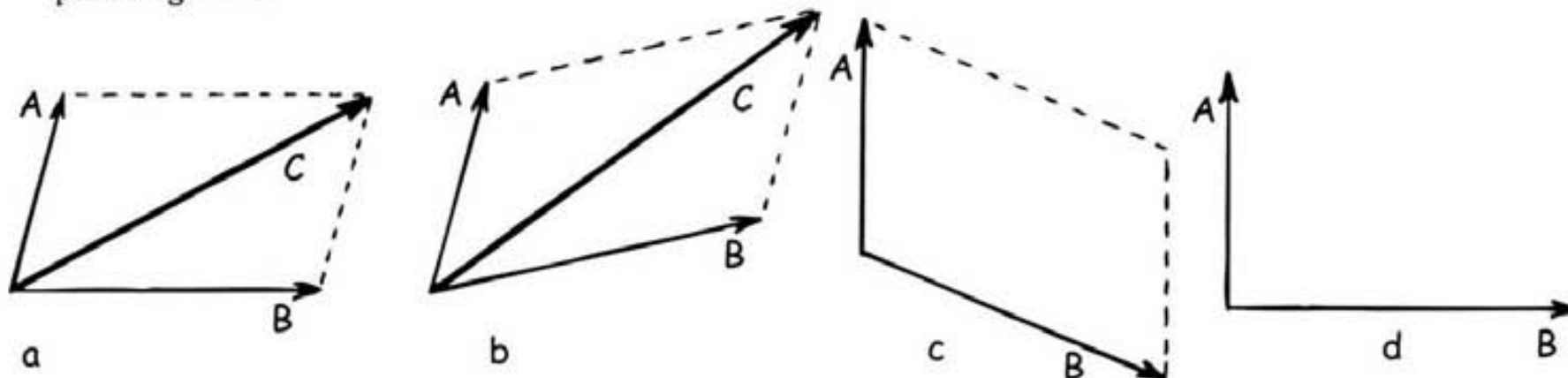
Nombre _____ Fecha _____

Física CONCEPTUAL

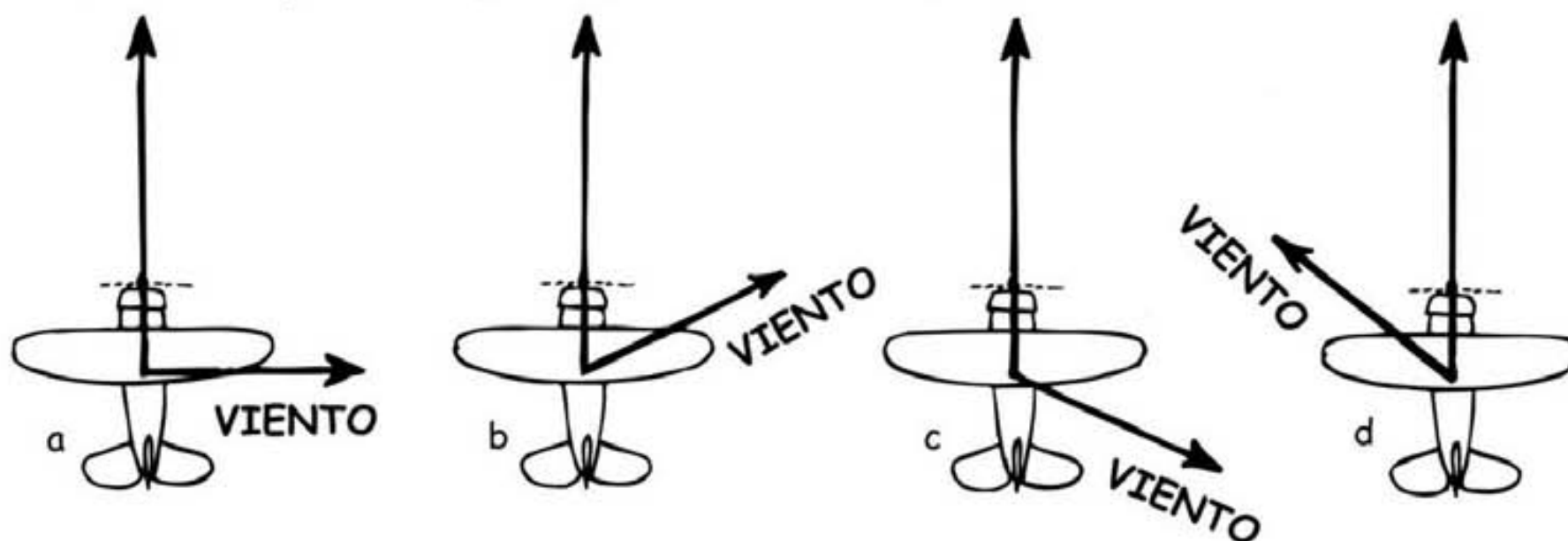
PÁGINA DE PRÁCTICA

Capítulo 5 Tercera ley de Newton del movimiento
Vectores y la regla del paralelogramo

1. Cuando los vectores A y B forman un ángulo entre sí, se suman y producen la resultante C de acuerdo con la *regla del paralelogramo*. Observa que C es la diagonal de un paralelogramo en el que A y B son lados adyacentes. En los dos primeros diagramas, a y b, se muestra la resultante C. Traza la resultante C en los diagramas c y d. Observa que en el diagrama d se forma un rectángulo, que es un caso especial de un paralelogramo.



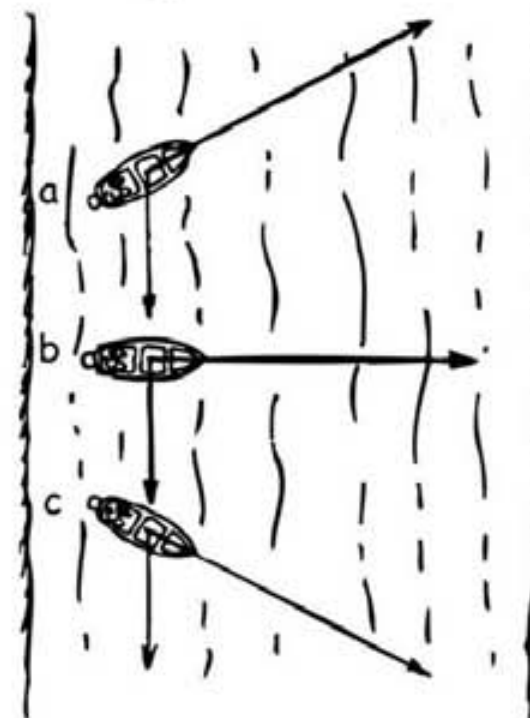
2. Abajo se ve un avión desde arriba, sobre el que sopla un viento en varias direcciones. Usa la regla del paralelogramo para indicar la rapidez y la dirección resultante en su trayectoria, para cada caso. ¿En cuál caso el avión viaja con más rapidez respecto al suelo? _____ ¿Con más lentitud? _____



3. A la derecha vemos tres lanchas de motor cruzando un río, desde arriba. Todas tienen la misma rapidez en relación con el agua, y todas están sometidas al mismo flujo de agua.

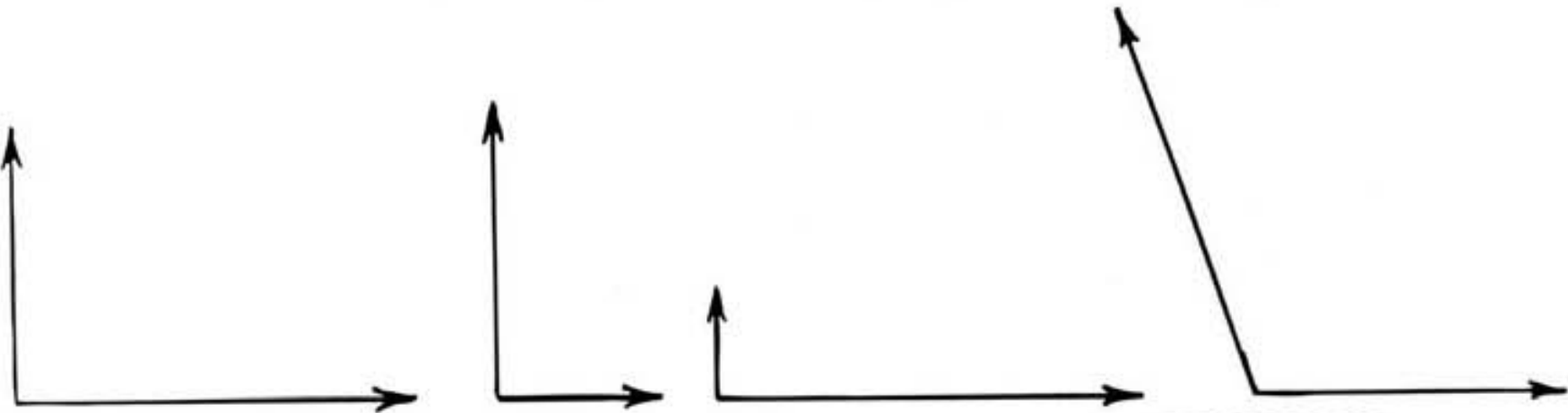
Traza los vectores resultantes que indiquen la rapidez y la dirección de las lanchas.

- a. ¿Cuál de ellas toma la ruta más corta hasta la orilla opuesta? _____
b. ¿Cuál de ellas llega primero a la orilla opuesta? _____
c. ¿Cuál de ellas tiene mayor rapidez? _____

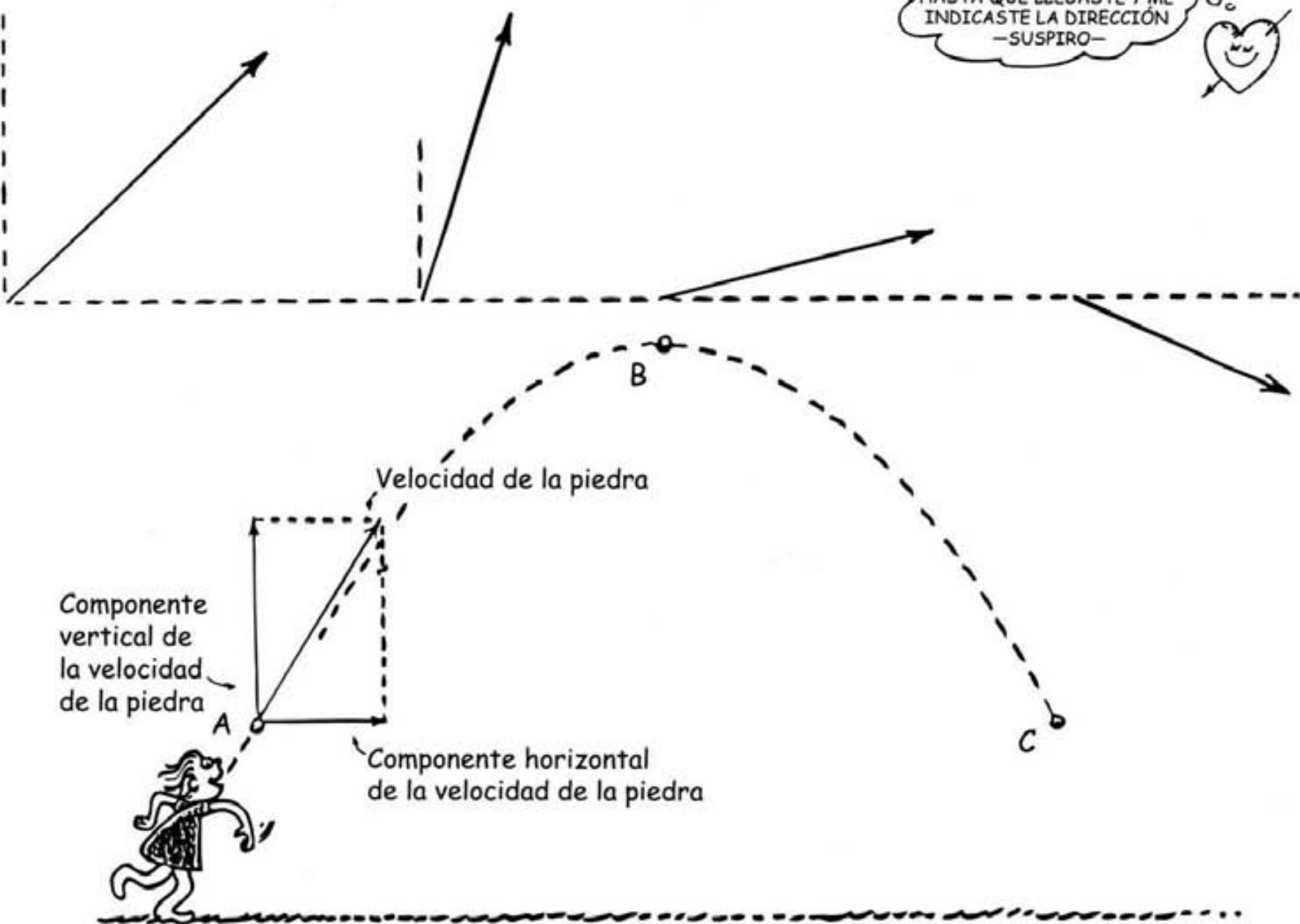
iHewitt
lo dibujó!

Vectores velocidad y sus componentes

1. Traza las resultantes de los cuatro conjuntos de vectores que siguen.



2. Traza las componentes de los cuatro vectores que siguen.



3. Ella lanza la piedra que sigue la trayectoria indicada con línea punteada. El vector velocidad, con sus componentes horizontal y vertical, se indica en la posición A. Traza con cuidado los vectores velocidad aproximados con sus componentes en las posiciones B y C.

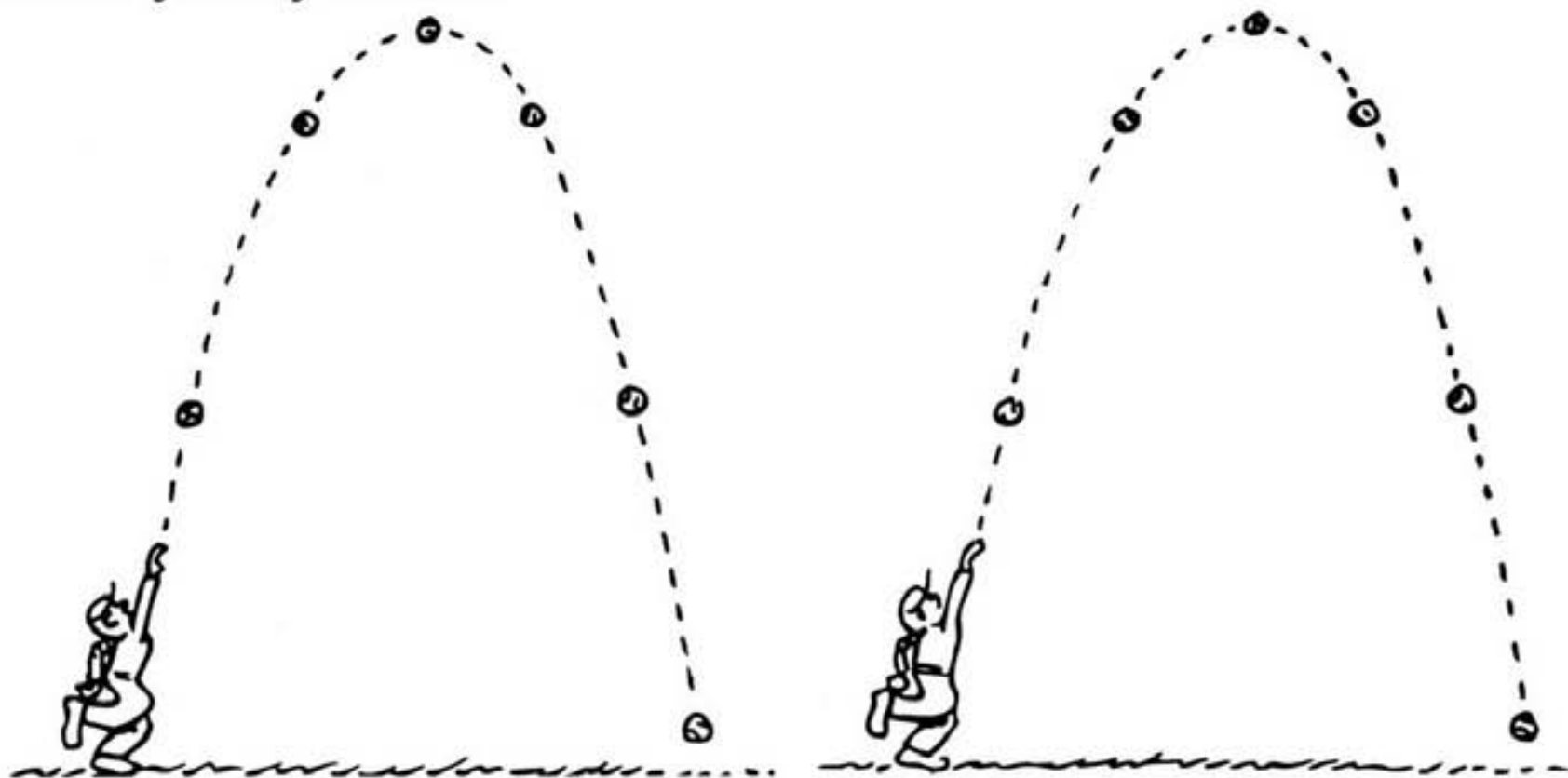
- Como no hay aceleración en la dirección horizontal, ¿cómo se compara la componente horizontal de la velocidad en las posiciones A, B y C? _____
- ¿Cuál es el valor de la componente vertical de la velocidad en la posición B? _____
- ¿Cómo se compara la componente vertical de la velocidad en la posición C con la de la posición A? _____

Nombre _____

Fecha _____

Física CONCEPTUAL

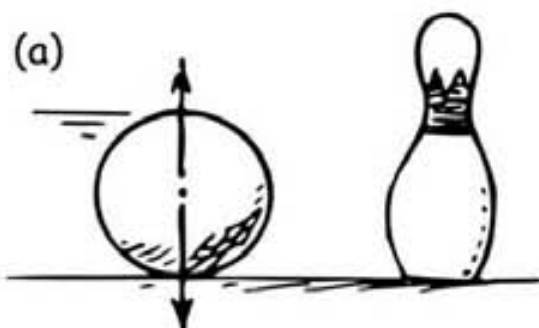
PÁGINA DE PRÁCTICA

Capítulo 5 Tercera ley de Newton del movimiento
Vectores fuerza y velocidad

1. Traza los vectores que representen la fuerza de la gravedad sobre la pelota, en las posiciones que se ven arriba (después de salir de la mano del lanzador). No tengas en cuenta la resistencia del aire.
2. Traza los vectores, gruesos, que representen la velocidad de la pelota en las posiciones que se ven arriba. Con vectores más delgados, indica las componentes horizontal y vertical de la velocidad para cada posición.
3. (a) ¿Cuál componente de la velocidad en los puntos anteriores permanece constante? ¿Por qué?

- (b) ¿Cuál componente de la velocidad cambia a lo largo de la trayectoria? ¿Por qué?

4. Es importante hacer la distinción entre los vectores fuerza y velocidad. Los vectores fuerza se combinan con otros vectores fuerza, y los vectores velocidad se combinan con otros vectores velocidad. Los vectores velocidad ¿se combinan con vectores fuerza? _____
5. Todas las fuerzas sobre la bola: el peso hacia abajo y el apoyo de la mesa hacia arriba, se indican con vectores en su centro, antes de chocar con el pino (a). Traza los vectores de todas las fuerzas que actúan sobre la bola en (b) cuando choca con el bolo y en (c), después de haber chocado con el bolo.

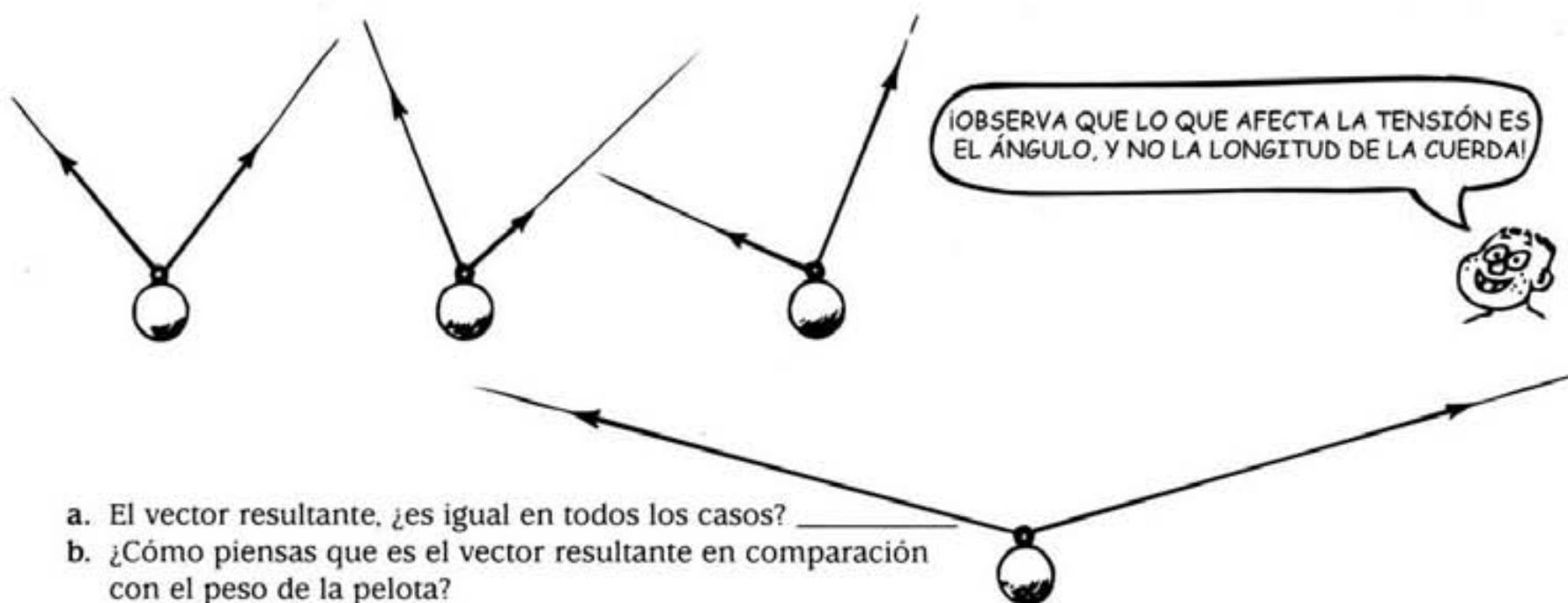


Gracias a Howard Brand

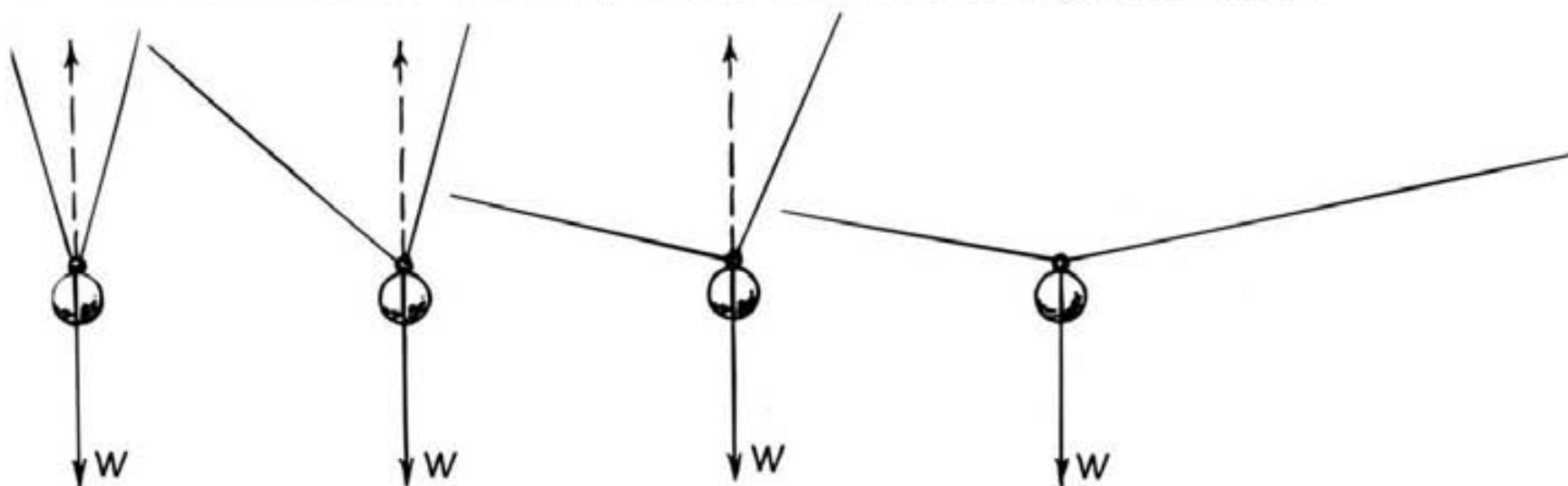
iHewitt
lo dibujó!

Vectores fuerza y la ley del paralelogramo

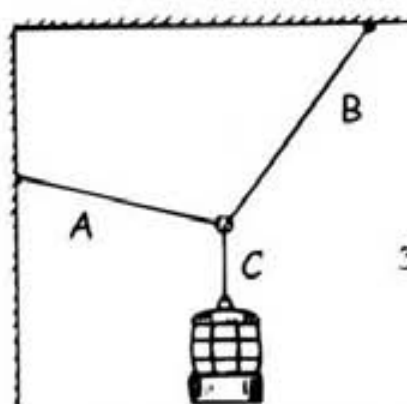
1. La pelota pesada está sostenida en cada caso por dos tramos de cuerda. La tensión en cada cuerda se indica con los vectores. Usa la regla del paralelogramo para determinar la resultante de cada par de vectores.



2. Ahora hagamos lo contrario de arriba. Con más frecuencia se conoce el peso del objeto colgado, pero no se conocen las tensiones en las cuerdas. En cada uno de los casos de abajo, el peso de la pelota se indica con el vector W . Cada vector de líneas interrumpidas representa la resultante de las tensiones en el par de cuerdas. Observa que cada resultante es igual y opuesta a los vectores W (debe serlo, porque si no, la pelota no estaría en reposo).
- Traza paralelogramos en donde las cuerdas definan lados adyacentes, y los vectores en línea interrumpida sean las diagonales.
 - ¿Cómo se comparan las longitudes relativas de los lados de cada paralelogramo con las tensiones de las cuerdas?
 - Traza vectores de tensión en cuerda, indicando con claridad sus magnitudes relativas.



¡NO ES DE EXTRAÑAR QUE AL COLGARSE DE UNA CUERDA DEL TENEDERO BIEN ESTIRADA, ÉSTA SE ROMPA!



3. Una linterna está colgada como se ve en la figura. Traza vectores que indiquen las tensiones relativas en las cuerdas A, B y C. ¿Aprecias una relación entre tus vectores $A + B$ y el vector C? ¿Y entre los vectores $A + C$ y el vector B?

*Hewitt
lo dibujó!*

Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

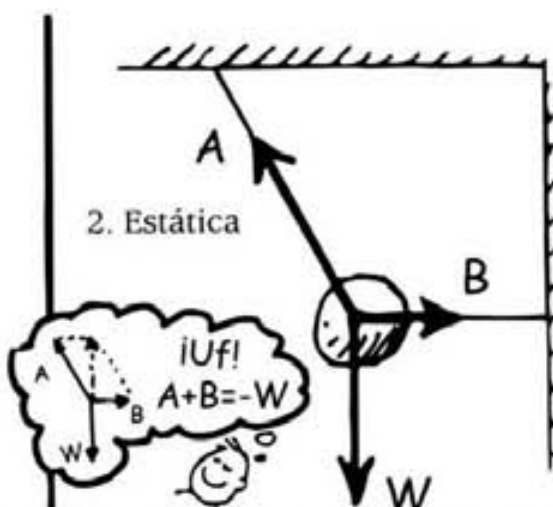
Capítulo 5 Tercera ley de Newton del movimiento**Diagramas de vectores fuerza**

En cada caso, sobre una piedra actúan una o más fuerzas. Traza un diagrama vectorial donde se indiquen con precisión todas las fuerzas que actúen sobre la piedra, y ninguna más. Usa una regla y hazlo a lápiz, para poder corregir los errores. Los dos primeros diagramas ya están resueltos, y son ejemplos. Demuestra, con la ley del paralelogramo en el caso 2, que la suma vectorial $A + B$ es igual y opuesta a W (esto es, que $A + B = -W$). Haz lo mismo en 3 y 4. Traza e identifica los vectores del peso y de las fuerzas normales de apoyo en los casos 5 a 10, y de las fuerzas adecuadas en 11 y 12.

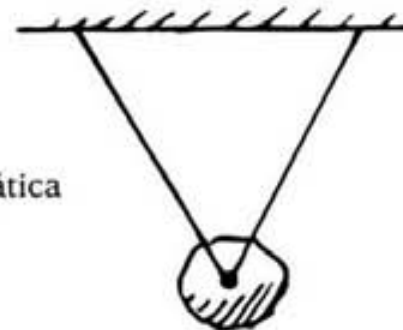
1. Estática



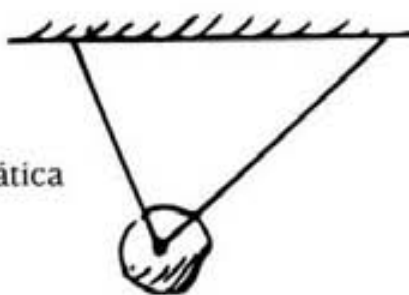
2. Estática



3. Estática



4. Estática



5. Estática



6. Deslizándose con rapidez constante sin fricción



7. Desacelerando por la fricción



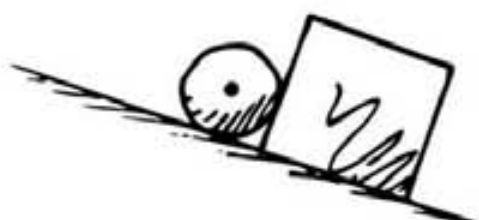
8. Estática (la fricción evita el resbalamiento)



9. La piedra se resbala (sin fricción)



10. Estática



11. Piedra en caída libre



12. Cayendo a la velocidad terminal



Gracias a Jim Court

iHewitt
lo dibujó!

Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

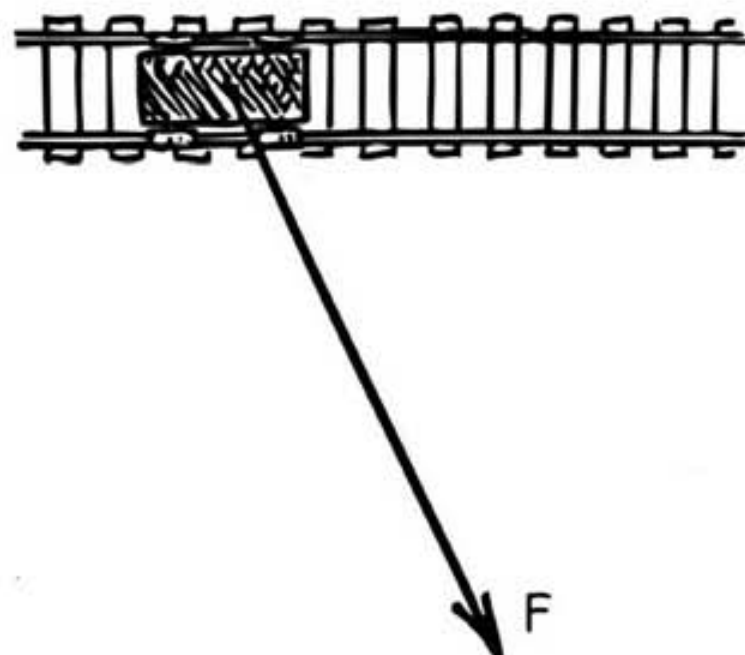
Apéndice D Más sobre vectores
Vectores y botes de vela*(¡No trates de resolverlo, sin antes haber estudiado el apéndice D del libro de texto!)*

1. El esquema muestra una vista superior de un pequeño vagón de ferrocarril tirado por una cuerda. La fuerza F que ejerce la cuerda sobre el vagón tiene una componente a lo largo de la vía y otra perpendicular a ésta.

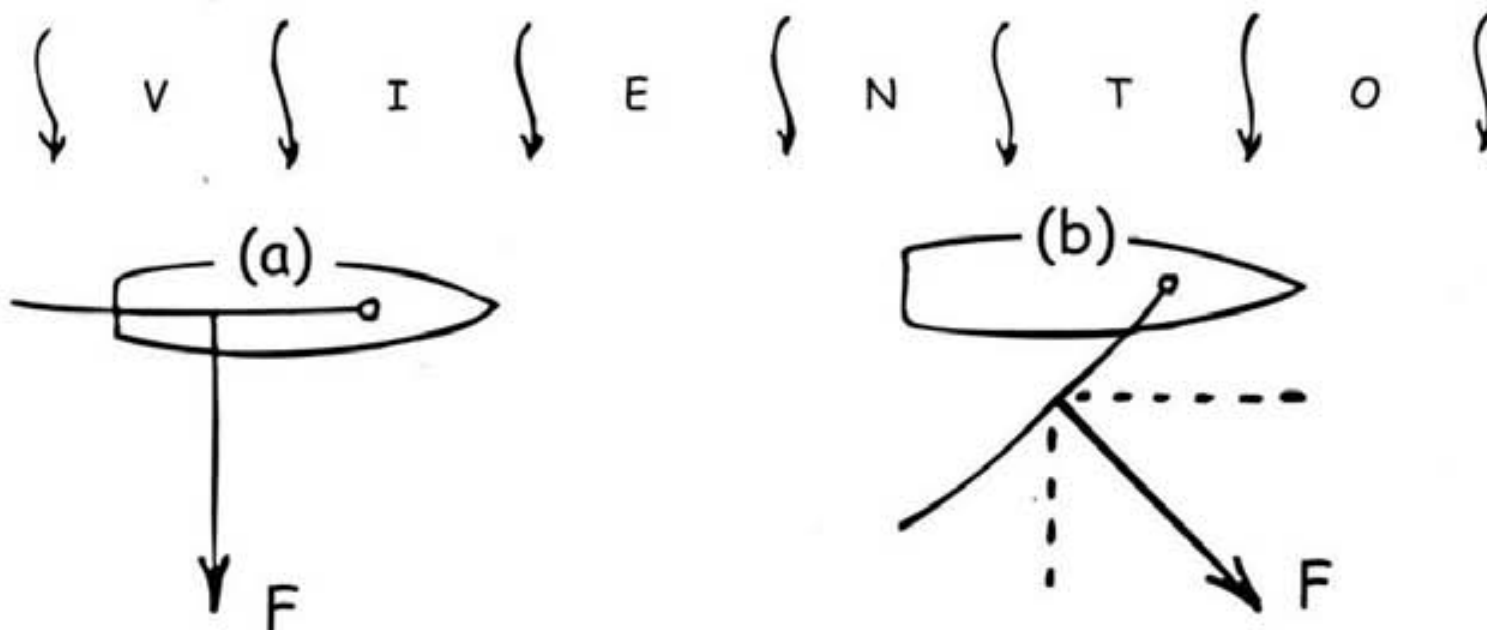
- a. Traza esas componentes en el esquema.
¿Cuál componente es mayor?

- b. ¿Cuál componente produce aceleración?

- c. ¿Cuál sería el efecto de tirar de la cuerda, si fuera perpendicular a la vía?



2. Los esquemas siguientes representan vistas superiores simplificadas de botes de vela con viento de babor (perpendicular, desde la izquierda). El impacto del viento produce un vector FUERZA en cada caso, que se indica. ¡Aquí NO se consideran vectores *velocidad*!



- a. ¿Por qué la posición de la vela de arriba es inútil para impulsar al bote hacia adelante? (Relaciona esto con la pregunta 1c anterior. Si bien el tren está restringido por las vías al moverse en una dirección, el bote también lo está para moverse en una dirección, por su gran aleta vertical, que es la *quilla*.)

- b. Traza la componente de la fuerza paralela a la dirección del movimiento del bote (a lo largo de su quilla) y la componente de la fuerza perpendicular al movimiento del bote. ¿Se moverá hacia adelante el bote? (Relaciona esto con la pregunta 1b anterior.)

3. El bote de la derecha forma un ángulo contra el viento. Traza el vector fuerza y sus componentes de avance y perpendicular.

- a. ¿Se moverá el bote hacia adelante y desafiará al viento?
¿Por qué?

V I E N T O



4. El esquema que sigue es una vista superior de cinco botes de vela idénticos. Cuando los haya, traza los vectores fuerza que representen el impacto del viento sobre las velas. A continuación traza las componentes paralelas y perpendiculares a la quilla de cada bote.

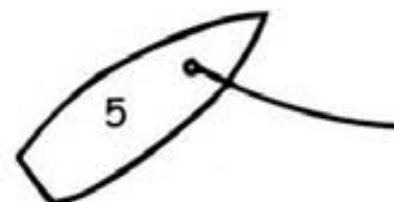
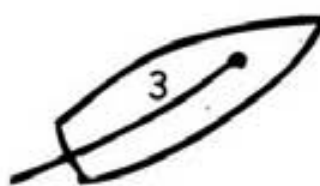
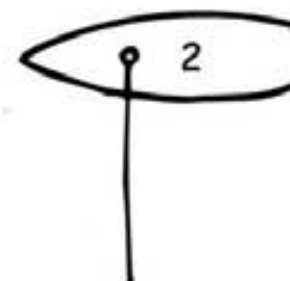
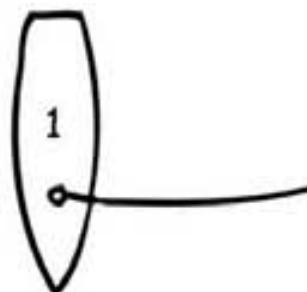
- a. ¿Cuál bote viajará más rápido hacia adelante?

- b. ¿Cuál responderá menos al viento?

- c. ¿Cuál se moverá hacia atrás?

- d. ¿Cuál tendrá cada vez menos impacto del viento al aumentar su rapidez?

V I E N T O



Nombre _____ Fecha _____

Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

Capítulo 6 Cantidad de movimiento
Impulso y cantidad de movimiento

1. Un automóvil que avanza tiene cantidad de movimiento. Si avanza con doble rapidez, su cantidad de movimiento es _____.
2. Hay dos automóviles; uno pesa el doble que el otro, y los dos bajan por una colina a la misma rapidez. En comparación con la del más ligero, la cantidad de movimiento del vehículo más pesado es _____.

3. La cantidad de movimiento del golpe de retroceso de una escopeta es (mayor que) (menor que) (igual que) la cantidad de movimiento de la bala que dispara.



4. Si una persona sujeta firmemente un arma al disparar, la cantidad de movimiento de la bala es igual a la cantidad de movimiento de retroceso del (arma sola) (sistema de arma-hombre) (sólo del hombre).

5. Imagina que vas en un autobús, a toda rapidez, en un bello día de verano, y que de repente la cantidad de movimiento de un molesto insecto cambia súbitamente al incrustarse en el parabrisas.

- a. En comparación con la fuerza que actúa sobre el insecto, ¿cuánta fuerza actúa sobre el autobús?

(mayor) (igual) (menor)

- b. El tiempo de impacto es igual para el insecto y el autobús. El impulso sobre el insecto, en comparación con el impulso sobre el autobús es

(mayor) (igual) (menor).

- c. Aunque la cantidad de movimiento del autobús es muy grande en comparación con la del insecto, el cambio de cantidad de movimiento del autobús, en comparación con el cambio de cantidad de movimiento del insecto es

(mayor) (igual) (menor).

- d. ¿Cuál tiene la mayor aceleración?

(autobús) (los dos igual) (insecto)

- e. En consecuencia, ¿cuál sufre el mayor daño?

(autobús) (los dos igual) (¡naturalmente que el insecto!)

iHewitt
lo dibujó!

Física

CONCEPTUAL

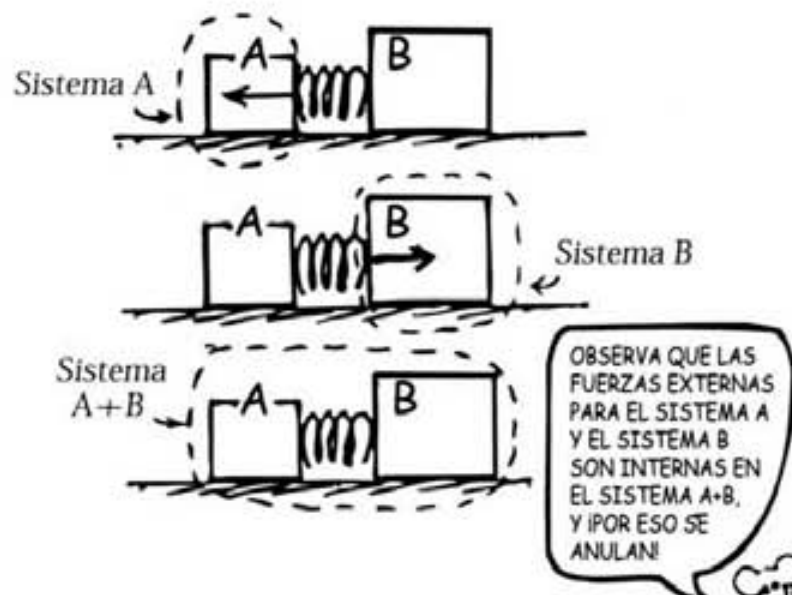
PÁGINA DE PRÁCTICA

Sistemas



1. Cuando se suelta el resorte comprimido, los bloques A y B se apartan. Aquí hay que examinar 3 sistemas, que se indican con las líneas punteadas cerradas: el sistema A, el sistema B y el sistema A + B. No tengas en cuenta las fuerzas verticales de gravedad y de soporte de la mesa.

- ¿Actúa una fuerza externa sobre el sistema A? (sí) (no) .
¿Cambiará la cantidad de movimiento del sistema A? (sí) (no)
- ¿Actúa una fuerza externa sobre el sistema B? (sí) (no)
¿Cambiará la cantidad de movimiento del sistema B? (sí) (no)
- ¿Actúa una fuerza externa sobre el sistema A + B?
(sí) (no)
¿Cambiará la cantidad de movimiento del sistema A + B? (sí) (no)



2. La bola de billar A choca con la bola de billar B, que está en reposo. Aísla cada sistema con una línea punteada cerrada. Sólo traza los vectores fuerza externa que actúan sobre cada sistema.



Sistema A

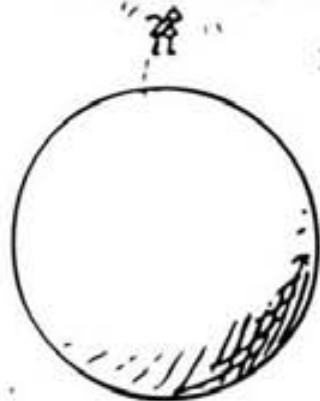


Sistema B



Sistema A+B

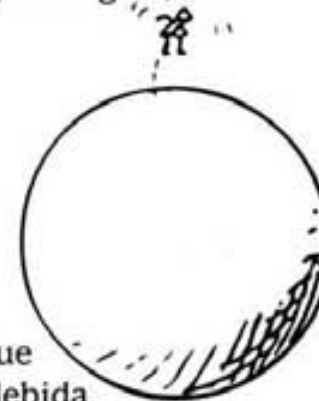
- Al chocar, la cantidad de movimiento del sistema A (aumenta) (disminuye) (queda igual).
- Al chocar, la cantidad de movimiento del sistema B (aumenta) (disminuye) (queda igual).
- Al chocar, la cantidad de movimiento del sistema A + B (aumenta) (disminuye) (queda igual).



3. Una niña salta hacia arriba. En el esquema de la izquierda traza una línea punteada cerrada que indique el sistema de la niña.

- ¿Hay alguna fuerza externa que actúe sobre ella? (sí) (no)
¿Cambia su cantidad de movimiento? (sí) (no)
¿Se conserva la cantidad de movimiento de la niña? (sí) (no)

- En el esquema de la derecha, traza una línea punteada cerrada que indique el sistema [niña + Tierra]. ¿Hay alguna fuerza externa, debida a la interacción entre la niña y la Tierra, que actúe sobre el sistema? (sí) (no)
¿Se conserva la cantidad de movimiento del sistema? (sí) (no)



4. Un bloque choca con una bola de jalea. Aísla 3 sistemas con sendas líneas punteadas cerradas y muestra la fuerza externa en cada uno. ¿En cuál sistema se conserva la cantidad de movimiento?



5. Un camión choca con una pared. Aísla 3 sistemas, con sendas líneas punteadas cerradas e indica la fuerza externa en cada uno. ¿En cuál sistema se conserva la cantidad de movimiento?



Gracias a Cedric Linder

iHewitt
lo dibujó!

Nombre _____ Fecha _____

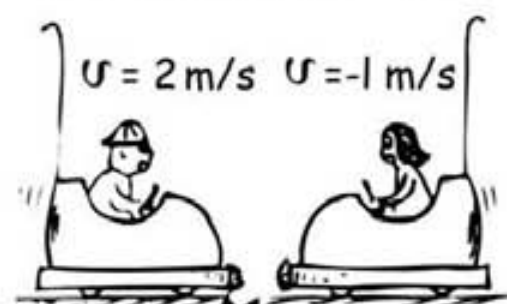
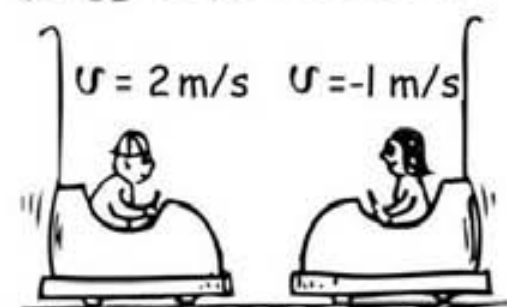
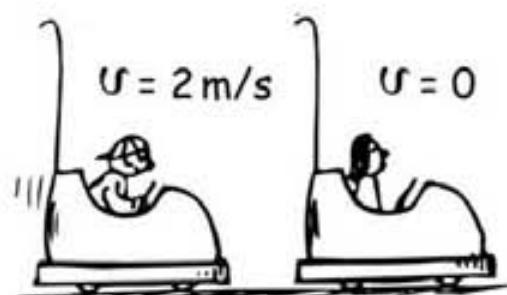
Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

Capítulo 6 Cantidad de movimiento
Conservación de la cantidad de movimiento

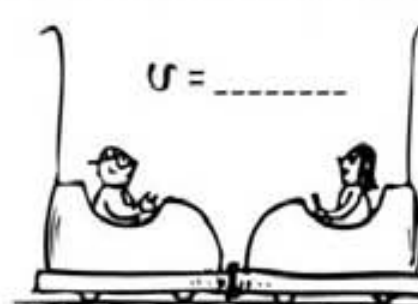
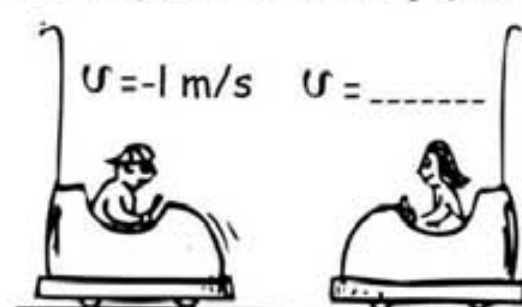
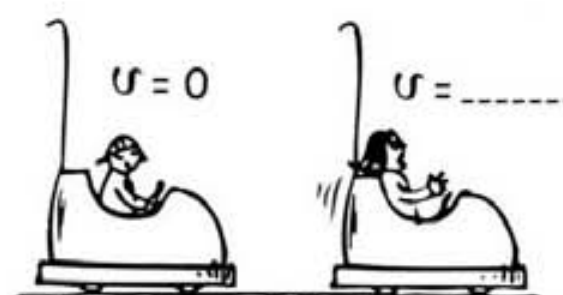
En el texto se explica la conservación de la cantidad de movimiento en pelotas que chocan, furgones y peces. Aquí examinaremos más choques. En la tabla de abajo anota los valores numéricos de la cantidad total de movimiento antes y después de los choques de los sistemas de dos cuerpos. También llena los espacios en la velocidad.

1. Los carros chocones son divertidos. Supón que cada carro con su ocupante tiene una masa de 200 k.



Defensa pegajosa

Cantidad de movimiento del sistema de dos coches	
ANTES	DESPUÉS



¡Esta vez se quedan pegados!

2. La abuela va como bolido y de repente llega con Ambrosio, que está en reposo y colocado directamente en el camino de ella. Más que chocar y tumbarlo, lo carga y continúa moviéndose sin "frenar".

DATOS

Masa de la abuela: 50 kg

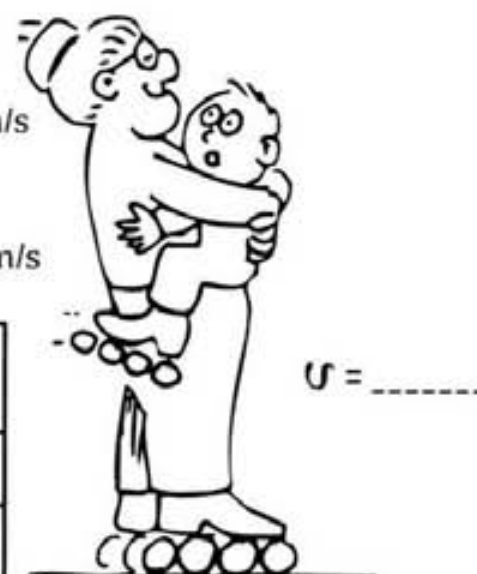
Rapidez inicial de la abuela: 3 m/s

Masa de Ambrosio: 25 kg

Rapidez inicial de Ambrosio: 0 m/s



Cantidad de movimiento del sistema abuela-Ambrosio	
ANTES	DESPUÉS

iHewitt
lo dibujó!

Nombre _____ Fecha _____

Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

Capítulo 7 Energía
Trabajo y energía

1. ¿Cuánto trabajo (energía) se necesita para subir un objeto que pesa 200 N a una altura de 4 m?

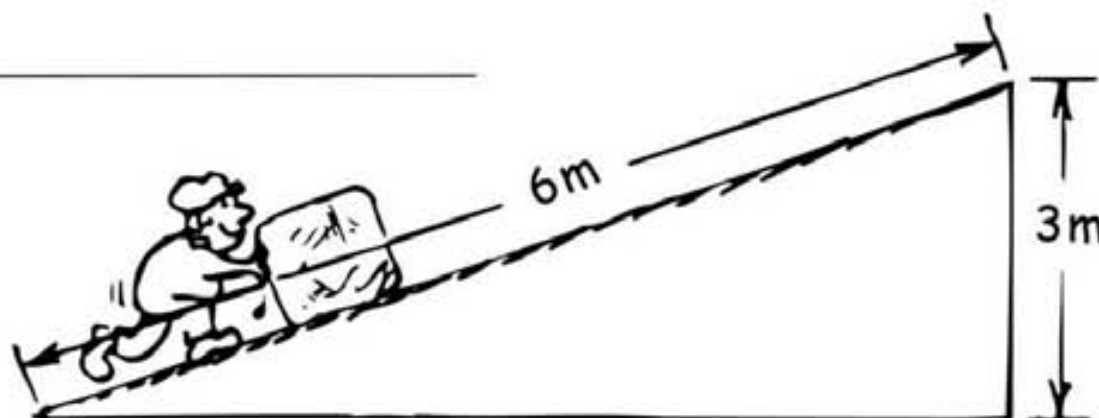
2. ¿Cuánta potencia se necesita para subir el objeto de 200 N a la altura de 4 m en 4 s?

3. ¿Cuál es la potencia de un motor que hace 60 000 J de trabajo en 10 s?

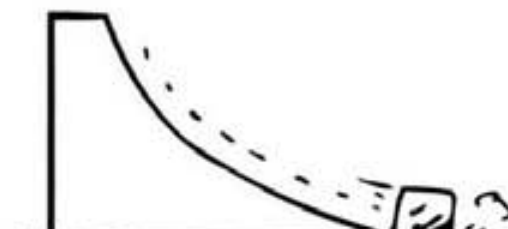
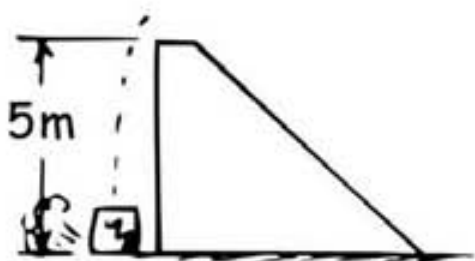
4. El bloque de hielo pesa 500 newton.

a. ¿Cuánta fuerza se necesita para empujarlo cuesta arriba por la rampa (sin tener en cuenta la fricción)?

b. ¿Cuánto trabajo se requiere para empujarlo cuesta arriba por la rampa, en comparación con subirlo verticalmente 3 m?



5. Todas las rampas tienen 5 m de alto. Se sabe que la EC del bloque en el piso será igual a la pérdida de EP (conservación de la energía). Calcula la rapidez del bloque cuando llega al piso en cada caso. [Sugerencia: ¿recuerdas, en los capítulos anteriores cuánto tarda algo en caer 5 m de distancia vertical desde una posición de reposo (suponiendo que $g = 10 \text{ m/s}^2$)? ¿Y cuánto aumenta la rapidez de un objeto que cae durante este tiempo? Eso da la respuesta en el caso 1. Platica con tus compañeros sobre cómo la conservación de la energía da las respuestas en los casos 2 y 3.]

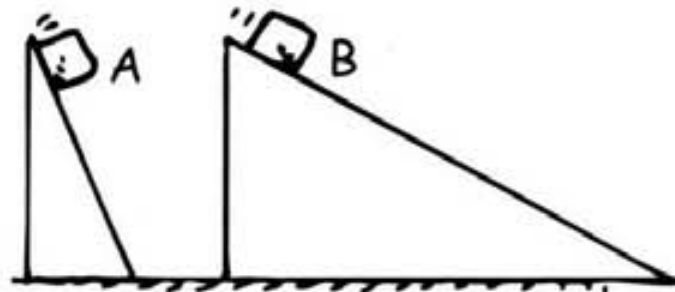


Caso 1: Rapidez = _____ m/s Caso 2: Rapidez = _____ m/s Caso 3: Rapidez = _____ m/s

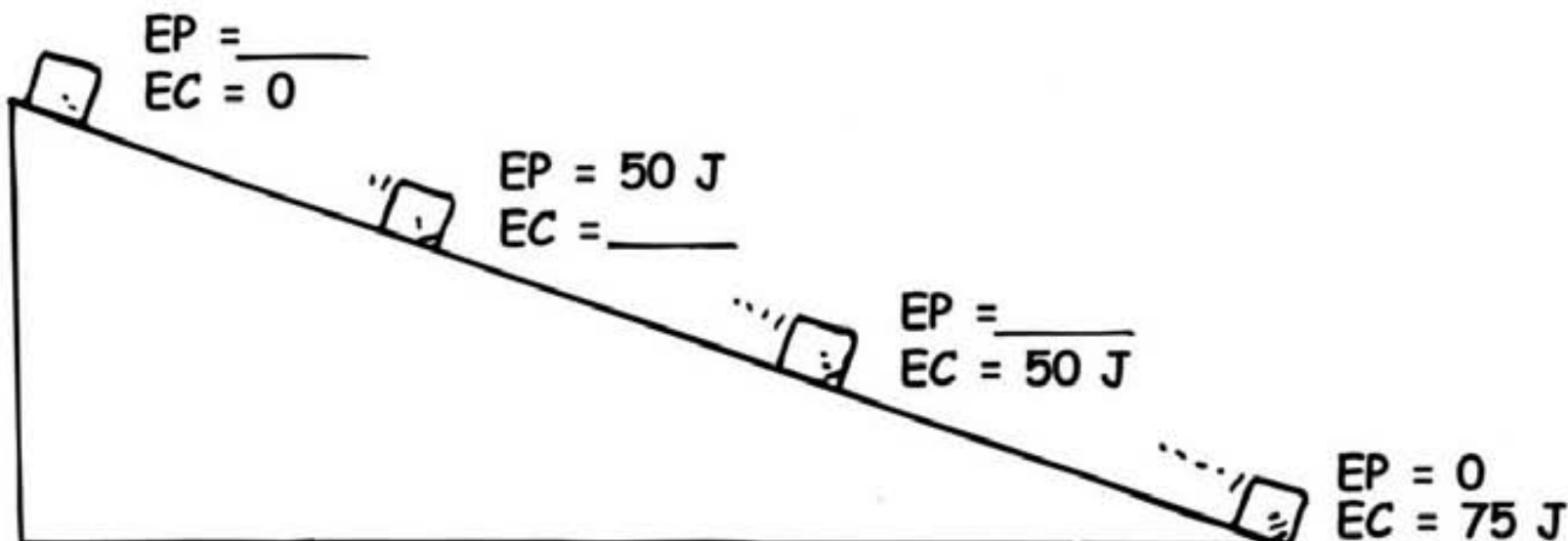
Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

6. ¿Cuál bloque llega primero al pie de la rampa? Imagina que no hay fricción (¡cuidado!). Explica tu respuesta.



7. La EC y la EP de un bloque que resbala libremente por una rampa se indican en un solo lugar del esquema. Escribe los valores que faltan.



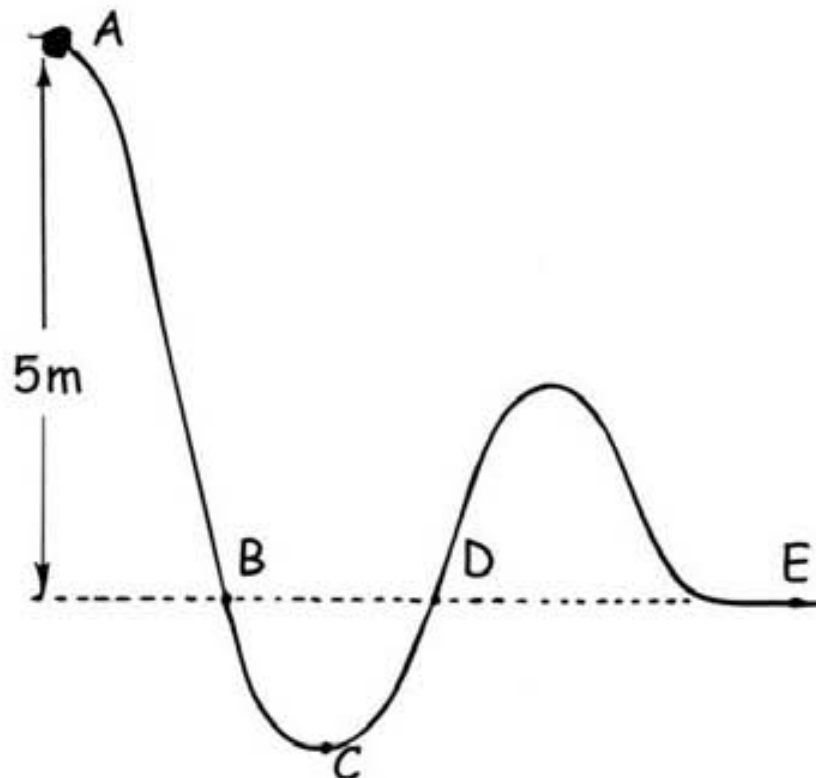
8. Una gran bola de metal resbala por gravedad por un alambre sin fricción. Parte del reposo en la parte superior del alambre, como se ve en el esquema. ¿Con qué rapidez avanza al pasar por

El punto B? _____

El punto D? _____

El punto E? _____

¿En qué punto tiene la rapidez máxima? _____



9. En diversos lugares ventosos se usan conjuntos de generadores eólicos, para generar energía eléctrica. La energía generada ¿afecta la rapidez del viento? Los lugares atrás de los "molinos de viento" ¿serían más ventosos si los molinos no estuvieran? Comenta esto con tus compañeros, en términos de conservación de la energía.

Hewitt
lo dibujó!

Nombre _____ Fecha _____

Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

Capítulo 7 Energía Conservación de la energía

1. Llena los espacios en blanco para los seis sistemas que se muestran.

$v = 30 \text{ km/h}$
 $EC = 10^6 \text{ J}$



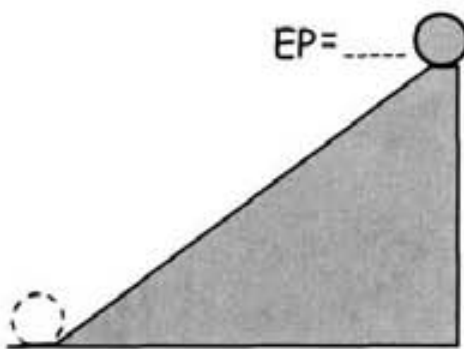
$v = 60 \text{ km/h}$
 $EC = \dots\dots\dots$



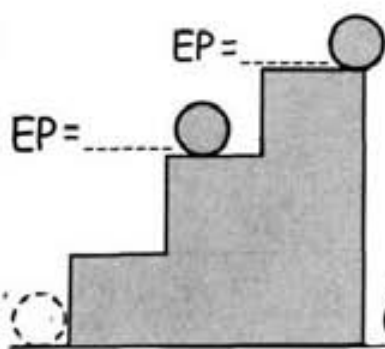
$v = 90 \text{ km/h}$
 $EC = \dots\dots\dots$



$EP = 30 \text{ J}$
 $EP = 0$



$EP = \dots\dots\dots$



$EP = \dots\dots\dots$

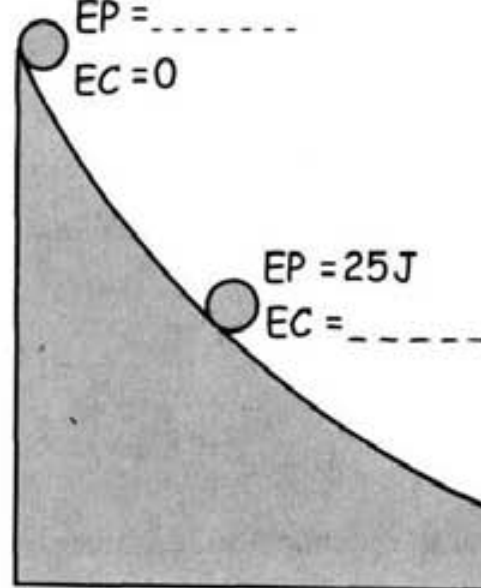
$EP = \dots\dots\dots$

$EC = \dots\dots\dots$



Trabajo efectuado = _____

$EP = \dots\dots\dots$
 $EC = 0$

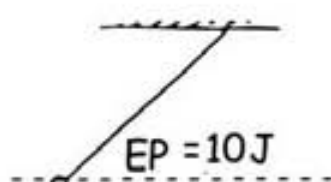


$EP = 25 \text{ J}$

$EC = \dots\dots\dots$

$EP = 0$
 $EC = 50 \text{ J}$

$EP = 10 \text{ J}$
 $EC = 0$



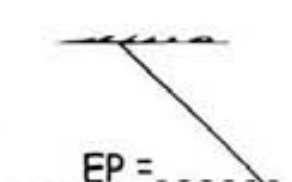
$EP = 2 \text{ J}$
 $EC = \dots\dots\dots$



$EP = 0$
 $EC = \dots\dots\dots$



$EP = \dots\dots\dots$
 $EC = \dots\dots\dots$



$EP = 15000 \text{ J}$
 $EC = 0$



$EP = 11250 \text{ J}$
 $EC = \dots\dots\dots$



$EP = 7500 \text{ J}$
 $EC = \dots\dots\dots$



$EP = 3750 \text{ J}$
 $EC = \dots\dots\dots$



$EP = 0 \text{ J}$
 $EC = \dots\dots\dots$

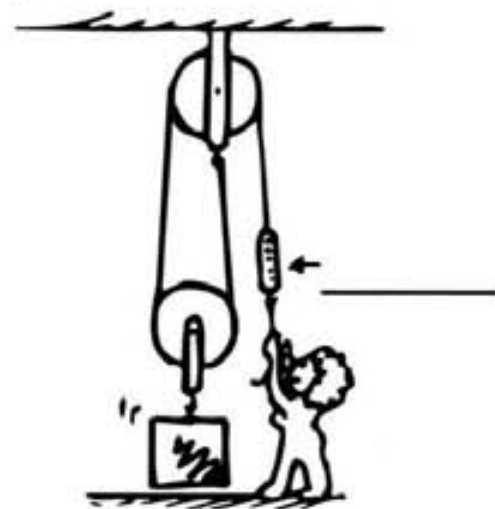
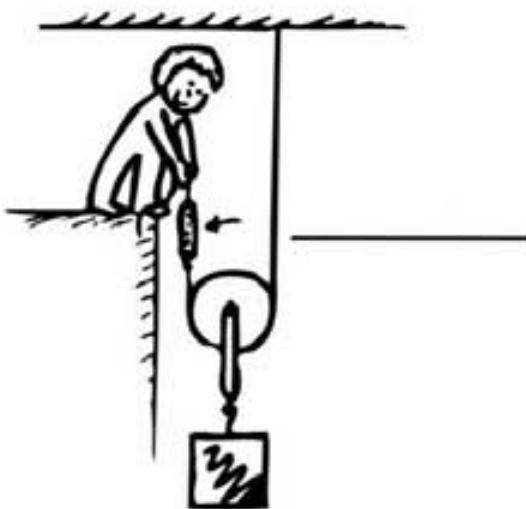
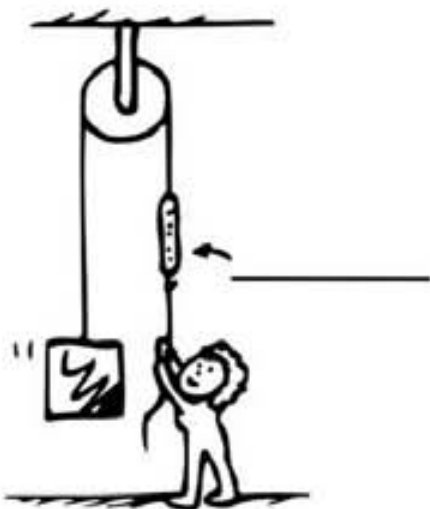


iHewitt
lo dibujó!

Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

2. La mujer sostiene una carga de 100 N con los sistemas de poleas sin fricción que se ven a continuación. Escribe las indicaciones de la báscula, para saber cuánta fuerza debe ejercer.



3. Un bloque de 600 N es subido con el sistema de poleas sin fricción que se ve en la figura.

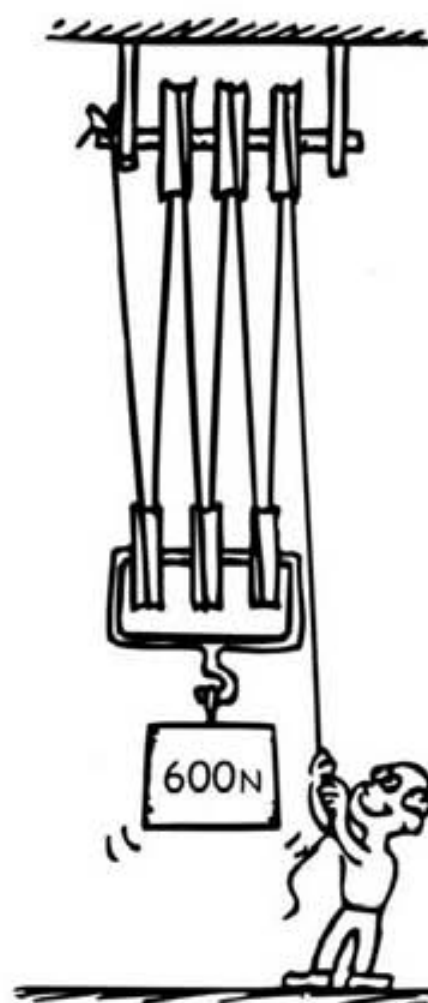
a. ¿Cuántos tramos de cuerda sostienen al peso de 600 N?

b. ¿Cuál es la tensión en cada tramo?

c. ¿Cuál es la tensión en el extremo que sostiene el señor?

d. Si el señor baja 60 cm su extremo, ¿cuántos centímetros subirá el peso?

e. Si el hombre efectúa 60 joules de trabajo, ¿cuál será el aumento de EP del peso de 600 N?



4. ¿Por qué las pelotas no rebotan tanto en el segundo rebote como en el primero?

¿PUEDES VER CÓMO LA CONSERVACIÓN DE LA ENERGÍA SE APLICA A TODOS LOS CAMBIOS EN LA NATURALEZA?



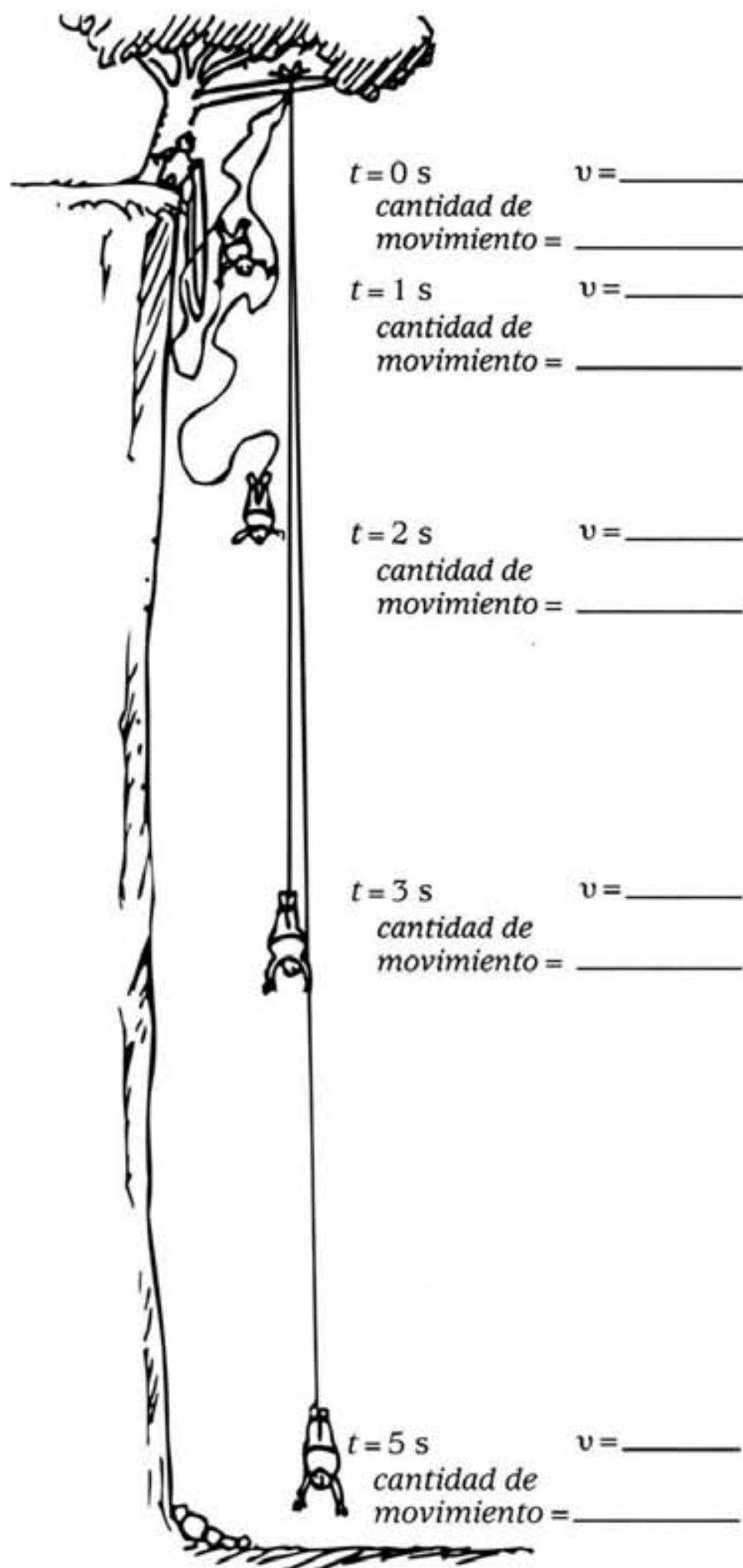
*Hewitt
lo dibujó!*

Nombre _____

Fecha _____

Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

Capítulo 7 Energía**Cantidad de movimiento y energía**

a. Bronco Brown quiere probar $Ft = \Delta mv$ con el salto de bungee. Se deja caer desde un acantilado alto y tiene caída libre durante 3 segundos. Entonces la cuerda del bungee comienza a estirarse y reduce su rapidez a cero en 2 segundos. Por fortuna, la cuerda se estira hasta lo máximo a muy corta distancia del suelo.

b. Llena los espacios con las respuestas. La masa de Bronco es 100 kg. La aceleración de la caída libre es 10 m/s^2 .

c. Expresa los valores en unidades SI (*distancia en m, velocidad en m/s, cantidad de movimiento en kg-m/s, impulso en N-s y desaceleración en m/s^2*).

d. La distancia en caída libre de Bronco durante 3 s justo antes de que la cuerda del bungee comience a estirarse

= $\underline{\hspace{2cm}}$

e. Δmv durante el intervalo de 3 s de caída libre

= $\underline{\hspace{2cm}}$

f. Δmv durante el intervalo de 2 s de desaceleración

= $\underline{\hspace{2cm}}$

g. El *impulso* durante el intervalo de 2 s de desaceleración = $\underline{\hspace{2cm}}$

h. La *fuerza promedio* que ejerce la cuerda durante el intervalo de 2 s de la desaceleración

= $\underline{\hspace{2cm}}$

i. ¿Y el *trabajo* y la *energía*? ¿Cuánta EC tiene Bronco 3 s después de haber saltado?

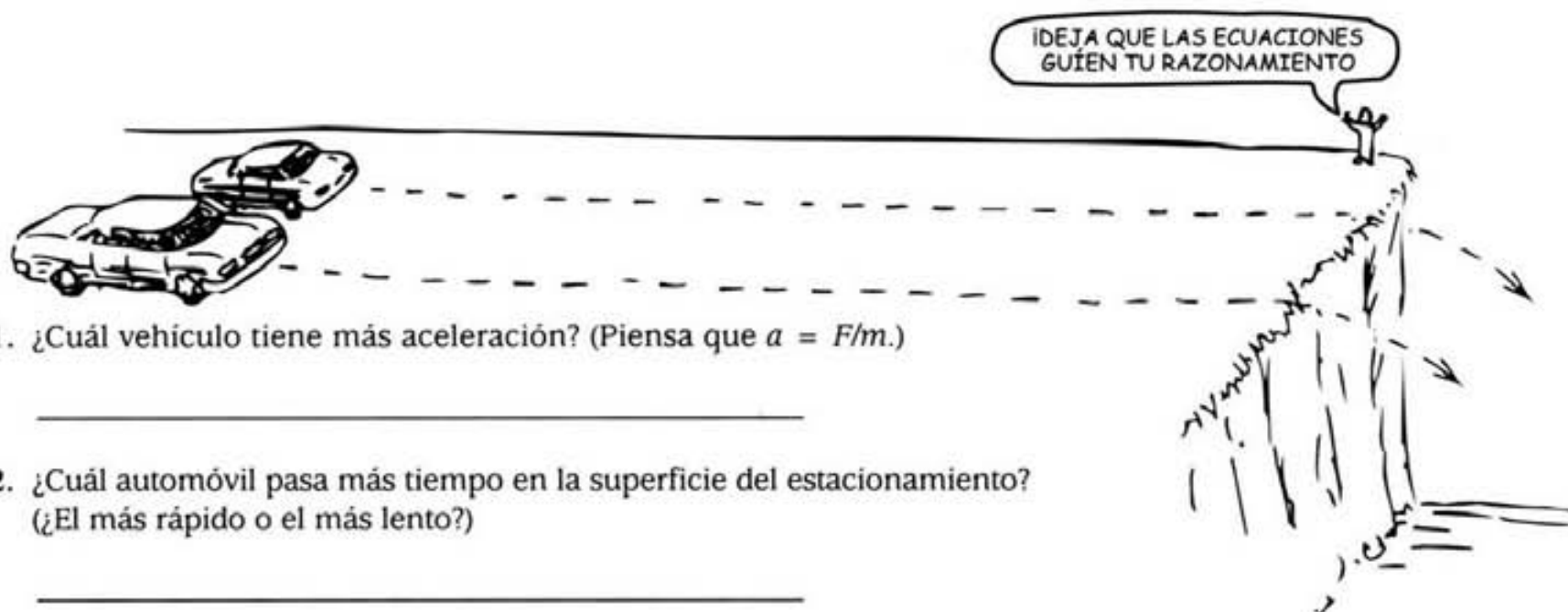
= $\underline{\hspace{2cm}}$

j. ¿Cuánto disminuye la EP gravitacional durante esos 3 s? $\underline{\hspace{2cm}}$

k. ¿Cuáles son las dos clases de EP que están cambiando durante el intervalo de desaceleración?

Energía y cantidad de movimiento

Un automóvil compacto y uno grande están inicialmente en reposo en un estacionamiento cerca del borde de un precipicio. Para simplificar, supondremos que el automóvil grande tiene dos veces la masa que el pequeño. A cada vehículo se le aplican fuerzas constantes iguales, y aceleran en distancias iguales (no tener en cuenta los efectos de la fricción). Cuando llegan al extremo del estacionamiento, de repente se quita la fuerza, y en adelante van por el aire y llegan al suelo. (Antes que nada, los automóviles son chatarra y ¡este es un experimento científico!)



1. ¿Cuál vehículo tiene más aceleración? (Piensa que $a = F/m$.)

2. ¿Cuál automóvil pasa más tiempo en la superficie del estacionamiento? (¿El más rápido o el más lento?)

3. ¿Cuál vehículo recibe mayor impulso impartido por la fuerza aplicada? (Recuerda que impulso = Ft .)
Defiende tu respuesta.

4. ¿Cuál vehículo tiene mayor cantidad de movimiento en el borde del precipicio? (Piensa en que $Ft = \Delta mv$.)
Defiende tu respuesta.

5. ¿Sobre cuál automóvil efectúa más trabajo la fuerza aplicada? (Piensa en que $W = Fd$.)
Defiende tu respuesta en términos de la distancia recorrida.

6. ¿Cuál vehículo tiene mayor energía cinética en el borde del precipicio? (Piensa en que $W = \Delta EC$.)
Tu respuesta ¿es consecuencia de tu explicación del punto 5?
¿Contradice tu respuesta al punto 3? ¿Por qué?

7. ¿Cuál vehículo pasa más tiempo en el aire, desde el borde del acantilado hasta llegar al suelo?

8. ¿Cuál vehículo llega al suelo más lejos, horizontalmente, del borde del acantilado?

IMPULSO = Δ CANTIDAD DE MOVIMIENTO
 $Ft = \Delta mv$

TRABAJO = $Fd = \Delta EC = \Delta \frac{1}{2} mv^2$



DISTINGUIR ENTRE CANTIDAD DE MOVIMIENTO Y ENERGÍA CINÉTICA, ES FÍSICA DE ALTO NIVEL



Desafío: Imagina que el vehículo más lento cae a una distancia horizontal de 10 m del borde. Entonces ¿a qué distancia horizontal cae el vehículo más rápido?

Nombre _____

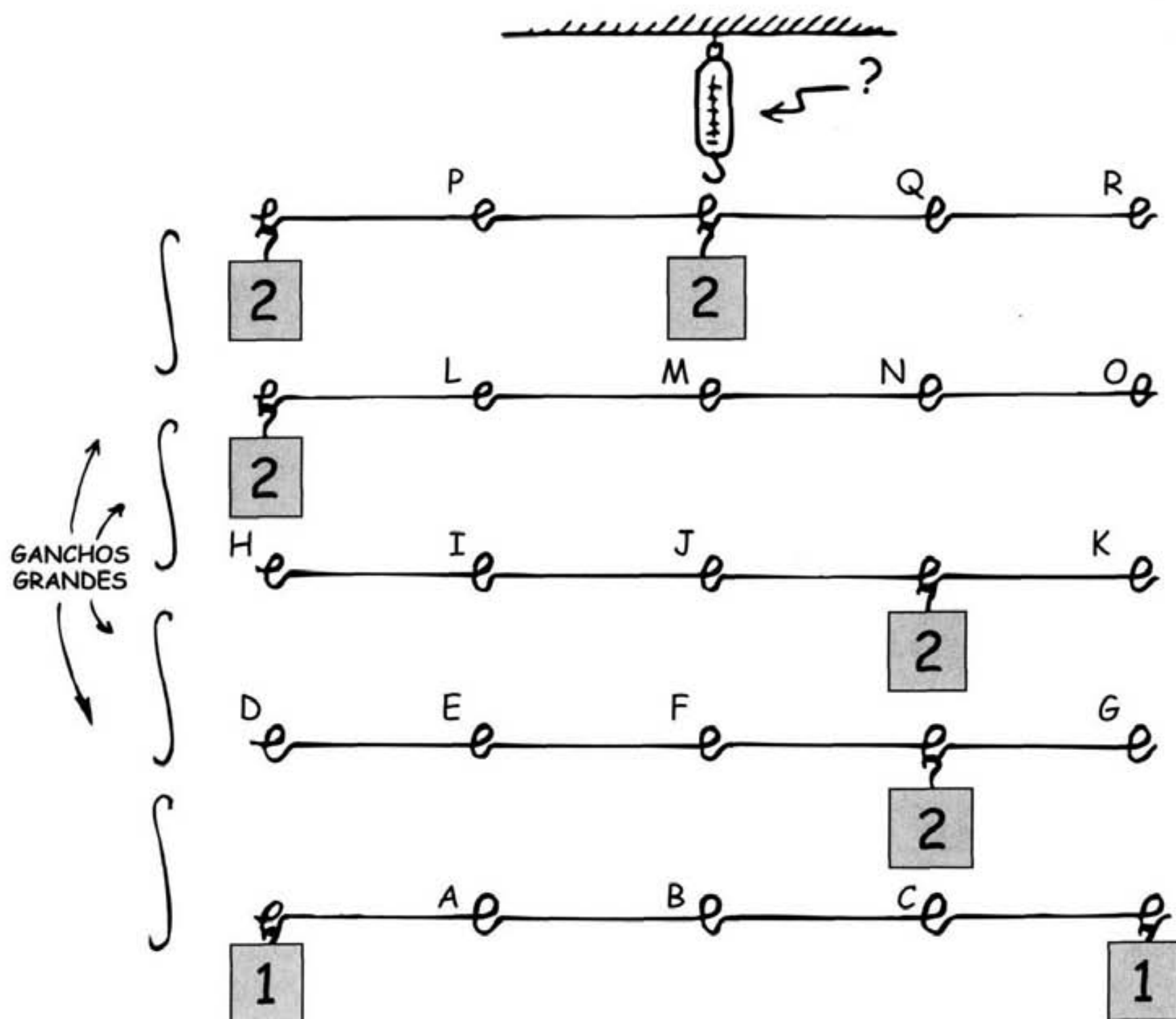
Fecha _____

Física CONCEPTUAL

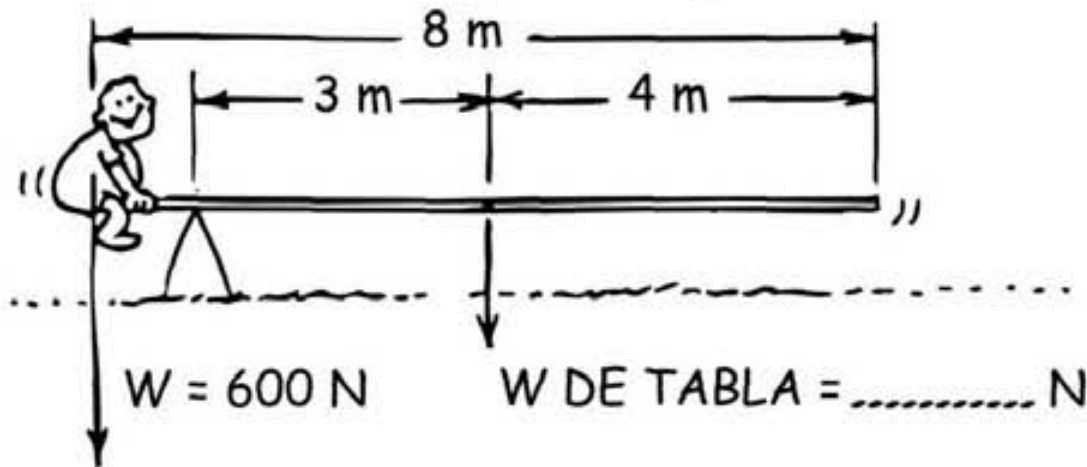
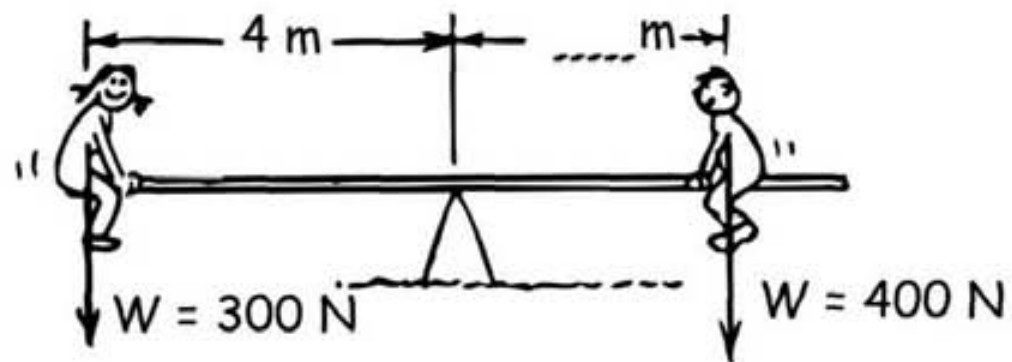
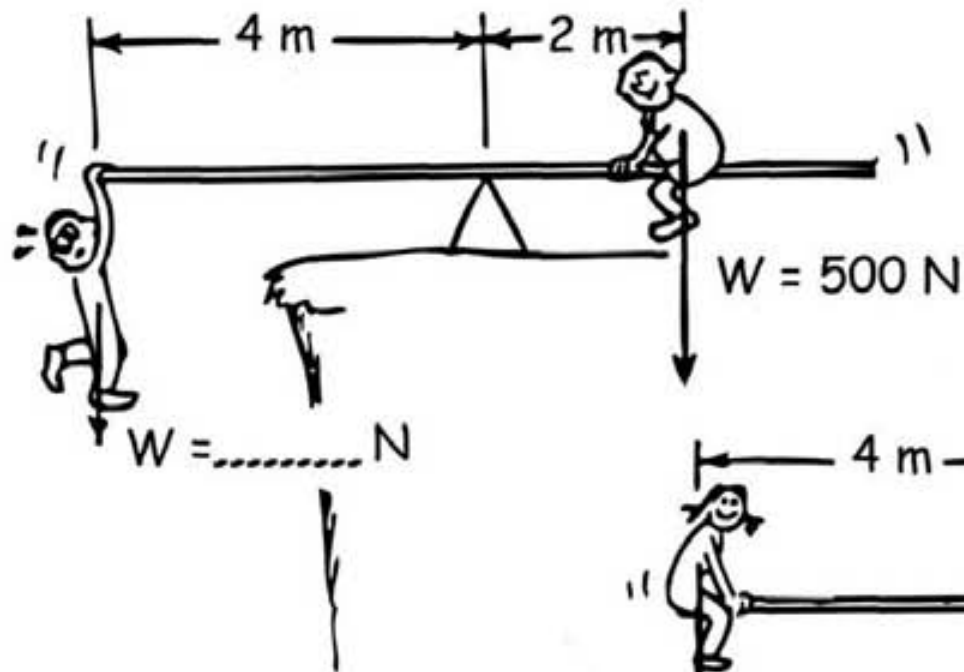
PÁGINA DE PRÁCTICA

Capítulo 8 Movimiento rotacional
Momentos de torsión (torcas)

1. Aplica lo que sepas acerca de torcas, haciendo un móvil. Abajo se ven cinco brazos horizontales con masas fijas de 1 y 2 kg, y cuatro ganchos grandes con extremos que entran en las espiras de los brazos, con letras A a R. Debes imaginarte de cuál espira debes colgar el brazo para que cuando todo el sistema esté colgado de la báscula romana, quede como un móvil, con los brazos horizontales. Esto se hace mejor yendo de abajo para arriba. Pon círculos en las espiras donde deben fijarse los ganchos. Cuando el móvil esté terminado, ¿cuántos kilogramos indicará la báscula? (Imagina que los brazos horizontales y los ganchos grandes no tienen masa, en comparación con las masas de 1 y 2 kg.) En una hoja de papel, aparte, haz un diagrama de tu móvil terminado.

iHewitt
lo dibujó!

2. Completa los datos en los tres sube y baja que están en equilibrio.



3. La escoba está en equilibrio en su CG. Si cortas la escoba en el CG y pesas cada parte de ella, ¿cuál extremo pesará más?



4. Explica por qué cada extremo tiene (o no tiene) el mismo peso. (Sugerencia: compara esto con uno de los sistemas de sube y baja de arriba.)

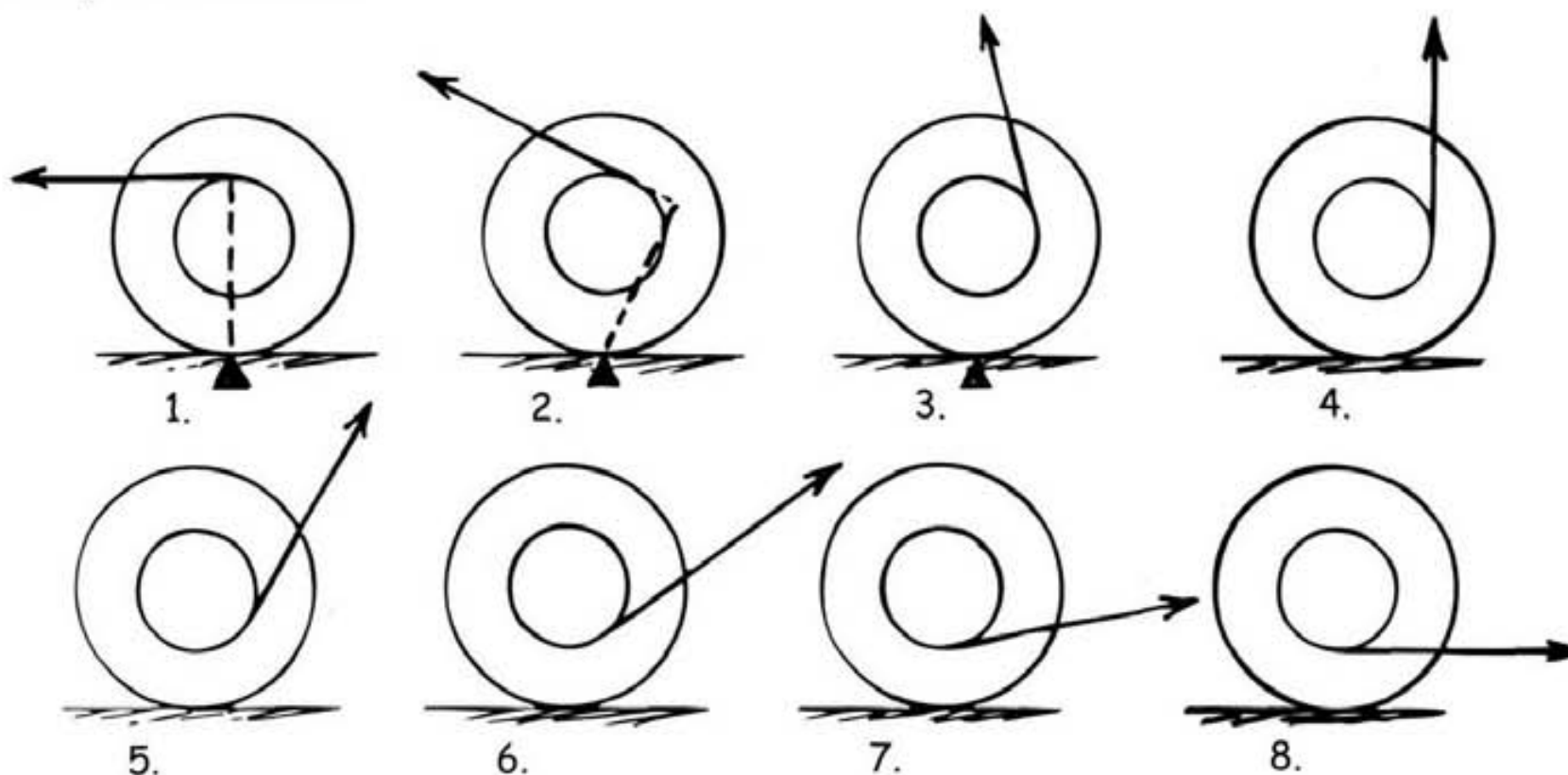
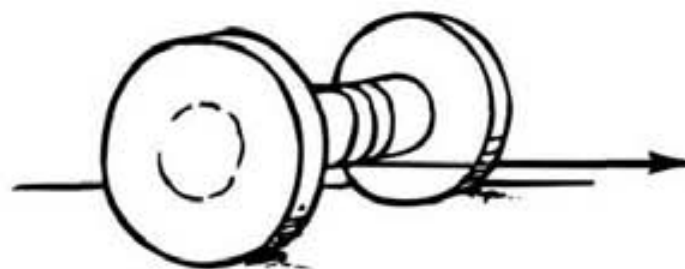
Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

Capítulo 8 Movimiento rotacional
Momento de torsión (torcas) y rotación

1. Tira del hilo suavemente, y el carrete rueda. La dirección de rodadura depende de la forma en que se aplique la torca.

En (1) y (2) abajo, la fuerza y el brazo de palanca se indican para la torca respecto al punto donde se tocan las superficies (indicado con el "punto de apoyo" triangular). El brazo de palanca es la línea interrumpida, distinta para cada posición del tirón.

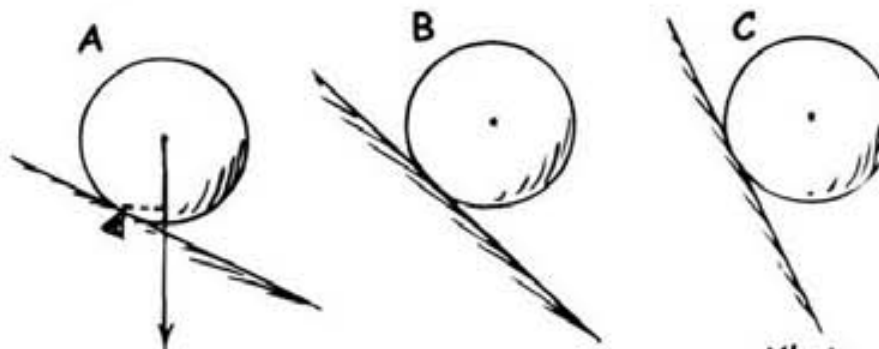


- Traza el brazo de palanca para las demás posiciones.
- El brazo de palanca es mayor cuando el hilo está (arriba) (abajo) del eje del carrete.
- Para determinado tirón, el momento de torsión (torca) es mayor cuando el hilo está (arriba) (abajo).
- Para el mismo tirón, la aceleración rotacional es mayor cuando el hilo está (arriba) (abajo) (no hay diferencia).
- ¿En qué posiciones rueda el carrete hacia la izquierda? _____
- ¿En qué posiciones rueda el carrete hacia la derecha? _____
- ¿En qué posición no rueda el carrete? _____
- ¿Por qué el carrete se desliza y no rueda en esta posición? _____

Asegúrate de que el ángulo sea recto entre la línea de acción de la fuerza y el brazo de palanca

2. Todos sabemos que una pelota rueda hacia abajo por un plano inclinado. Pero son relativamente pocas las personas que saben que la razón por la que la pelota aumenta la rapidez de su rotación es porque hay torca. En el esquema A se ven los ingredientes de la torca actuando sobre la pelota: la fuerza de la gravedad y el brazo de palanca, respecto al punto donde las superficies se tocan.

- Traza los brazos de palanca para las posiciones B y C.
- A medida que el plano inclinado tiene más pendiente, el momento de torsión (torca) (aumenta) (disminuye).



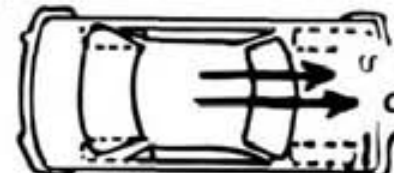
iHewitt lo dibujó!

Aceleración y movimiento circular

La segunda ley de Newton, $a = F/m$ indica que la fuerza neta y su aceleración correspondiente siempre tienen la misma dirección. (Tanto la fuerza como la aceleración son cantidades vectoriales.) Pero la fuerza y la aceleración no siempre tienen la misma dirección de la velocidad (que es otro vector).

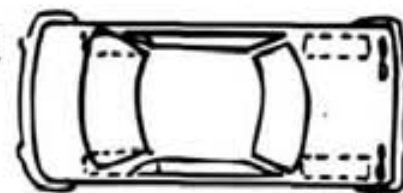
1. Te encuentras en un automóvil frente a un semáforo. Se enciende la luz verde y el conductor "oprime el acelerador".
 - a. Tu cuerpo se inclina (hacia adelante) (nada) (hacia atrás).
 - b. El vehículo acelera (hacia adelante) (nada) (hacia atrás).
 - c. La fuerza sobre el vehículo actúa (hacia adelante) (nada) (hacia atrás).

El esquema muestra la vista superior del vehículo. Observa las direcciones de los vectores velocidad y aceleración.



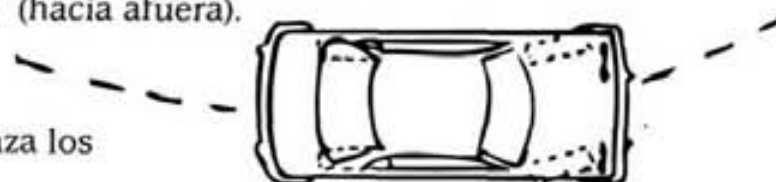
2. Estás al volante y llegas a un semáforo en alto. Pisas el freno.
 - a. Tu cuerpo se inclina (hacia adelante) (nada) (hacia atrás).
 - b. El vehículo acelera (hacia adelante) (nada) (hacia atrás).
 - c. La fuerza sobre el vehículo actúa (hacia adelante) (nada) (hacia atrás).

El esquema muestra la vista superior del vehículo. Traza los vectores velocidad y aceleración.

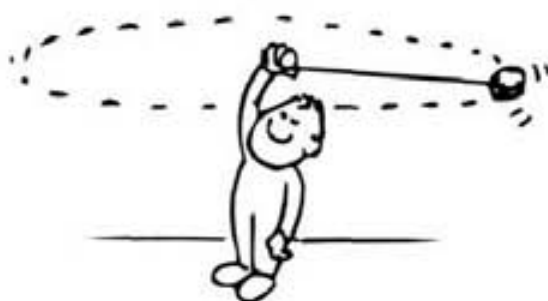


3. Continúas manejando y tomas una curva cerrada hacia la izquierda, con rapidez constante.
 - a. Tu cuerpo se inclina (hacia dentro) (nada) (hacia afuera).
 - b. La dirección de la aceleración del vehículo es (hacia dentro) (ninguna) (hacia afuera).
 - c. La fuerza sobre el vehículo actúa (hacia dentro) (nada) (hacia afuera).

El esquema muestra la vista superior del vehículo. Traza los vectores velocidad y aceleración.



4. En general, las direcciones de inclinación y aceleración, y en consecuencia las direcciones de inclinación y fuerza son (iguales) (no se relacionan) (opuestas).



5. La dirección de movimiento de la piedra que da vueltas siempre cambia.
 - a. Si se mueve con más rapidez, su dirección cambia (más rápido) (más lento).
 - b. Esto indica que cuando aumenta la rapidez, la aceleración (aumenta) (disminuye) (permanece igual).

6. Imagina dar vueltas a la piedra con un cordón más corto, esto es, con radio más pequeño.
 - a. Para determinada rapidez, la razón con que cambia la dirección de la piedra es (menor) (mayor) (igual).
 - b. Esto indica que cuando disminuye el radio, la aceleración (aumenta) (disminuye) (queda igual).

Gracias a Jim Harper

*i Hewitt
lo dibujó!*

Nombre _____

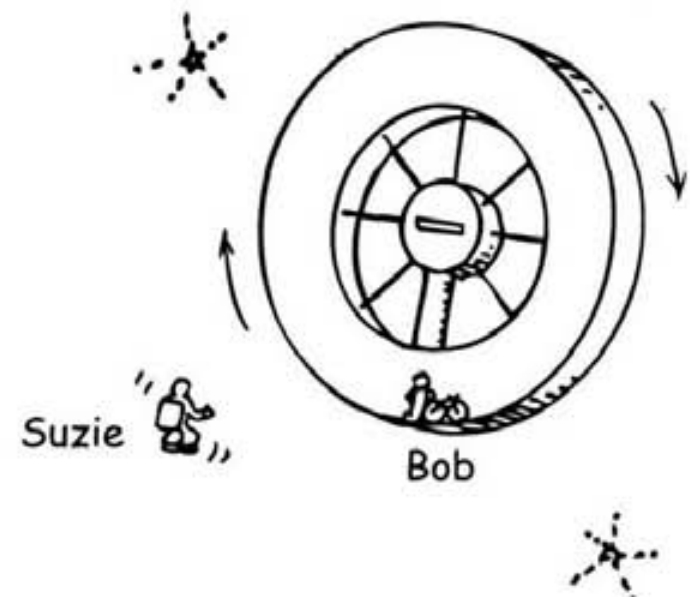
Fecha _____

Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

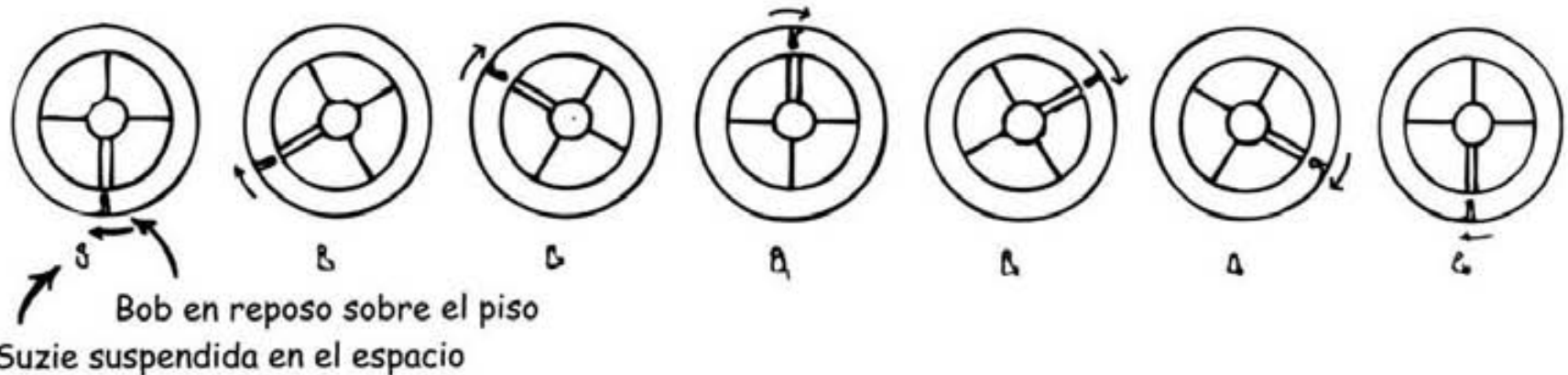
Capítulo 8 Movimiento rotacional**Gravedad simulada y marcos de referencia**

Suzie Spacewalker y Bob Biker están en el espacio exterior. En un hábitat giratorio, donde la fuerza centrífuga sobre los pies es una fuerza normal de apoyo que se siente como peso, Bob siente la gravedad normal de la Tierra. Suzie está suspendida afuera, en un estado de ingravidez, inmóvil en relación con las estrellas y con el centro de masa del hábitat.

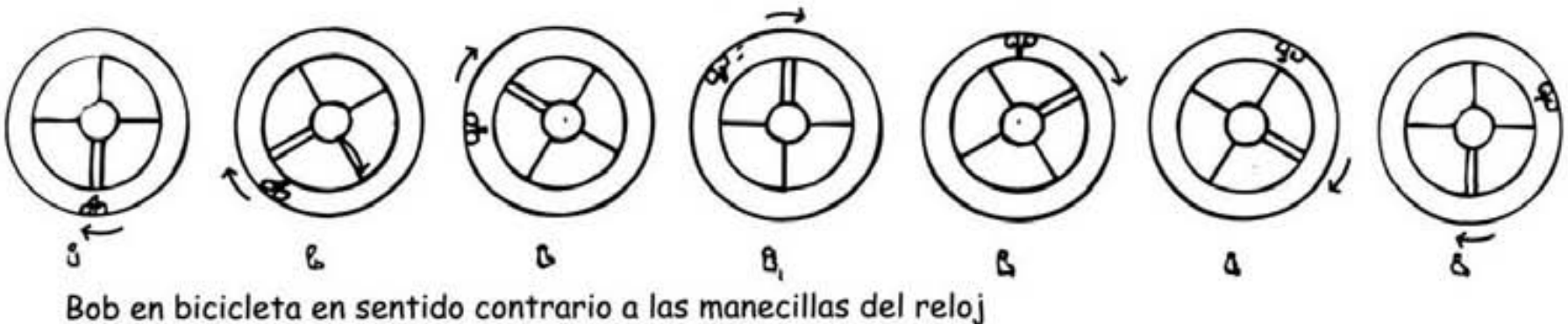


1. Suzie ve que Bob está girando en el sentido de las manecillas del reloj, en trayectoria circular y a una rapidez lineal de 30 km/h. Suzie y Bob están de frente entre sí, y desde el punto de vista de Bob, él está en reposo y ve que ella se mueve

(en sentido de las manecillas del reloj) (en sentido contrario al de las manecillas del reloj).



2. El hábitat giratorio le parece a Bob como su hogar, hasta que monta en su bicicleta. Al avanzar en sentido contrario al de rotación del hábitat, Suzie lo ve que se mueve (más rápido) (más lento).

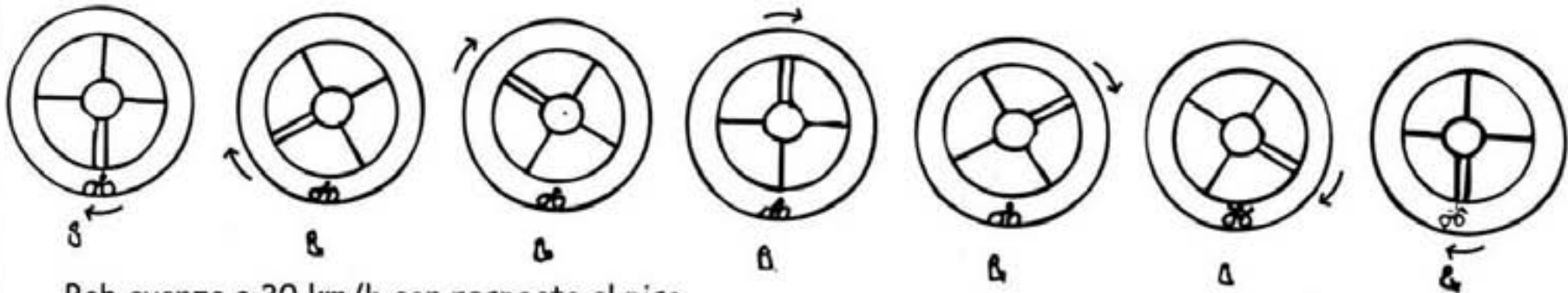


3. Al aumentar la indicación del "velocímetro" de su bicicleta, la rapidez de rotación de Bob (disminuye) (queda igual) (aumenta) y la fuerza normal que se siente como peso (disminuye) (queda igual) (aumenta). Entonces, la fricción entre los neumáticos y el piso (disminuye) (queda igual) (aumenta).
4. Sin embargo, cuando Bob aumenta su rapidez hasta 30 km/h, según el velocímetro de su bicicleta, Suzie lo ve que (se mueve a 30 km/h) (está inmóvil) (se mueve a 60 km/h).



Gracias a Bob Becker

iHewitt
lo dibujó!

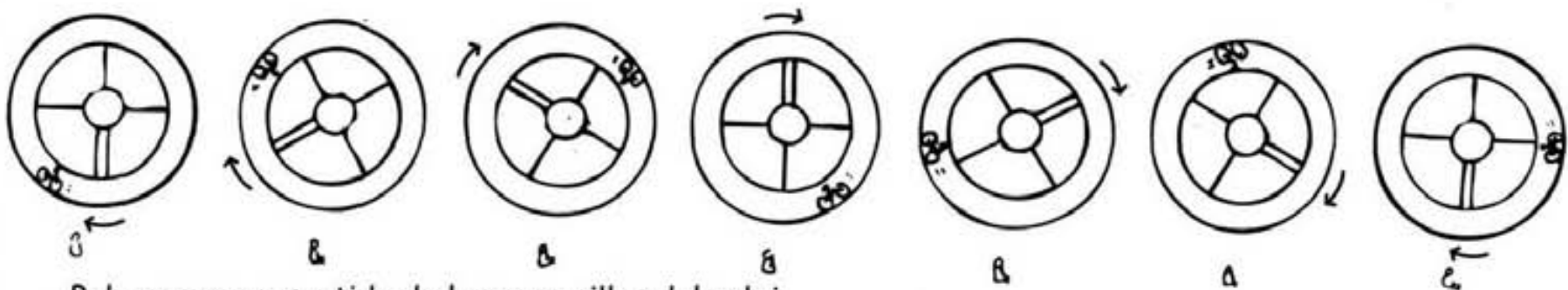


Bob avanza a 30 km/h con respecto al piso

5. Al despegarse un poco del piso mientras conduce a 30 km/h, y sin tener en cuenta los efectos del viento, Bob
 (se desplaza hacia el techo, flotando, mientras el piso corre bajo él a 30 km/h)
 (cae como lo haría en la Tierra)
 (choca con el piso con mayor fuerza)
 y se encuentra
 (en el mismo marco de referencia que Suzie)
 (como si avanzara sobre la superficie terrestre a 30 km/h)
 (presionado más contra el asiento de su bicicleta).

6. Bob maniobra de regreso a su estado inicial, girando en reposo respecto al hábitat, parado junto a su bicicleta. Pero no durante mucho tiempo. Suzie le pide que avance en dirección opuesta, en sentido de las manecillas del reloj y en la misma dirección que la del hábitat.

Ahora Suzie lo ve moviéndose (más rápido) (más lento).



Bob avanza en sentido de las manecillas del reloj

7. A medida que Bob aumenta su rapidez, la fuerza normal de apoyo que siente como peso
 (disminuye) (queda igual) (aumenta).
8. Cuando el "velocímetro" de Bob llega a 30 km/h, Suzie lo ve que se mueve
 (a 30 km/h) (no se mueve) (a 60 km/h)
 y Bob se encuentra
 (sin peso, como Suzie)
 (igual que si manejara a 30 km/h en la superficie de la Tierra)
 (más oprimido contra el asiento de su bicicleta).

A continuación, Bob va al boliche. ¡Tú decides si el juego depende de en qué dirección rueda la bola!

Nombre _____

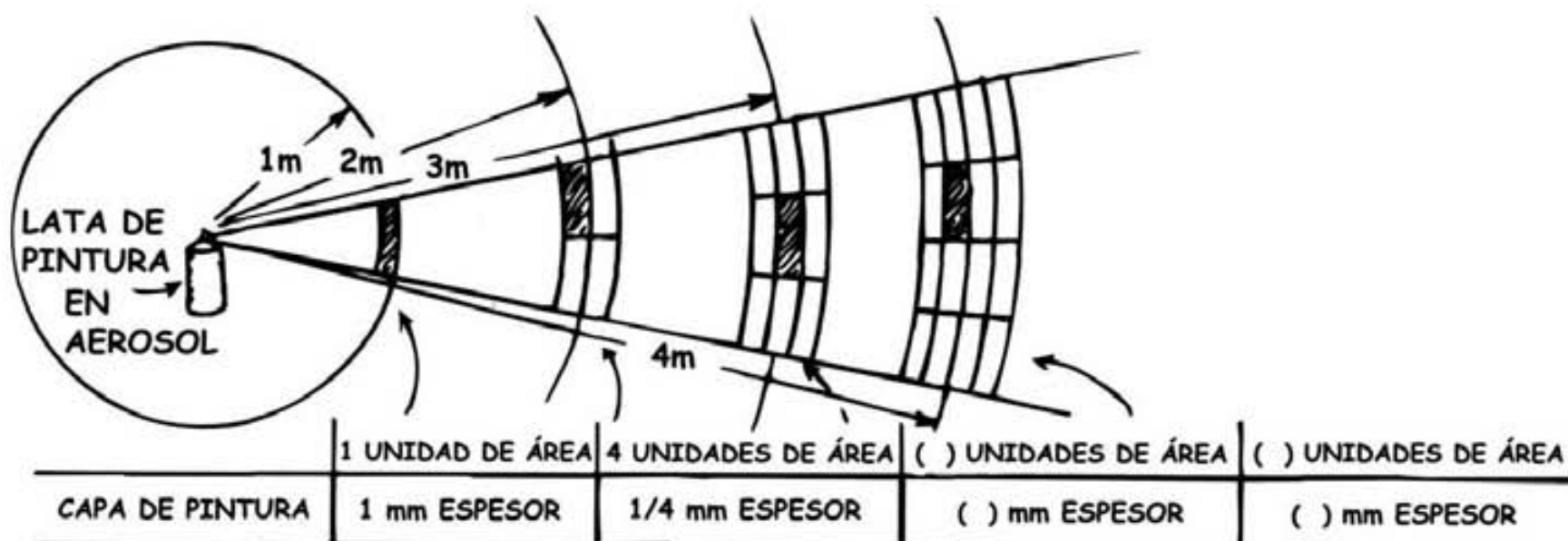
Fecha _____

Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

Capítulo 9 Gravedad**Ley del inverso del cuadrado**

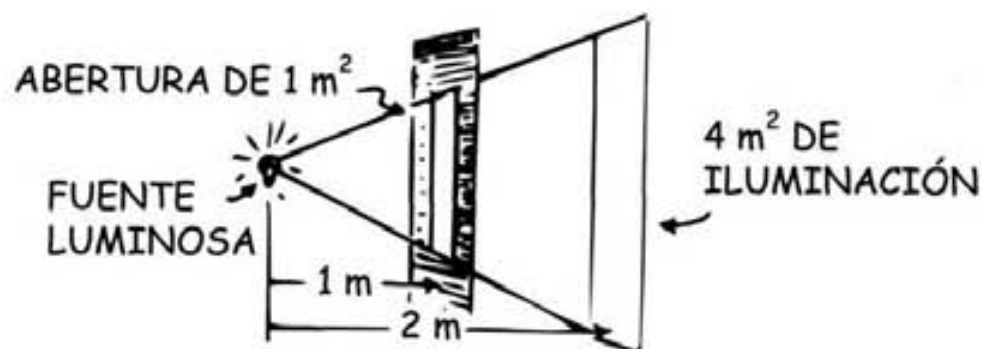
1. La pintura rociada se aleja radialmente de la boquilla de la lata, en líneas rectas. Como la gravedad, la intensidad de la aspersión obedece a una ley del inverso del cuadrado. Completa el diagrama y la tabla llenando los espacios vacíos.



2. Una pequeña fuente luminosa está a 1 m de una abertura de 1 m^2 de área, e ilumina a una pared que está detrás. Si la pared está a 1 m de la abertura (a 2 m de la fuente luminosa), el área iluminada cubre 4 m^2 . ¿Cuántos metros cuadrados se iluminarán si el muro está a

5 m de la fuente? _____

10 m de la fuente? _____



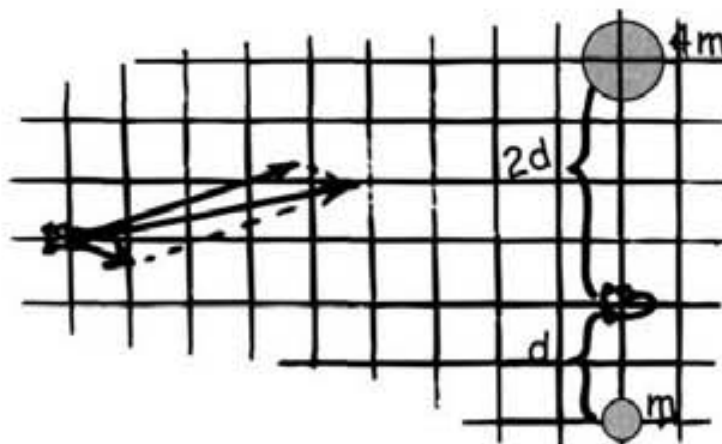
3. Si nos paramos en una báscula y vemos que somos atraídos hacia la Tierra con una fuerza de 500 N, entonces pesamos _____ N. Hablando con propiedad, pesamos _____ N con relación a la Tierra. ¿Cuánto pesa la Tierra? Si volteamos la báscula y repetimos la medición, podemos decir que la Tierra y nosotros somos atraídos mutuamente con una fuerza de _____ N y en consecuencia ¿en relación con nosotros, toda la Tierra de 6 000 000 000 000 000 000 000 000 kg pesa _____ N! El peso, a diferencia de la masa, es una cantidad relativa.

iHewitt
lo dibujó!

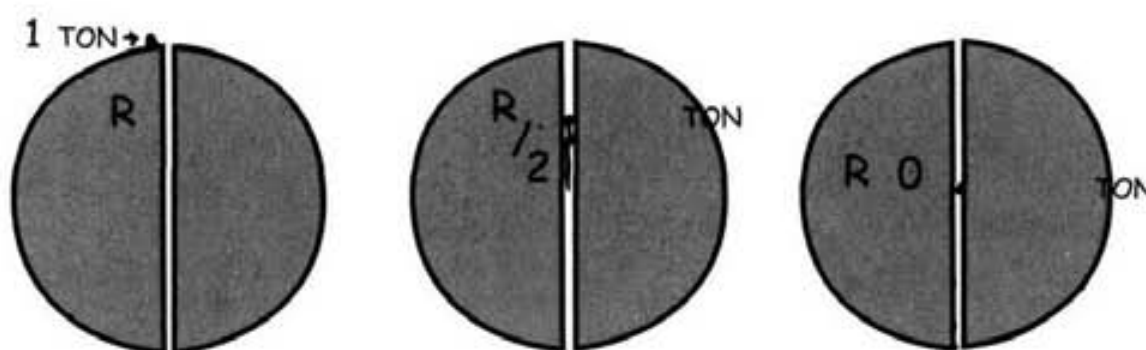
Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

4. La nave es atraída hacia el planeta y también hacia la luna de éste. El planeta tiene cuatro veces la masa de su luna. La fuerza de atracción de la nave hacia el planeta se indica con un vector.



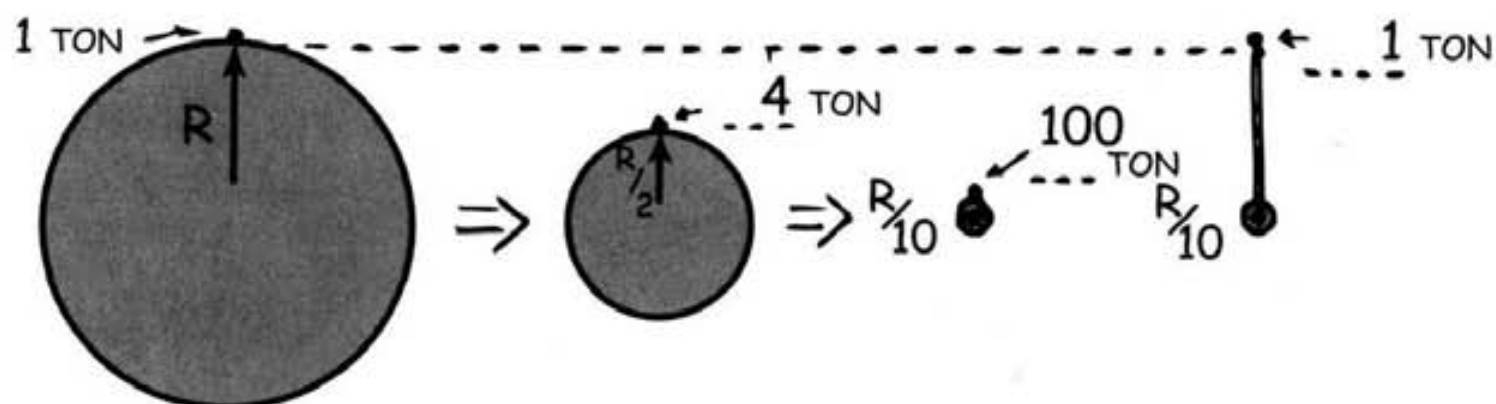
- Con cuidado traza otro vector que muestre la atracción de la nave espacial hacia la luna. A continuación usa el método del paralelogramo, del capítulo 3, y traza la fuerza resultante.
 - Determina el lugar, entre el planeta y su luna (a lo largo de la línea punteada) donde las fuerzas de gravitación se cancelen. Haz un esquema de la nave en ese lugar.
5. Imagina un planeta con densidad uniforme, que tiene un túnel recto que va del polo norte, pasa por el centro y llega al polo sur. En la superficie del planeta, cierto objeto pesa 1 tonelada.
- Escribe la fuerza gravitacional del objeto cuando está a la mitad de su camino hacia el centro, y después en el centro.



- Describe el movimiento que sentirías si cayeras en el túnel.

6. Imagina otro objeto que pese 1 tonelada en la superficie de un planeta, justo antes de que ese planeta se colapse gravitacionalmente.

- Escribe el peso del objeto sobre la superficie del planeta que se contrae, para los valores indicados del radio.



- Cuando el planeta se ha colapsado hasta $1/10$ de su radio inicial, se construye una escalera para poner el peso tan alejado del centro como estaba originalmente. Escribe su peso en esa posición.

Nombre _____ Fecha _____

Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

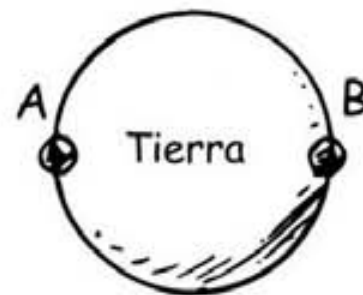
Capítulo 9 Gravedad
Mareas en nuestros océanos

1. Imagina dos porciones de agua, A y B, con masas iguales, que están inicialmente en reposo en el campo gravitacional de la Luna. El vector indica la fuerza gravitacional de la Luna sobre A.



- Traza un vector fuerza debida a la gravedad de la Luna en B.
- La fuerza sobre B ¿es mayor o menor que la fuerza sobre A? _____
- ¿Por qué? _____
- Las porciones aceleran hacia la Luna. ¿Cuál tiene mayor aceleración? (A) (B)
- Debido a las distintas aceleraciones, al paso del tiempo
(A se adelanta cada vez más a B) (A y B aumentan su rapidez en forma idéntica) y la distancia entre A y B
(aumenta) (queda igual) (disminuye).
- Si A y B estuvieran unidas con una banda de goma, al pasar el tiempo la banda
(se estiraría) (no se estiraría).
- Este (estiramiento) (no estiramiento) se debe a la (diferencia) (no diferencia) de los tirones gravitatorios de la Luna.
- Las dos porciones terminarán por chocar con la Luna. Para que estén en órbita en torno a la Luna, y no chocar con ella, las porciones se deberían mover
(alejándose de la Luna) (tangencialmente). Entonces, sus aceleraciones consistirán en cambios de
(rapidez) (dirección).

2. Ahora imagina las mismas dos porciones de agua que están en lados opuestos de la Tierra.

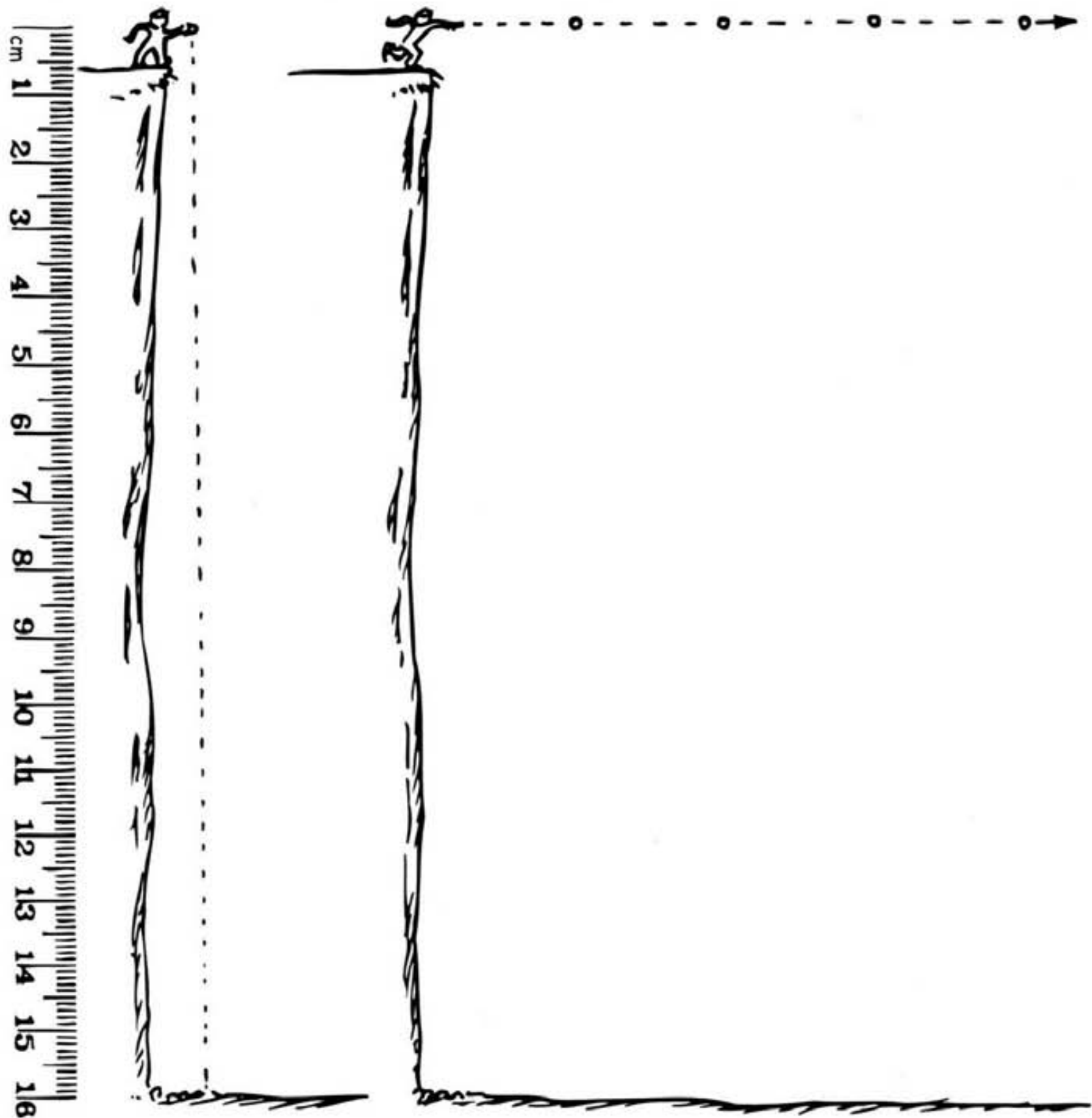


- Por las diferencias en la atracción de la Luna sobre las porciones, tienden a
(alejarse entre sí) (acercarse entre sí).
- Este alejamiento ¿produce las mareas? (Sí) (No)
- Si la Tierra y la Luna estuvieran más cercanas, la fuerza gravitacional entre ellas sería
(mayor) (igual) (menor), y la diferencia entre las fuerzas gravitacionales entre las partes cercana y lejana del océano sería (mayor) (igual) (menor).
- Como la órbita de la Tierra en torno al Sol es ligeramente elíptica, la Tierra y el Sol están más cerca en diciembre que en junio. Si se tiene en cuenta la fuerza solar de marea, en un promedio mundial, las mareas son mayores en (diciembre) (junio) (no hay diferencia).

Nombre _____ Fecha _____

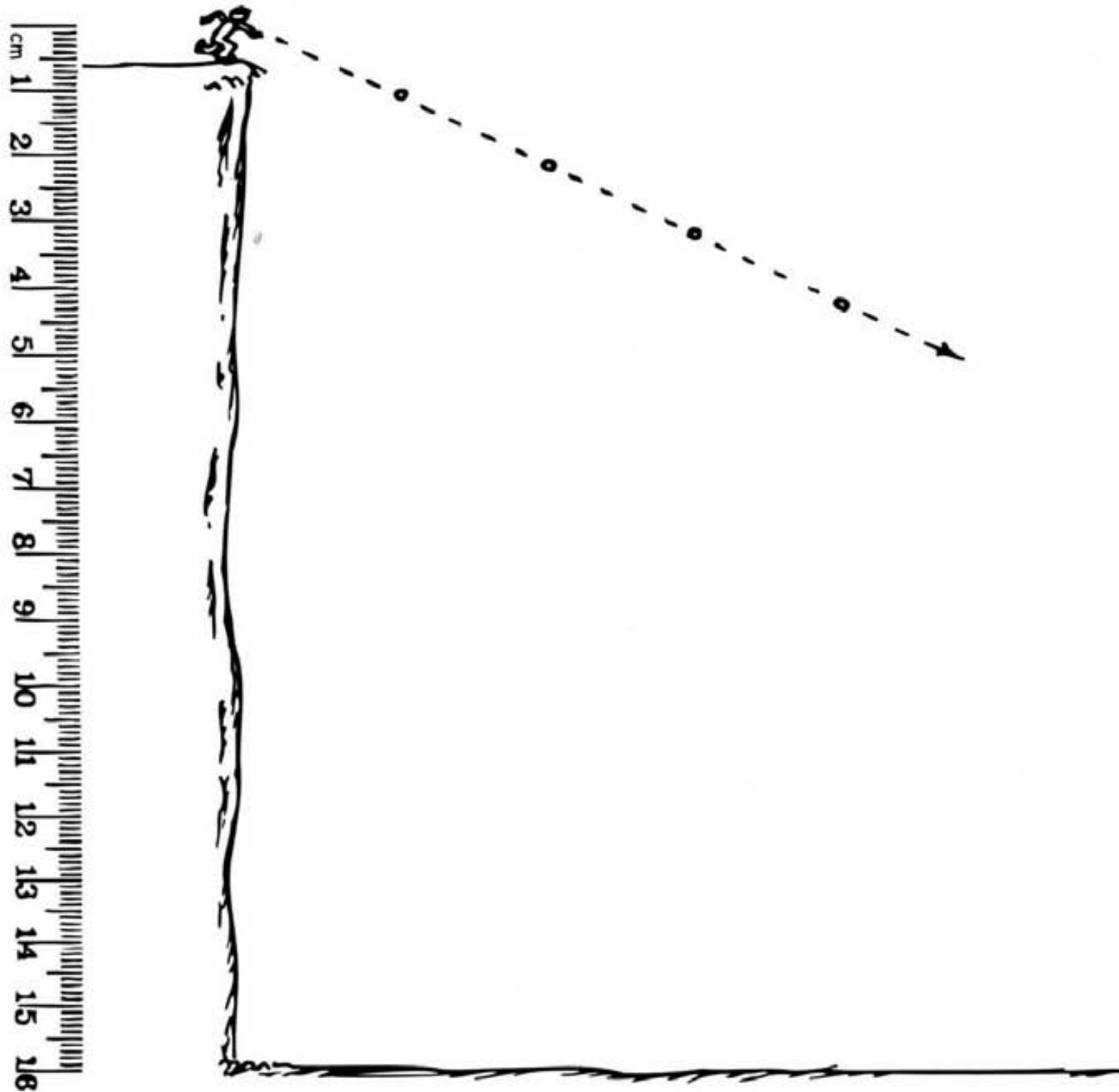
Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

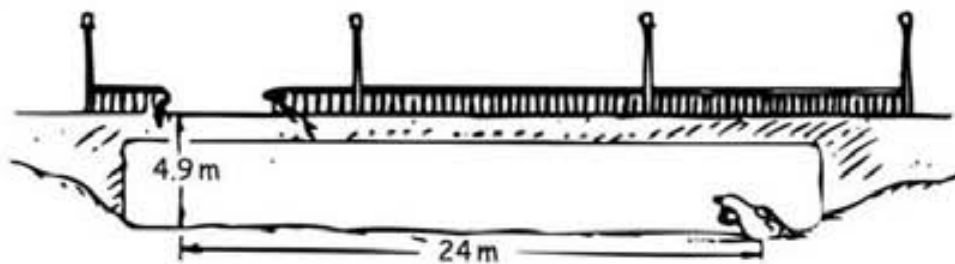
Capítulo 10 Movimiento de proyectiles y de satélites
Independencia de las componentes horizontal y vertical del movimiento

1. Arriba a la izquierda: con la escala de 1 cm: 5 m que se ve a la izquierda, traza las posiciones de la pelota que cae a intervalos de 1 segundo. No tengas en cuenta la resistencia del aire, y toma $g = 10 \text{ m/s}^2$. Estima la cantidad de segundos que está en el aire la pelota.
_____ segundos.
2. Arriba a la derecha: las cuatro posiciones de la pelota lanzada *sin gravedad* son a intervalos de 1 segundo. Con la escala horizontal de 1 cm: 5 m, traza con cuidado las posiciones de la pelota con gravedad. No tengas en cuenta la resistencia del aire y toma $g = 10 \text{ m/s}^2$. Une las posiciones con una curva uniforme que indique la trayectoria de la pelota. ¿Cómo se afecta el movimiento en dirección vertical debido al movimiento en dirección horizontal?

iHewitt
lo dibujó!



3. Esta vez la pelota se lanza en dirección oblicua, por debajo de la horizontal. Usa la misma escala de 1 cm: 5 m y traza con cuidado las posiciones de la pelota al caer por debajo de la línea interrumpida. Une las posiciones con una curva uniforme. Estima la cantidad de segundos que permanece la pelota en el aire: _____ s.
4. Ahora imagina que eres investigador de accidentes y te piden indicar si el automóvil iba muy rápido al chocar con la barandilla del puente e ir a parar al lodo, como se ve en la figura. El límite de velocidad sobre el puente es de 55 mph = 24 m/s. ¿Cuál es tu veredicto?



Nombre _____

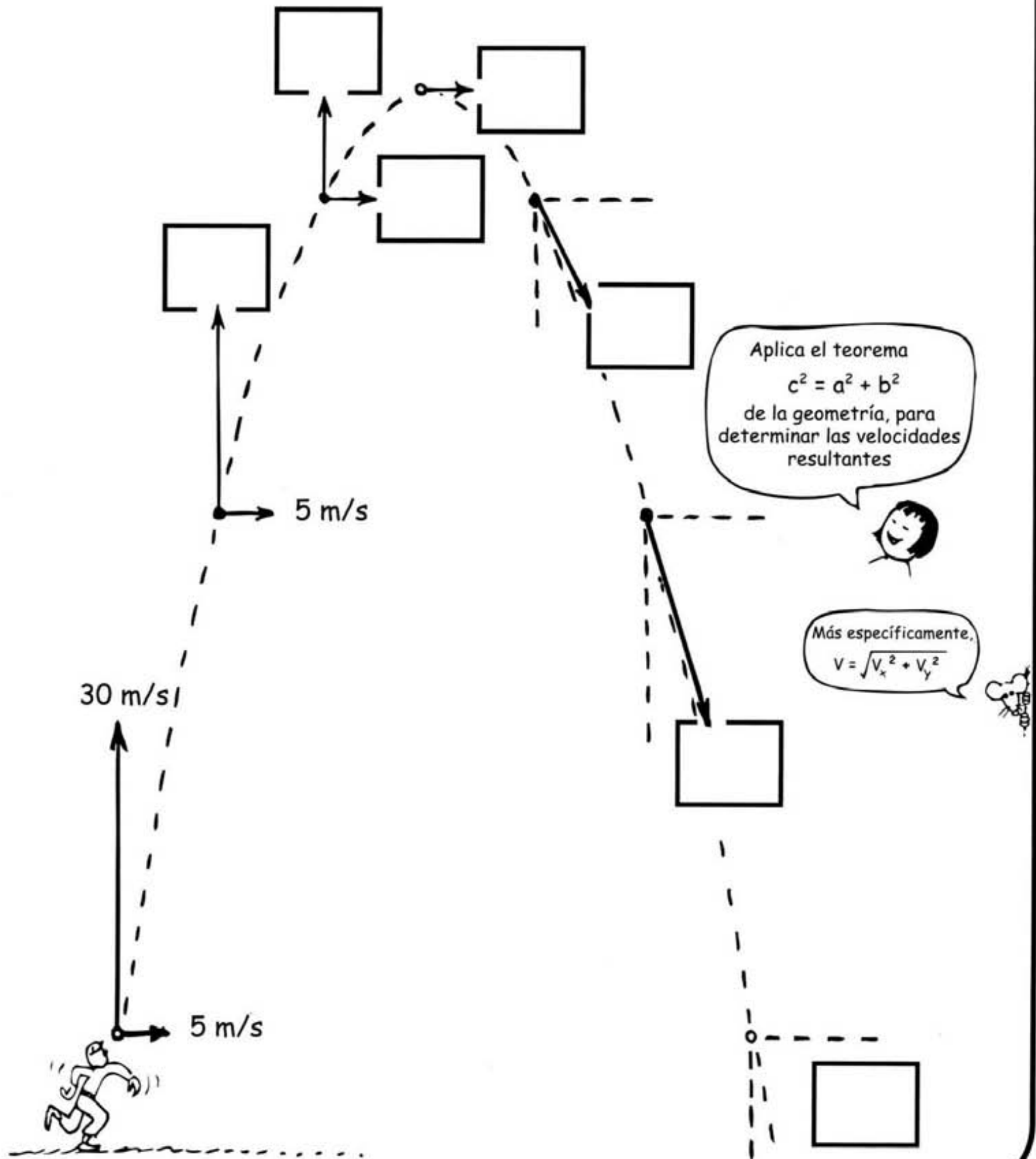
Fecha _____

Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

Capítulo 10 Movimiento de proyectiles y de satélites**Pelota arrojada**

Una pelota arrojada hacia arriba tiene componentes iniciales de velocidad de 30 m/s vertical y 5 m/s horizontal. La posición de la pelota se muestra a intervalos de 1 s. La resistencia del aire es despreciable y $g = 10 \text{ m/s}^2$. Escribe los valores de las *componentes* de la velocidad en los cuadros, cuando asciende, y las *velocidades resultantes* calculadas en el descenso.

iHewitt
lo dibujó!

Nombre _____ Fecha _____

Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

Capítulo 10 Movimiento de proyectiles y de satélites
Satélite en órbita circular

1. La figura A muestra la "Montaña de Newton", tan alta que su cumbre está arriba de la resistencia de la atmósfera. Se dispara el cañón y la bala llega al suelo, tal como se indica.

- Traza la trayectoria que tendría la bala si saliera disparada con mayor rapidez.
- Repite lo anterior con una rapidez mayor, pero menor que 8 km/s.
- Entonces traza la trayectoria orbital que tomaría si su rapidez fuera de 8 km/s.
- ¿Qué forma tiene la curva de 8 km/s?

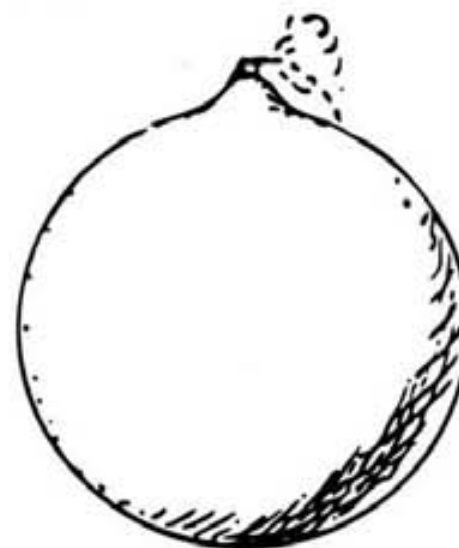


Figura A

- ¿Cuál sería la forma de la trayectoria orbital si la bala fuera disparada con una rapidez aproximada de 9 km/s?

2. La figura B muestra un satélite en órbita circular.

- En cada una de las cuatro posiciones traza un vector que represente la *fuerza* gravitacional sobre el satélite.
- Identifica los vectores fuerza con F .
- A continuación, en cada posición traza un vector que represente la *velocidad* del satélite en esa posición e identifícalo con V .
- Los cuatro vectores F ¿tienen la misma longitud? ¿Por qué?

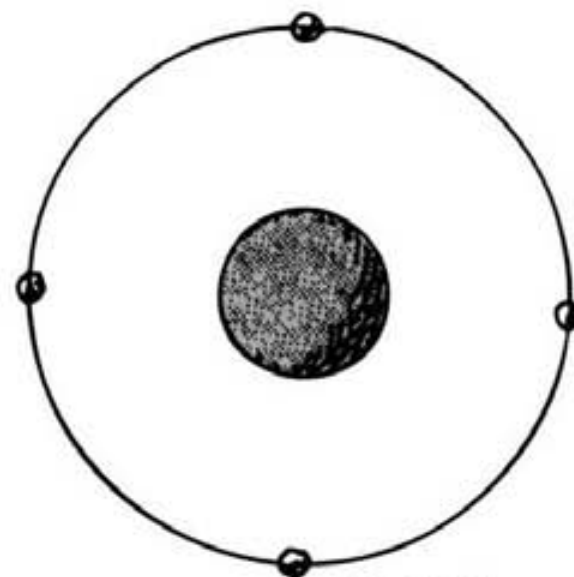


Figura B

- Los cuatro vectores V ¿tienen la misma longitud? ¿Por qué?

f. ¿Cuál es el ángulo entre los vectores F y V ? _____

g. ¿Hay alguna componente de F a lo largo de V ? _____

h. ¿Qué te indica eso acerca del trabajo que efectúa la fuerza de gravedad sobre el satélite?

i. La EC del satélite en la figura B ¿permanece constante o varía? _____

j. La EP del satélite ¿permanece constante o varía?

Satélite en órbita elíptica

- a. Repite el procedimiento de la órbita circular, trazando vectores F y V en cada posición, con su identificación correcta. Indica magnitudes iguales con longitudes iguales, magnitudes mayores con longitudes mayores, pero no te preocupes porque la escala sea exacta.
- b. ¿Todos tus vectores F tienen la misma magnitud?
¿Por qué?
- _____
- _____
- c. ¿Todos tus vectores V tienen la misma magnitud?
¿Por qué?
- _____
- _____
- _____
- d. El ángulo entre los vectores F y V ¿siempre es igual, o varía?
- _____
- e. ¿Hay lugares donde hay un componente de F a lo largo de V ?
- _____
- f. ¿Se efectúa trabajo sobre el satélite cuando hay una componente de F a lo largo y en la misma dirección de V , y en caso afirmativo, aumenta o disminuye la EC del satélite?
- _____
- g. Cuando hay un componente de F a lo largo y contrario a la dirección de V ¿aumenta o disminuye la EC del satélite?
- _____
- _____
- h. ¿Qué puedes decir acerca de la suma $EC + EP$ a lo largo de la órbita?
- _____
- _____

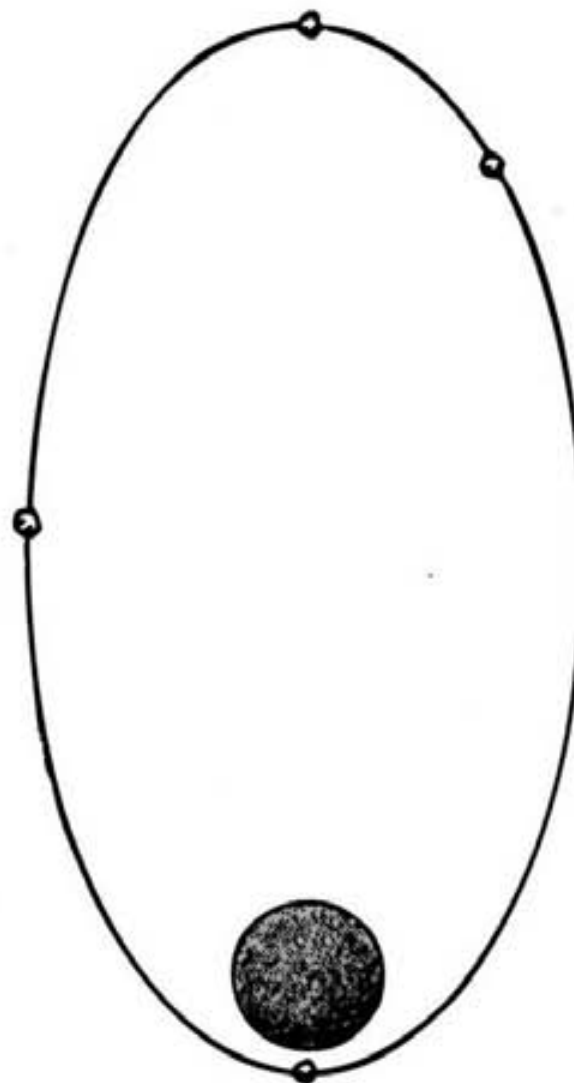


Figura C

Ten mucho cuidado al poner los vectores velocidad y fuerza en el mismo diagrama. no se aconseja porque se puede trazar la resultante de los vectores! ¡cuidado!



Nombre _____ Fecha _____

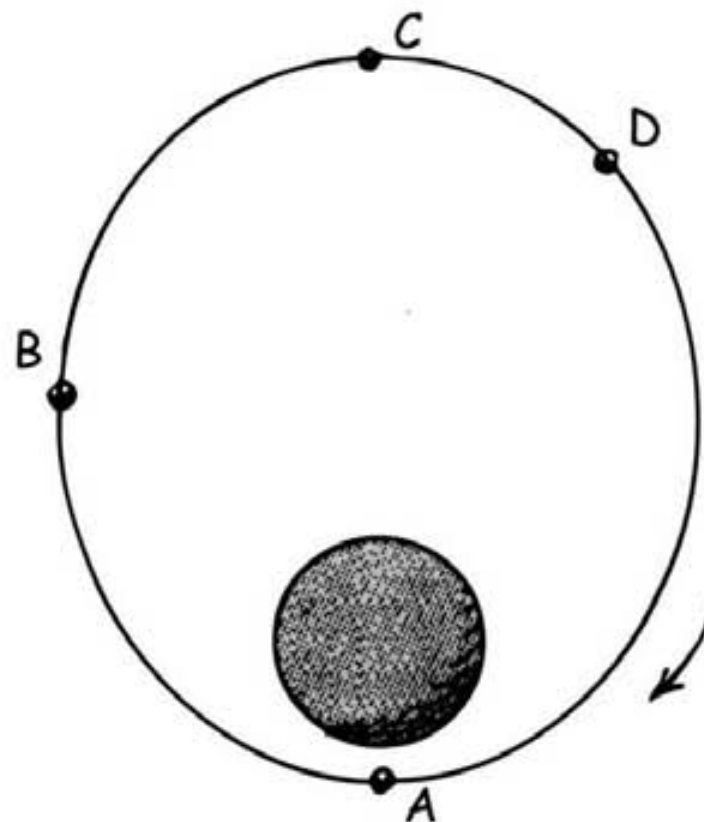
Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

Repaso de mecánica

1. El esquema muestra la trayectoria elíptica que describe un satélite en torno a la Tierra. ¿En cuál de las posiciones marcadas A a D (pon I, para "igual siempre") el satélite experimenta el o la mayor...

- fuerza gravitacional? _____
- rapidez? _____
- cantidad de movimiento? _____
- energía cinética? _____
- energía potencial gravitacional? _____
- energía total (EC + EP)? _____
- aceleración? _____
- cantidad de movimiento angular? _____



2. Contesta las preguntas anteriores para un satélite en órbita circular.

- _____ b. _____ c. _____ d. _____ e. _____ f. _____ g. _____ h. _____

3. ¿En cuál o cuáles posiciones la fuerza de gravedad no efectúa momentáneamente trabajo sobre el satélite?
¿Por qué?

4. El trabajo cambia la energía. Deja que la ecuación del trabajo $W = Fd$ guíe tu razonamiento a continuación. Defiende tus respuestas en términos de $W = Fd$.

- ¿En qué posición harán el mayor trabajo los motores de un cohete que impulsen al satélite durante algunos minutos hacia adelante, y le comunican el máximo cambio de energía cinética? (Sugerencia: imagina dónde se recorrerá la mayor distancia durante la aplicación de un empuje de varios minutos.)

- ¿En qué posición hará la menor cantidad de trabajo sobre el satélite un empuje hacia adelante, de varios minutos, de sus cohetes, y le comunicará el mínimo aumento de energía cinética?

- ¿En qué posición unos retrocohetes (que impulsan en sentido contrario a la dirección del movimiento del satélite) harán el máximo trabajo sobre el satélite y cambian más su energía cinética?

Nombre _____ Fecha _____

Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

Capítulo 11 La naturaleza atómica de la materia
Átomos y núcleos atómicos

LOS ÁTOMOS SE CLASIFICAN
POR SU NÚMERO ATÓMICO, QUE
ES IGUAL A LA CANTIDAD DE _____
EN EL NÚCLEO.



¡PARA TRANSFORMAR LOS ÁTOMOS
DE UN ELEMENTO EN ÁTOMOS DE
OTRO, SE DEBEN AGREGAR O
QUITAR _____!



Usa la tabla periódica de tu libro para contestar las preguntas siguientes:

1. Cuando se oprimen entre sí núcleos atómicos de hidrógeno y litio (fusión nuclear) el elemento que se produce es

2. Cuando se funde un par de núcleos atómicos de litio, el elemento que se produce es

3. Cuando se funde un par de núcleos atómicos de aluminio, el elemento que se produce es

4. Cuando el núcleo de un átomo de nitrógeno absorbe un protón, el elemento que resulta es

5. ¿Qué elemento se produce cuando un núcleo de oro gana un protón?

6. ¿Qué da como resultado un producto más valioso: *aumentar* o *quitar* protones de núcleos de oro?

7. ¿Qué elemento se produce cuando un núcleo de uranio expulsa una partícula elemental formada por dos protones y dos neutrones?

8. Si un núcleo de uranio se rompe en dos pedazos (fisión nuclear) y uno de ellos es zirconio (número atómico 40), el otro pedazo es el elemento

9. ¿Qué tiene más masa, una molécula de nitrógeno (N_2) o una molécula de oxígeno (O_2)?

10. ¿Qué tiene mayor cantidad de átomos, un gramo de helio o un gramo de neón?

¡ME GUSTA LA FORMA EN QUE
ESTÁN ARREGLADOS TUS ÁTOMOS!

≡SUSPIRO≡



*¡Hewitt
lo dibujó!*

Nombre _____ Fecha _____

Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

Capítulo 12 Sólidos
Escalamiento

1. Un cubo tiene $1\text{ cm} \times 1\text{ cm} \times 1\text{ cm}$ (más o menos como un cubo de azúcar). Su volumen es de 1 cm^3 . La superficie de una de sus caras es de 1 cm^2 . La superficie total del cubo es de 6 cm^2 , porque tiene 6 caras. Ahora imagina un cubo escalado en un factor de 2, de modo que tiene $2\text{ cm} \times 2\text{ cm} \times 2\text{ cm}$.

- a. ¿Cuál es la superficie total de cada cubo?

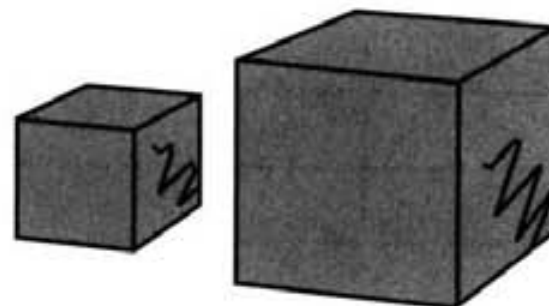
1er cubo _____ cm^2 ; 2do cubo _____ cm^2

- b. ¿Cuál es el volumen de cada cubo?

1er cubo _____ cm^3 ; 2do cubo _____ cm^3

- c. Compara la relación de superficie entre volumen, para cada cubo.

1er cubo: $\frac{\text{superficie}}{\text{volumen}} = \text{_____}$; 2do cubo: $\frac{\text{superficie}}{\text{volumen}} = \text{_____}$



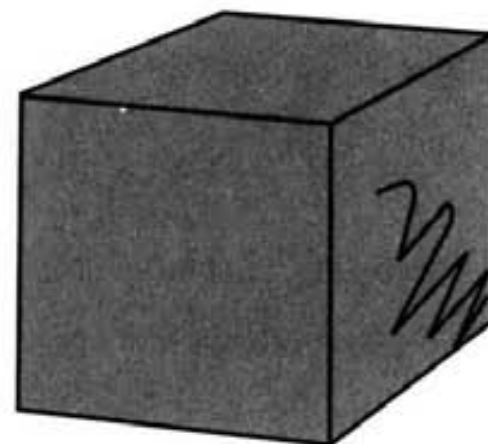
2. Ahora imagina un tercer cubo, escalado en un factor de 3, por lo que mide $3\text{ cm} \times 3\text{ cm} \times 3\text{ cm}$.

- a. ¿Cuál es la superficie total? _____ cm^2

- b. ¿Cuál es su volumen? _____ cm^3

- c. ¿Cuál es su relación de superficie entre volumen?

$\frac{\text{superficie}}{\text{volumen}} = \text{_____}$



3. Cuando el tamaño de un cubo se escala con determinado factor (2 y 3 en los ejemplos anteriores), el área aumenta con el _____ del factor, y el volumen aumenta con el _____ del factor.
4. La relación de superficie entre volumen, ¿aumenta o disminuye cuando las cosas se escalan a mayor tamaño?

5. ¿Se aplica también a otras formas la regla para escalar cubos? _____
¿Serían distintas tus respuestas si comenzáramos con una esfera de 1 cm de diámetro y la escaláramos a una esfera de 2 cm de diámetro, y después de 3 cm? _____
6. Los efectos del escalamiento son benéficos para algunas criaturas y perjudiciales para otras. Pon (B) si son benéficos o (P) si son perjudiciales en cada uno de los siguientes casos:
- a. un insecto que se cae de un árbol _____ b. Un elefante que se cae del mismo árbol _____
c. un pez pequeño que se trata de comer a uno grande _____ d. un pez grande a caza de uno pequeño _____
e. un ratón hambriento _____ f. un insecto que se cae al agua _____

Escalamiento de círculos

1. Llena la tabla.

CÍRCULOS		
RADIO	CIRCUNFERENCIA	ÁREA
1 cm	$2\pi(1\text{ cm}) = 2\pi\text{ cm}$	$\pi(1\text{ cm})^2 = \pi\text{ cm}^2$
2 cm		
3 cm		
10 cm		

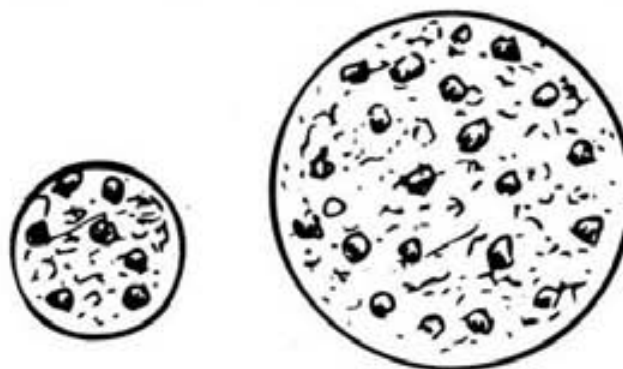
LA CIRCUNFERENCIA DE UN CÍRCULO ES $C = 2\pi r$

Y EL ÁREA DE UN CÍRCULO ES, $A = \pi r^2$



2. De acuerdo con tu tabla, cuando el radio del círculo sube al doble, su área aumenta en un factor de _____. Cuando el radio aumenta en un factor de 10, el área aumenta en un factor de _____.

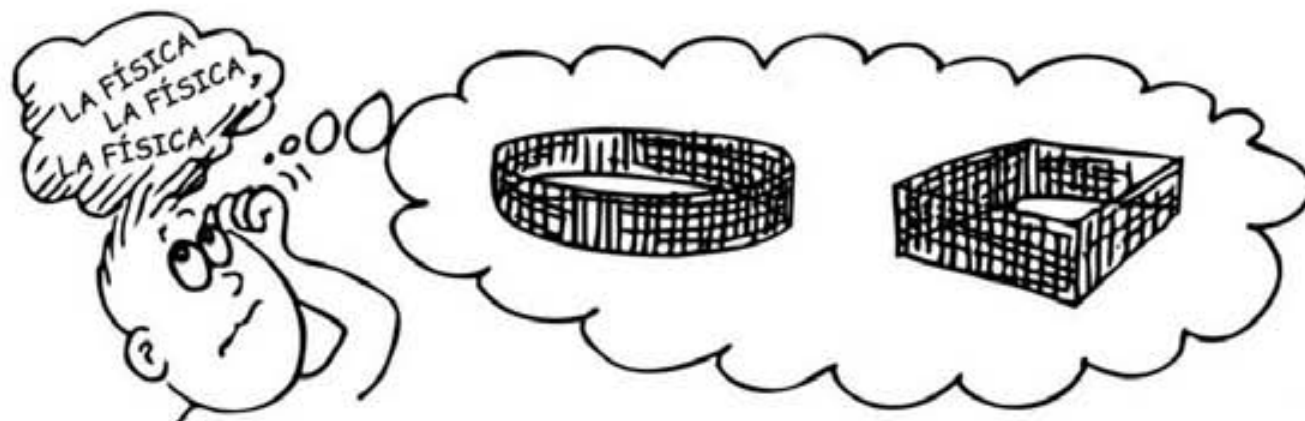
3. Imagina una pizza redonda que cuesta \$5.00. Otra pizza del mismo grosor tiene el doble del diámetro. ¿Cuánto debe costar la pizza mayor?



4. *Cierto o falso*: si el radio de un círculo aumenta en cierto factor, digamos que 5, entonces el área aumenta de acuerdo con el *cuadrado* del factor, en este caso 5^2 , o sea 25. _____

Entonces, si aumentas el radio de un círculo en un factor de 10, su área aumentará en un factor de _____.

5. (*Aplicación*) Imagina que crías pollos y gastas \$50 en la compra de tela de alambre para cercar el gallinero. Para contener la mayor cantidad de pollos en el interior, debes hacer que la forma del gallinero sea (cuadrada) (circular) (cualquiera, porque las dos encierran la misma área).



Nombre _____ Fecha _____

Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

Capítulo 13 Líquidos
Principio de Arquímedes I

1. Un globo que está lleno con 1 litro de agua (1000 cm^3) está en equilibrio, en un recipiente de agua, como se ve en la figura 1.

a. ¿Cuál es la masa del litro de agua?

b. ¿Cuál es el peso del litro de agua?

c. ¿Cuál es el peso del agua que desplaza el globo?

d. ¿Cuál es la fuerza de flotación sobre el globo?

e. Haz un esquema de un par de vectores en la figura 1: uno para el peso del globo y el otro para la fuerza de flotación que actúa sobre él. ¿Cómo se comparan los tamaños y las direcciones de tus vectores?

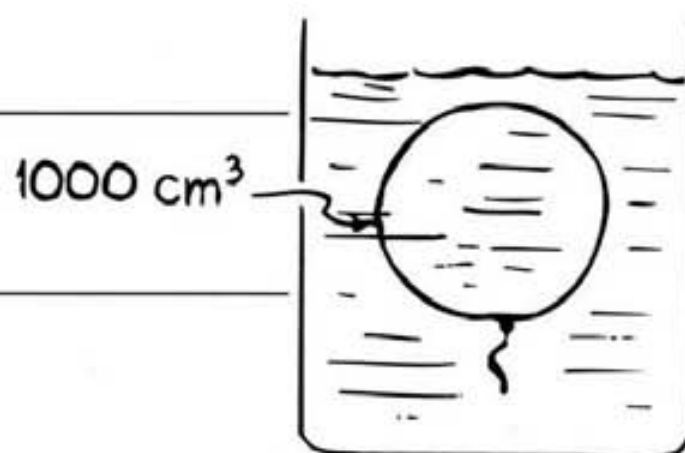
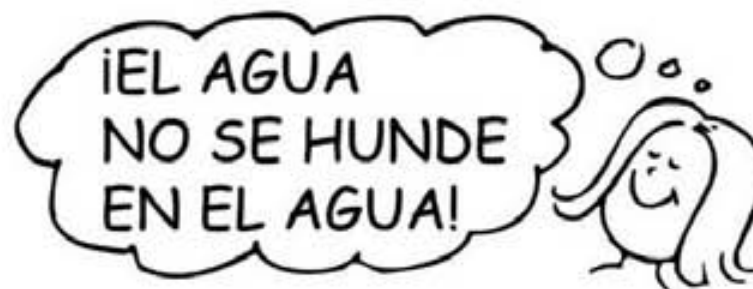


Figura 1

2. Como experimento mental, imagina que pudiéramos sacar el agua del globo pero que siguiera teniendo el mismo tamaño de 1 litro. Entonces, el interior del globo estaría al vacío.

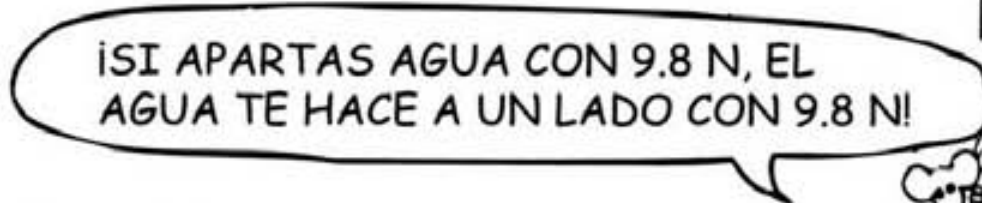
a. ¿Cuál es la masa del litro de nada?

b. ¿Cuál es el peso del litro de nada?

c. ¿Cuál es el peso del agua desplazada por el globo de masa despreciable?

d. ¿Cuál es la fuerza de flotación sobre el globo de masa despreciable?

e. ¿En qué dirección aceleraría el globo de masa despreciable?



*Hewitt
lo dibujó!*

3. Imagina que el globo se sustituye con una pieza de 0.5 kilogramo de madera, que tiene exactamente el mismo volumen de 1000 cm^3 , como se ve en la figura 2. La madera se mantiene en la misma posición sumergida, bajo la superficie del agua.

a. ¿Qué volumen de agua es desplazado por la madera?

b. ¿Cuál es la masa de agua desplazada por la madera?

c. ¿Cuál es el peso del agua desplazada por la madera?

d. ¿Cuánta fuerza de flotación ejerce sobre la madera el agua que la rodea?

e. Cuando se saca la mano ¿cuál es la fuerza neta sobre la madera?

f. ¿En qué dirección acelera la madera cuando se suelta? _____

1000 cm^3

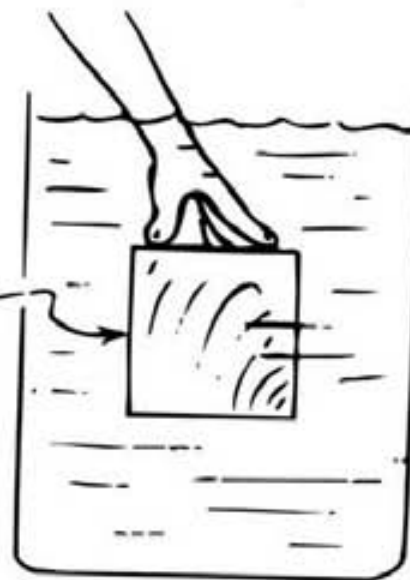


Figura 2



4. Repite las partes (a) a (f) del punto anterior para una piedra de 5 kg que tiene el mismo volumen (1000 cm^3), como se ve en la figura 3. Imagina que la piedra está colgada dentro del agua mediante un cordón.

a. _____

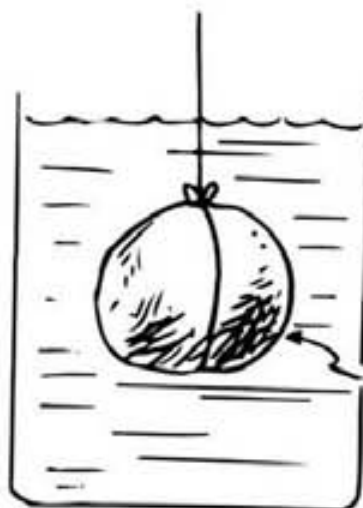
b. _____

c. _____

d. _____

e. _____

f. _____



1000 cm^3

CUANDO EL PESO DE UN OBJETO ES MAYOR QUE LA FUERZA DE FLOTACIÓN EJERCIDA SOBRE ÉL, ¡SE HUNDE!



Figura 3

Nombre _____

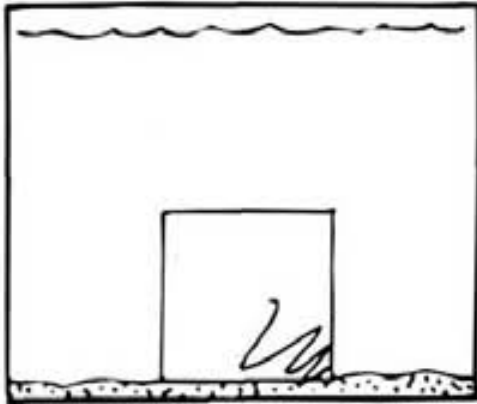
Fecha _____

Física CONCEPTUAL

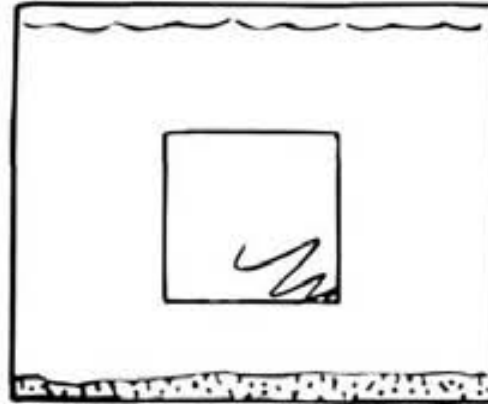
PÁGINA DE PRÁCTICA

Capítulo 13 Líquidos
Principio de Arquímedes II

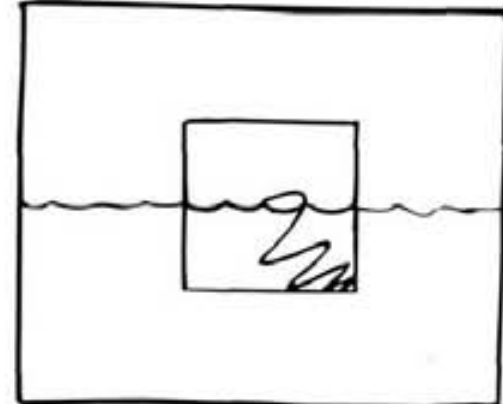
1. En los tres primeros casos se indican los niveles del agua. Traza los niveles correctos de agua en los casos (d) y (e), y sugiere tu propio caso en (f).



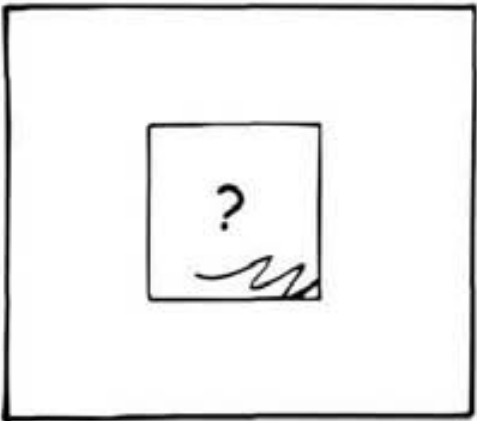
(a) Más denso que el agua



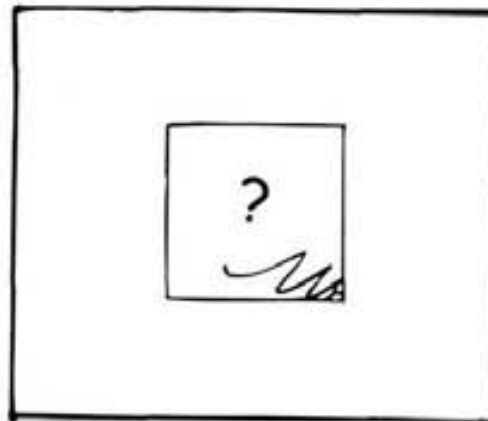
(b) Igual densidad que el agua



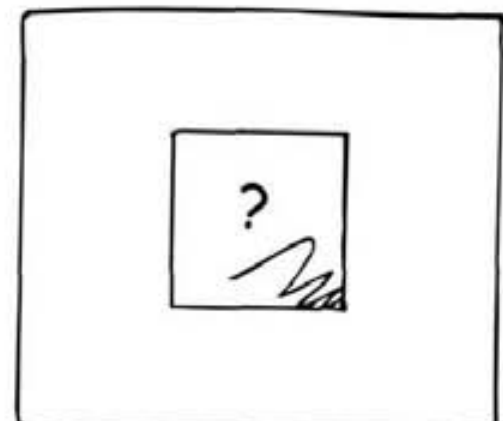
(c) La mitad de densidad que el agua



(d) 1/4 de la densidad del agua



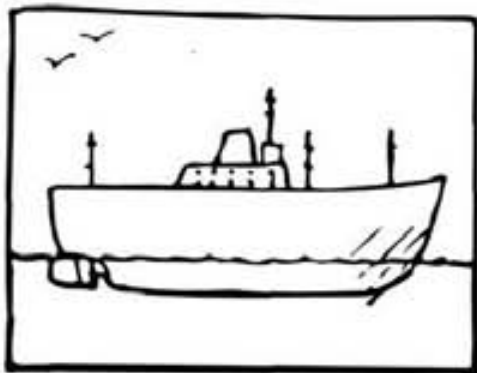
(e) 3/4 de la densidad del agua



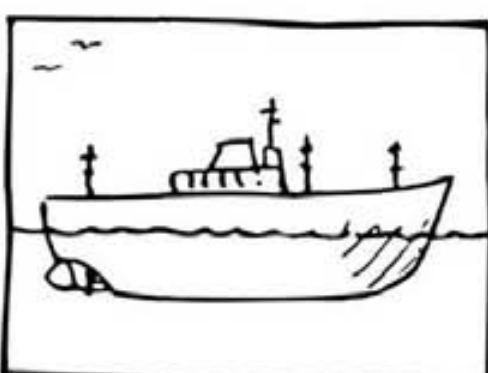
(f) _____ de la densidad del agua

2. Si el peso de un barco es de 100 millones de N, el agua que desplaza pesa _____.
Si se pone a bordo la carga que pesa 1000 N, el barco se hundirá hasta desplazar _____ de agua más.

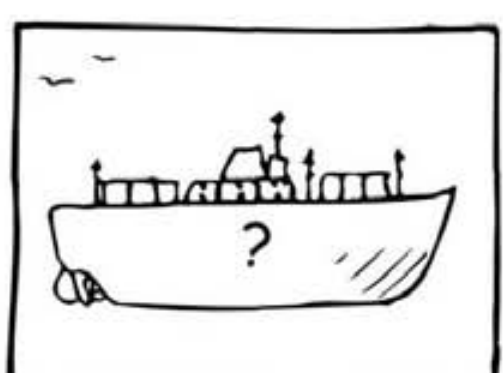
3. Los dos primeros esquemas de abajo muestran la línea de flotación de un barco vacío y uno con carga. Indica la línea de flotación correcta en el tercer esquema.



(a) Barco vacío

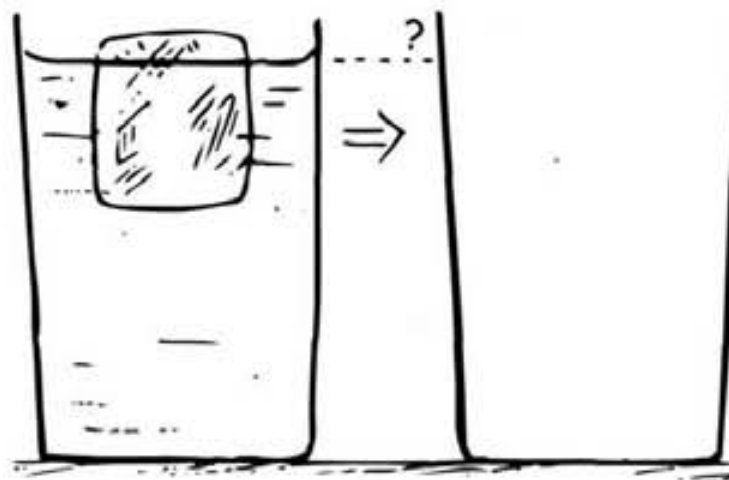


(b) Barco cargado con 50 toneladas de hierro



(c) Barco cargado con 50 toneladas de espuma de estireno

4. Éste es un vaso de agua helada, con un cubito de hielo que flota en ella. Traza el nivel del agua cuando se haya fundido el cubito (el nivel ¿bajará, subirá o quedará igual?).



5. El globo lleno de aire tiene lastre, por lo que se hunde en el agua. Cerca de la superficie, el globo tiene cierto volumen. Dibuja el globo en el fondo (dentro del cuadrado de líneas punteadas) e indica si es mayor, menor o del mismo tamaño.

- a. Como el globo con lastre se hunde, ¿cómo se compara su densidad conjunta con la densidad del agua?

- b. A medida que se hunde el globo con lastre, su densidad ¿aumenta, disminuye o permanece igual?

- c. Como el globo con lastre se hunde, ¿cómo se compara la fuerza de flotación ejercida sobre él con su peso?

- d. A medida que se sigue hundiendo el globo con lastre, la fuerza de flotación ejercida sobre él, ¿aumenta, disminuye o permanece igual?

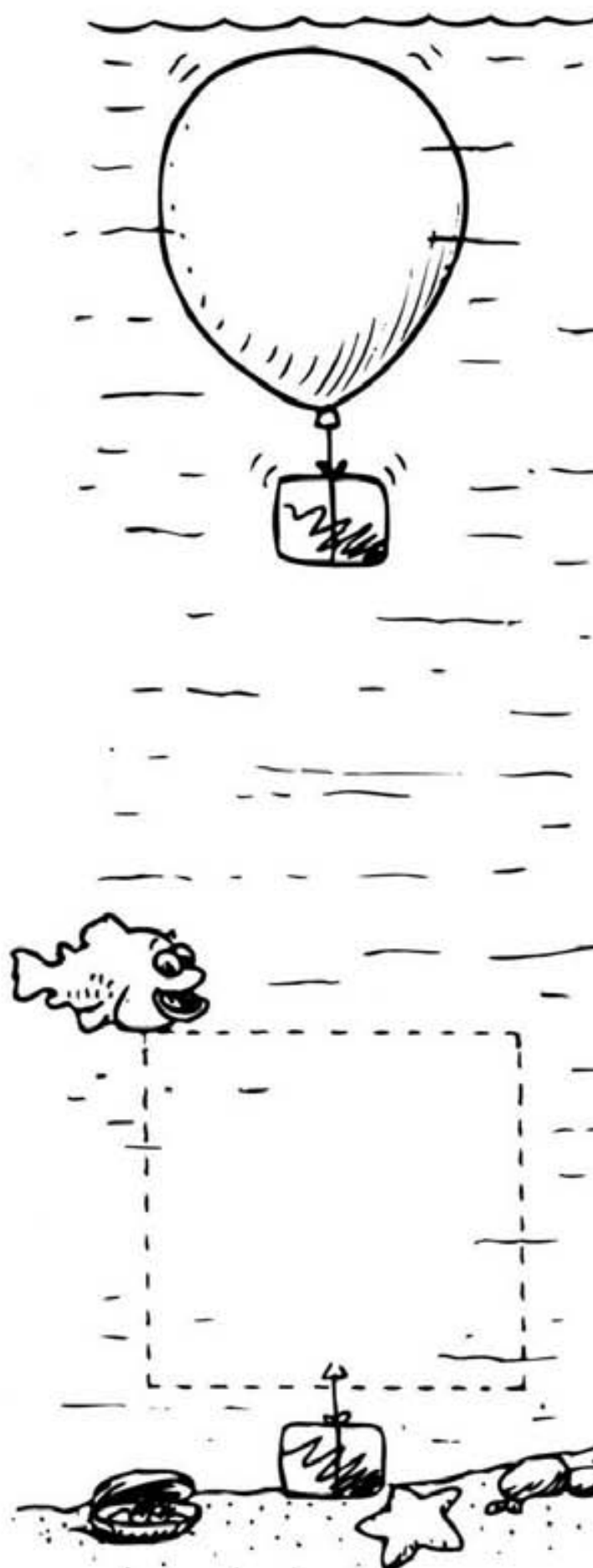
6. ¿Cuáles serían tus respuestas a las preguntas (a), (b), (c) y (d) si se tratara de una piedra y no de un globo lleno de aire?

- a.

- b.

- c.

- d.



*Hewitt
lo dibujó!*

Nombre _____ Fecha _____

Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

Capítulo 14 Gases
Presión de un gas

1. Una diferencia principal entre un líquido y un gas es que cuando el líquido se somete a presión, su volumen

(aumenta) (disminuye) (no cambia apreciablemente)

y su densidad

(aumenta) (disminuye) (no cambia apreciablemente).

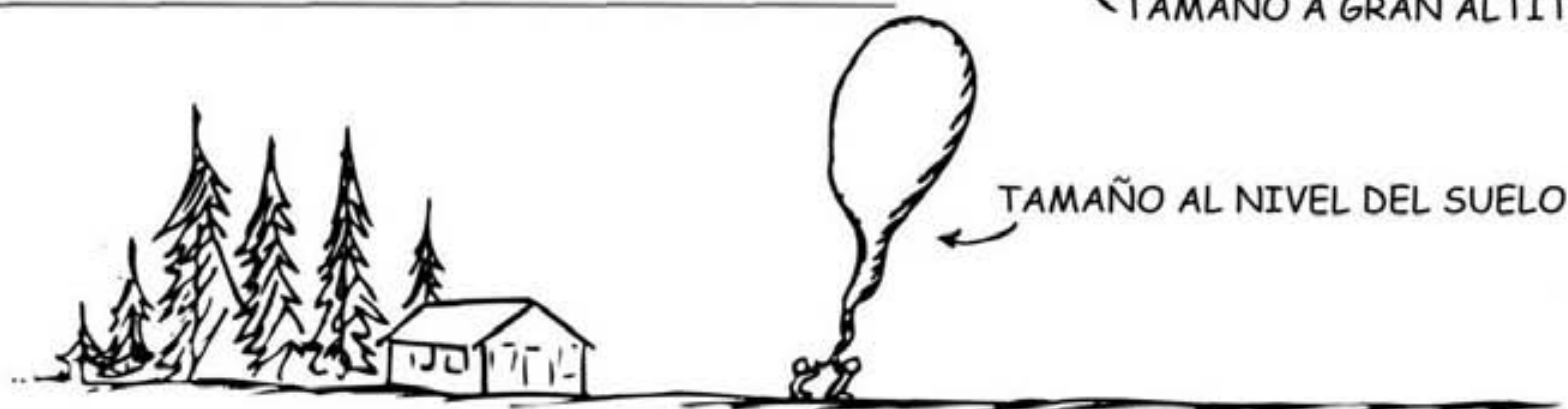
Cuando un gas se somete a presión, su volumen

(aumenta) (disminuye) (no cambia apreciablemente)

y su densidad

(aumenta) (disminuye) (no cambia apreciablemente).

2. El esquema muestra el lanzamiento de un globo meteorológico al nivel del suelo. Haz un esquema del mismo globo meteorológico cuando está a gran altura en la atmósfera. En otras palabras ¿qué es distinto acerca de su tamaño, y por qué?



3. Un globo lleno de hidrógeno que pesa 10 N debe desplazar _____ N de aire para flotar en él.
Si desplaza menos de _____ N, será impulsado hacia arriba con menos de _____ N y bajará.
Si desplaza más de _____ N de aire, subirá.

4. ¿Por qué la caricatura tiene sentido para los físicos y no para quienes no saben de física? ¿Qué fenómeno físico ha sucedido?



Hewitt
lo dibujó!

Nombre _____ Fecha _____

Física CONCEPTUAL

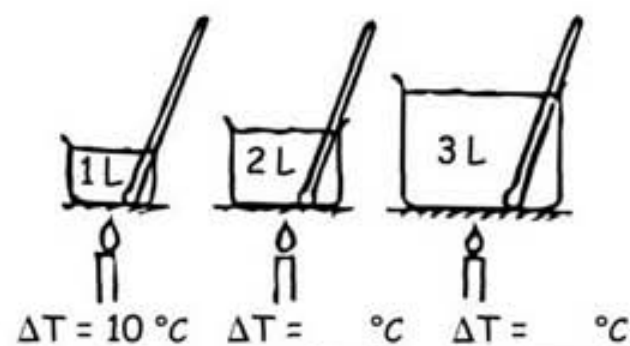
PÁGINA DE PRÁCTICA

Capítulo 15 Temperatura, calor y expansión
Medición de temperaturas

1. Llena la tabla:

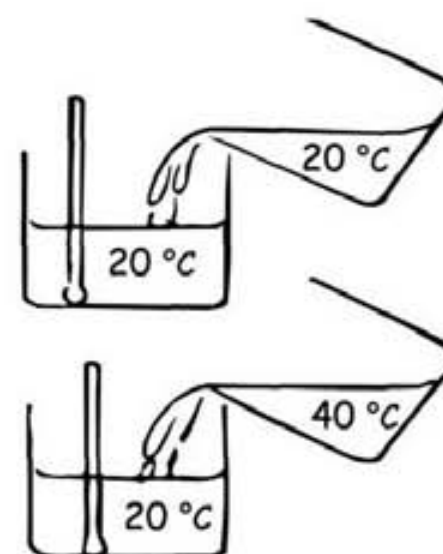
TEMPERATURA DEL HIELO QUE FUNDE	°C	32 °F	K
TEMPERATURA DEL AGUA HIRVIENTE	°C	212 °F	K

2. Imagina que en una estufa calientas un litro de agua, y elevas su temperatura 10 °C. Si suministras la misma energía a dos litros, ¿cuánto subirá la temperatura? ¿Y con tres litros? *Anota tus respuestas en los espacios del dibujo a la derecha.*



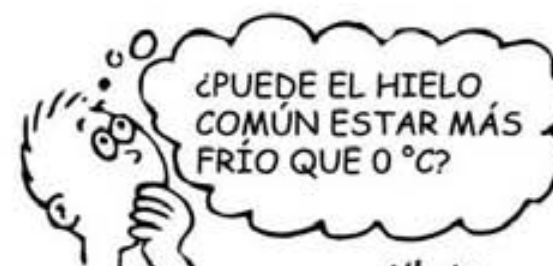
3. Un termómetro está en un recipiente a medio llenar con agua a 20 °C.

- Cuando se agrega un volumen igual de agua a 20 °C, la temperatura de la mezcla será
(10 °C) (20 °C) (40 °C).
- Cuando se agrega igual volumen de agua a 40 °C, la temperatura de la mezcla será
(20 °C) (30 °C) (40 °C).
- Cuando se agrega una pequeña cantidad de agua a 40 °C, la temperatura de la mezcla será
(20 °C) (entre 20 °C y 30 °C) (30 °C) (más de 30 °C).



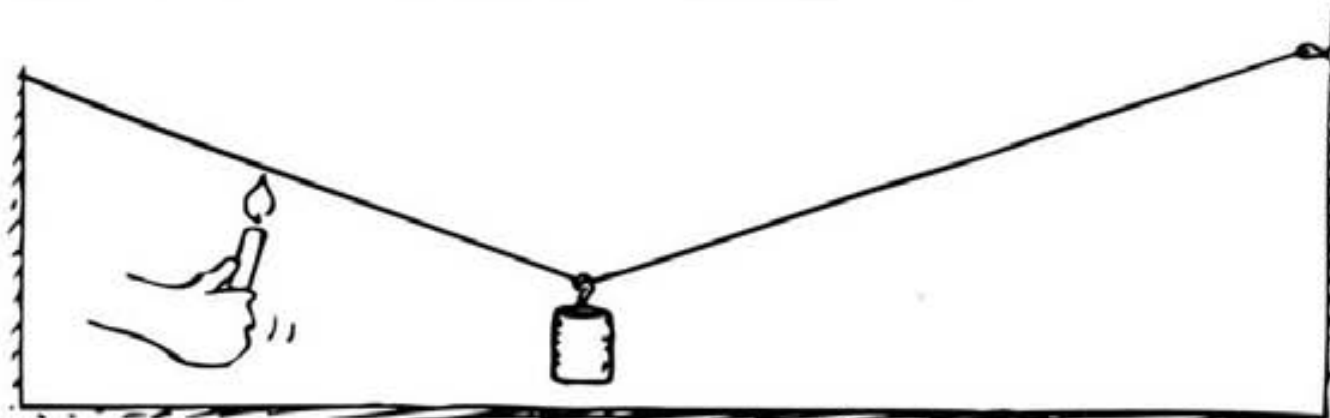
4. Un trozo de hierro al rojo vivo se sumerge en una cubeta de agua fría. *Marca con C (cierto) o con F (falso) las siguientes afirmaciones; no tengas en cuenta la transferencia de calor a la cubeta.*

- La disminución de temperatura del hierro es igual al aumento de temperatura del agua. _____
- La cantidad de calor que pierde el hierro es igual a la cantidad de calor que gana el agua. _____
- El hierro y el agua llegan a la misma temperatura. _____
- La temperatura final del hierro y del agua es el promedio de sus temperaturas iniciales. _____

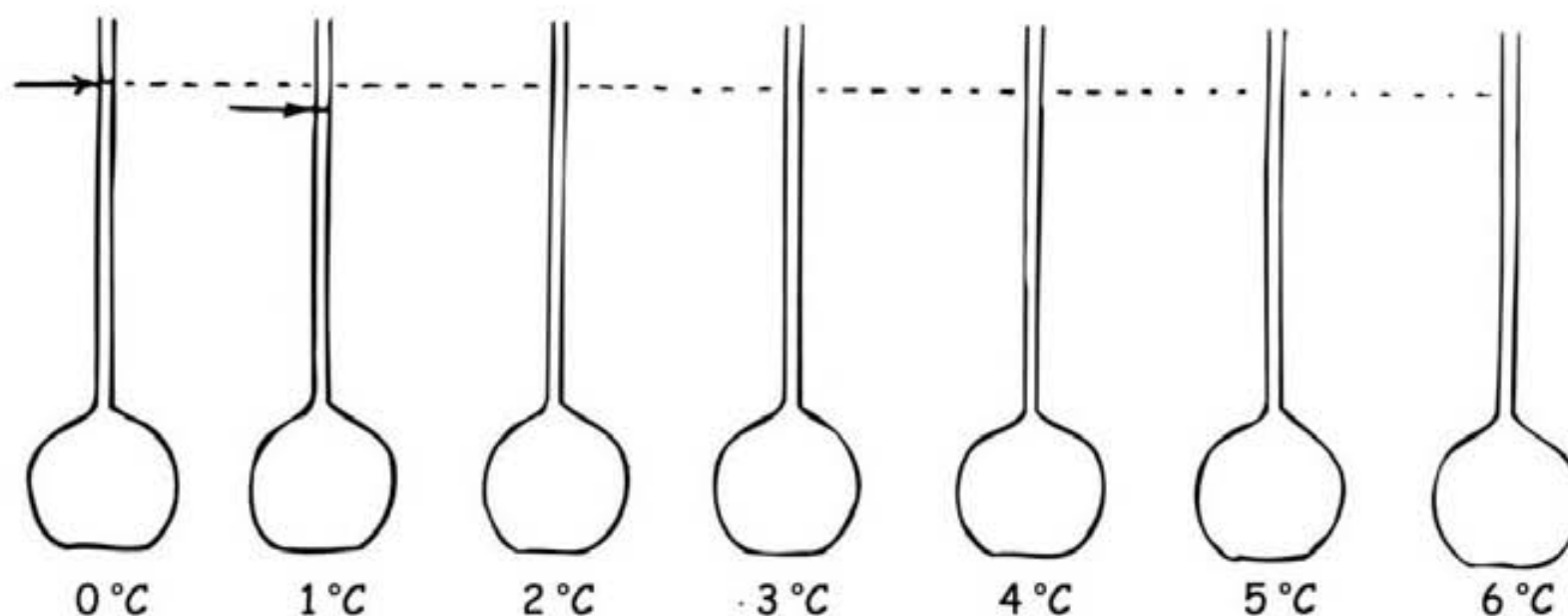
iHewitt
lo dibujó!

Expansión térmica

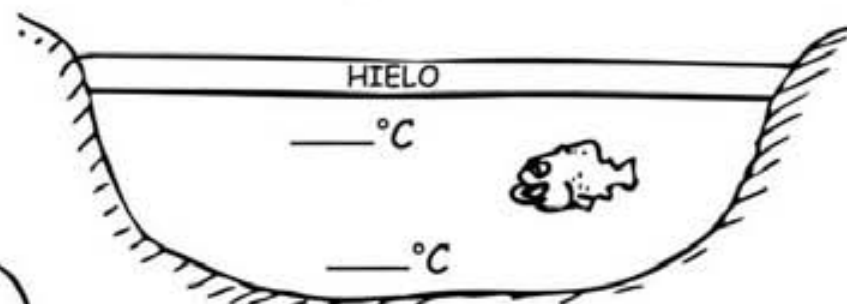
1. La pesa cuelga sobre el piso, en el alambre de cobre. Cuando una llama se mueve a lo largo del alambre y lo calienta, ¿qué sucede con la altura de la pesa? ¿Por qué?



2. Los niveles del agua a 0°C y 1°C se ven abajo, en los dos primeros matraces. A estas temperaturas hay una suspensión microscópica en el agua. Hay un poco más de suspensión a 0°C que a 1°C . Al calentarse el agua, algo de los sólidos se disgregan al fundirse, y el nivel del agua baja en el tubo. Es la causa de que el nivel del agua sea un poco menor en el matraz de 1°C . Calcula y traza aproximadamente los niveles del agua a las otras temperaturas que se indican. ¿Qué tiene de importante el nivel del agua al llegar a 4°C ?



3. El diagrama de la derecha muestra un estanque cubierto de hielo. Indica las temperaturas probables del agua en la parte superior y en el fondo del estanque.



¿QUÉ PESARÁ MÁS, 1 LITRO DE HIELO O 1 LITRO DE AGUA?

Hewitt
lo dibujó!

Nombre _____ Fecha _____

Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

Capítulo 16 Transferencia de calor
Transmisión de calor

1. Los extremos de las dos varillas de latón se ponen en la llama. Escribe C (cierto) o F (falso) en lo siguiente.

- El calor sólo se conduce por la varilla A. _____
- El calor sólo se conduce por la varilla B. _____
- El calor se conduce por igual en las varillas A y B. _____
- La idea de que el "calor sube" se aplica a la transferencia de calor por *convección* y no por *conducción*.



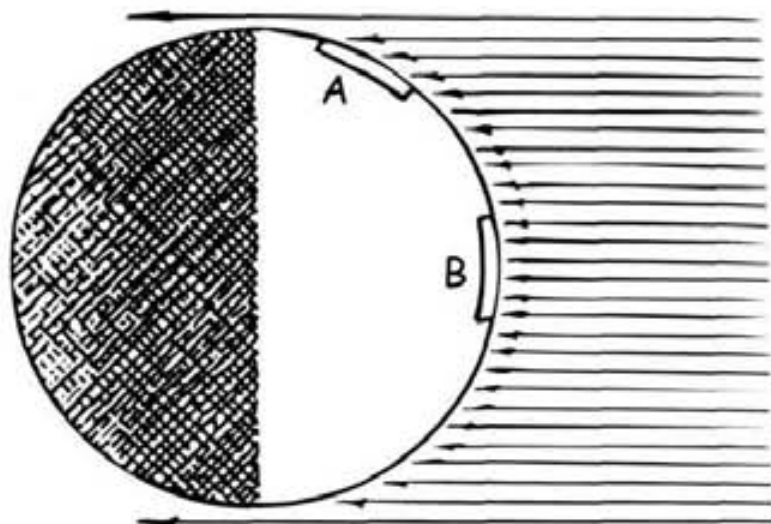
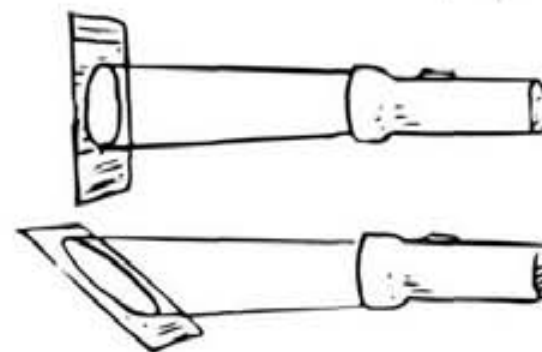
2.  ¿Por qué un pájaro esponja sus plumas para mantenerse caliente en un día frío?

3. ¿Por qué un saco de dormir relleno con plumas de ganso te mantiene caliente en una noche fría? ¿Por qué no calienta si las plumas están mojadas?

4. ¿Qué tiene que ver la *convección* con las ranuras de una pantalla de lámpara de escritorio?



5. La calidez de las regiones ecuatoriales y la frigidez de las regiones polares de la Tierra, se pueden comprender con la luz de una linterna que llega a una superficie. Si llega perpendicularmente, la energía luminosa está más concentrada, porque abarca una superficie menor; si llega formando un ángulo, la energía se reparte en una superficie mayor. Entonces, la energía por unidad de área es menor en el segundo caso.

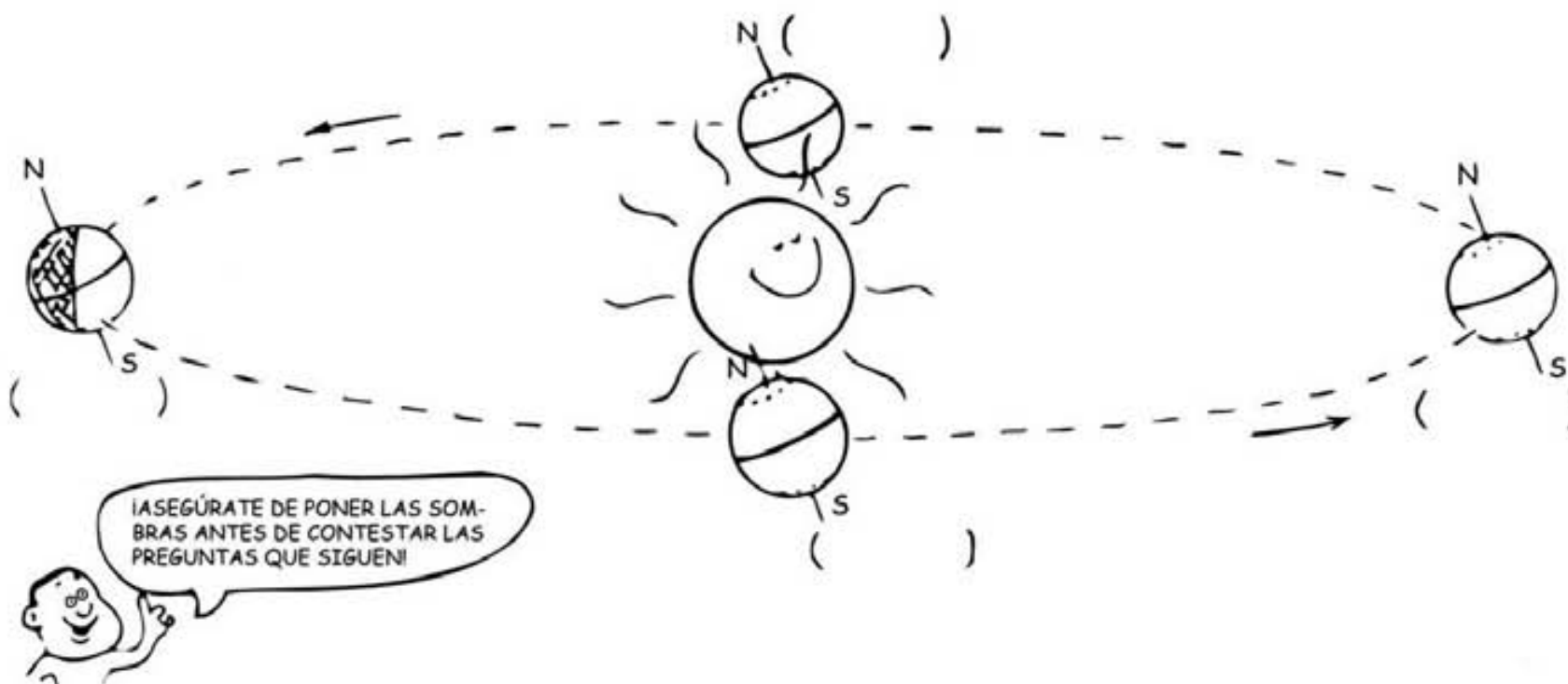


Las flechas representan los rayos de luz del lejano Sol, cuando llegan a la Tierra. Se muestran dos áreas de igual tamaño. El área A, cerca del polo Norte, y el área B, cerca del ecuador. Cuenta los rayos que llegan a cada área y explica por qué B es más cálida que A.

*Hewitt
lo dibujó!*

6. Las estaciones del año en la Tierra, se deben a la inclinación de 23.5° del eje de rotación diaria de ésta, cuando recorre su órbita alrededor del Sol. Cuando la Tierra está en el lugar de la derecha, en el esquema de abajo (no está a escala), el hemisferio norte se inclina hacia el Sol, y la luz solar que le llega es intensa (hay más rayos por unidad de área). La luz solar que llega al hemisferio sur es más débil (hay menos rayos por unidad de área). Los días en el Norte son más cálidos, y la luz del día dura más. Lo puedes ver imaginando a la Tierra cuando da un giro completo en 24 horas.

En el esquema haz lo siguiente: 1) sombrea la parte de la Tierra que está en la noche, en todas las posiciones, como ya se hizo en la parte izquierda. 2) Indica cada posición con su mes correspondiente: marzo, junio, septiembre o diciembre.



- Cuando la Tierra está en alguna de las posiciones que se ven, durante un giro de 24 horas, un lugar en el ecuador recibe luz solar la mitad del tiempo, y oscuridad la otra mitad.
Eso quiere decir que las regiones cercanas al ecuador reciben siempre unas _____ horas de luz solar y _____ horas de oscuridad.
- ¿Puedes ver que en la posición de junio, las regiones más hacia el Norte tienen más horas de luz diurna y noches más cortas? Los lugares al norte del círculo ártico (línea de puntos en el hemisferio norte) siempre ven al Sol, al girar la Tierra, por lo que reciben luz diurna _____ horas por día.
- ¿Cuántas horas de luz y oscuridad hay en regiones al sur del círculo antártico (línea de puntos en el hemisferio sur)?

- Seis meses después, cuando la Tierra está en su posición de diciembre, ¿la situación en el antártico es igual o se invierte?

- ¿Por qué América del Sur y Australia tienen clima cálido en diciembre y no en junio?



*Hewitt
lo dibujó!*

Nombre _____ Fecha _____

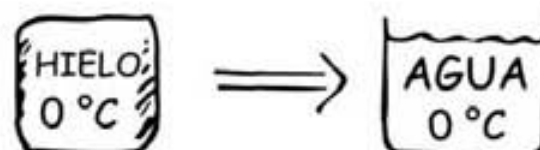
Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

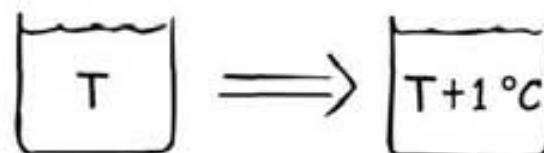
Capítulo 17 Cambio de fase
Hielo, agua y vapor

Toda la materia puede existir en las fases sólida, líquida o gaseosa. La fase sólida existe a temperaturas relativamente bajas; la fase líquida a temperaturas mayores y la fase gaseosa a temperaturas todavía más altas. El agua es el ejemplo más común, no sólo por su abundancia, sino también porque las temperaturas de las tres fases son comunes. Estudia "Energía y cambios de fase" en tu libro, y luego contesta lo siguiente:

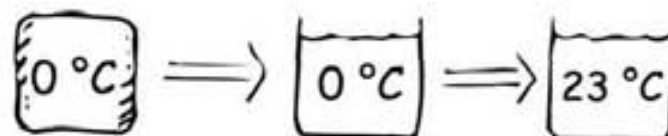
1. ¿Cuántas calorías se necesitan para transformar 1 g de hielo a 0°C en agua a 0°C ?



2. ¿Cuántas calorías se necesitan para cambiar 1°C la temperatura de 1 gramo de agua?



3. ¿Cuántas calorías se necesitan para fundir 1 g de hielo a 0°C y transformarlo en agua a una temperatura ambiente de 23°C ?

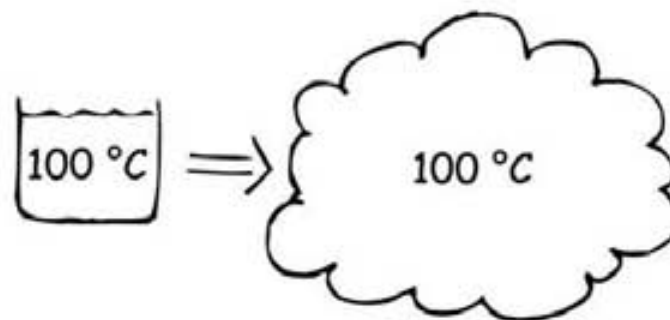


4. Un trozo de 50 g de hielo a 0°C se coloca en un vaso de vidrio que contiene 200 g de agua a 20°C .



- a. ¿Cuánto calor se necesita para fundir el hielo? _____
- b. ¿Cuánto cambiaría la temperatura del agua si cediera esa cantidad de calor al hielo? _____
- c. ¿Cuál será la temperatura final de la mezcla? (Sin tener en cuenta el calor absorbido por el vidrio, o emitido al aire ambiente.) _____

5. ¿Cuántas calorías se necesitan para cambiar 1 g de agua hirviendo a 100°C , en vapor a 100°C ?

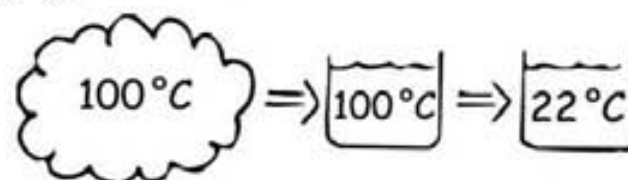


6. Escribe la cantidad de calorías en cada paso del esquema de abajo, para cambiar el estado de 1 gramo de hielo a 0°C en vapor a 100°C .

iHewitt
lo dibujó!

7. Se condensa un gramo de vapor a 100°C , y el agua se enfría a 22°C .

a. ¿Cuánto calor se desprende cuando se condensa el vapor? _____



b. ¿Cuánto calor se desprende cuando el agua se enfría de 100°C a 22°C ?

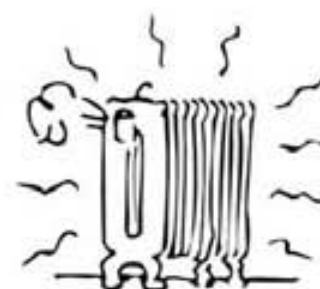
c. ¿Cuánto calor se desprende en total? _____

8. En un radiador de vapor, se condensan 1000 g de vapor a 100°C y el agua se enfría a 90°C .

a. ¿Cuánto calor se desprende cuando se condensa el vapor?

b. ¿Cuánto calor se desprende cuando el agua se enfría de 100°C a 90°C ?

c. ¿Cuánto calor se desprende en total?



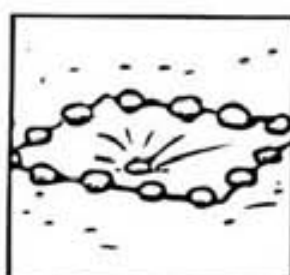
9. ¿Por qué es difícil preparar té en una montaña elevada?

10. ¿Cuántas calorías cede 1 g de vapor a 100°C que se condensa y forma agua a 100°C ?

11. ¿Cuántas calorías cede 1 g de vapor de 100°C que se condensa y el agua baja su temperatura a 22°C ?

12. ¿Cuántas calorías desprende un radiador doméstico, cuando se condensan 1000 g de vapor a 100°C y forman agua a 90°C ?

13. Para obtener agua del suelo, así sea en un desierto caluroso, escarba un agujero de medio metro de ancho y medio metro de profundidad. Coloca una taza en el fondo. Extiende un trozo de plástico sobre el agujero y sujeta el material con piedras a su alrededor. Con una piedra oprime el centro del plástico para que adquiera una forma cónica. ¿Por qué se juntará agua en la taza? (¡La física te puede salvar la vida, si algún día te encuentras atrapado en un desierto!)



Nombre _____ Fecha _____

Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

Capítulo 17 Cambio de fase
Evaporación

1. ¿Por qué sientes más frío cuando nadas en una alberca en un día con viento?

2. ¿Por qué sientes fría tu piel al frotarla con un poco de alcohol?

3. Explica en forma breve, desde un punto de vista molecular, por qué la evaporación es un proceso de enfriamiento.

4. Cuando se evapora rápidamente agua caliente, el resultado puede ser dramático. Imagina 4 g de agua hirviendo repartida sobre una gran superficie, de modo que se evapore rápidamente 1 g. Además, imagina que la superficie y los alrededores están muy fríos, y todas las 540 calorías de la evaporación provinieron de los 3 g restantes de agua.



- a. ¿Cuántas calorías se toman de cada gramo de agua?

- b. ¿Cuántas calorías se desprenden cuando 1 g de agua a 100°C se enfria a 0°C ?

- c. ¿Cuántas calorías se desprenden cuando 1 g de agua a 0°C se transforma en hielo a 0°C ?

- d. Cuando se evaporó rápidamente 1 g de agua, ¿qué sucede, en este caso, con los 3 g restantes del agua hirviendo?



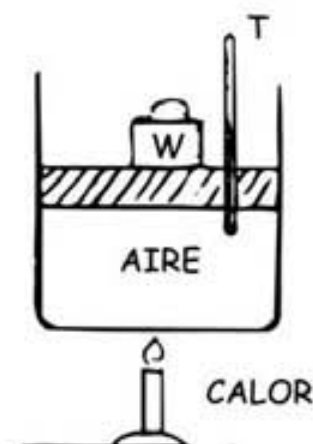
Nombre _____ Fecha _____

Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

Capítulo 18 Termodinámica
Cero absoluto

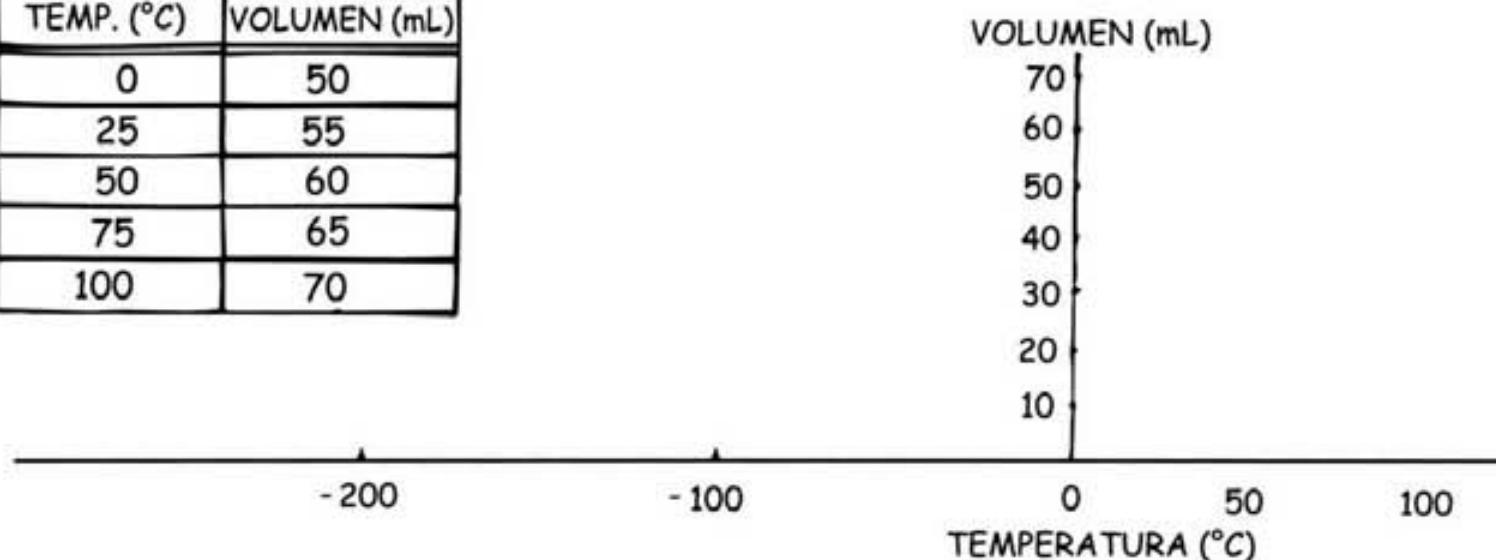
Una masa de aire es contenida de modo que el volumen puede cambiar, pero la presión permanece constante. La tabla I muestra volúmenes de aire a diversas temperaturas cuando el aire es calentado lentamente.



1. Grafica los datos de la tabla I y une los puntos.

Tabla I

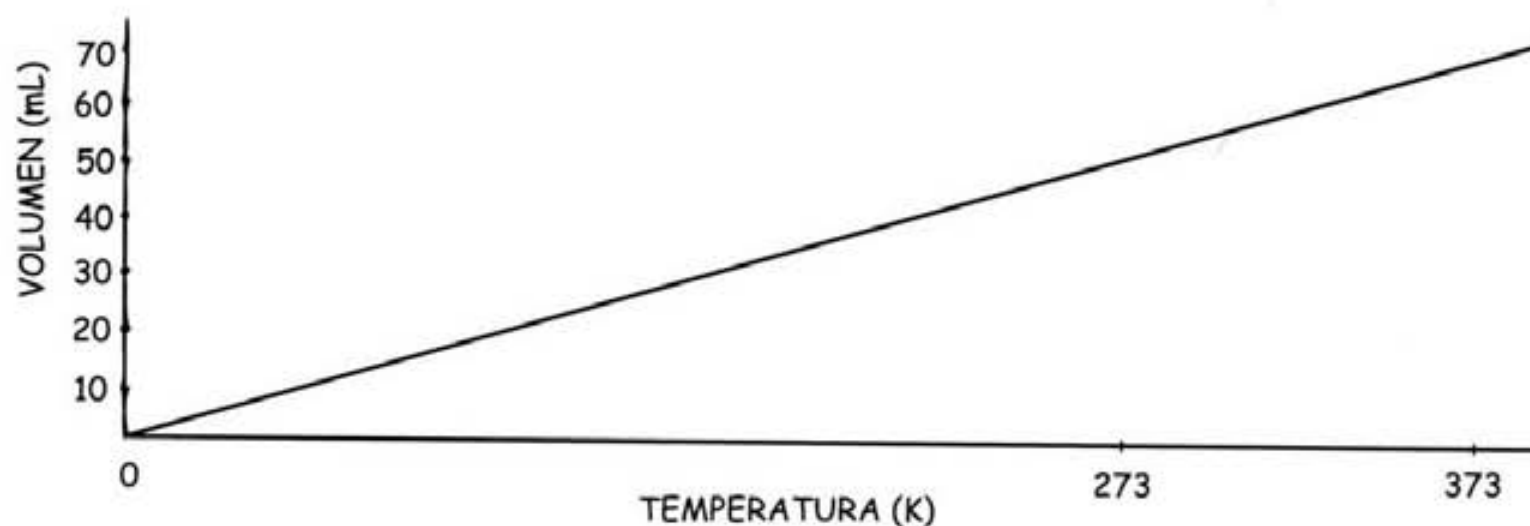
TEMP. (°C)	VOLUMEN (mL)
0	50
25	55
50	60
75	65
100	70



2. La gráfica muestra cómo varía el volumen de aire con la temperatura, a presión constante. La línea recta quiere decir que el aire se dilata uniformemente con la temperatura. Con tu gráfica podrás predecir lo que sucederá con el volumen del aire al enfriarlo.

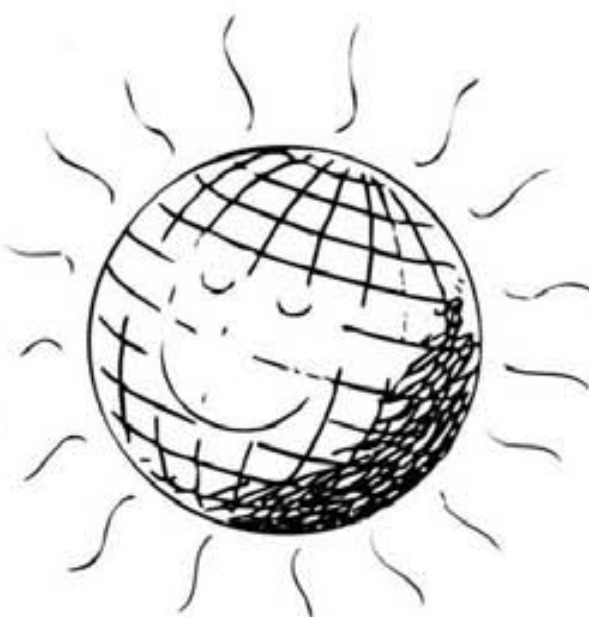
Extrapolando (prolonga) la línea recta de tu gráfica para determinar la temperatura a la cual el volumen del aire sería cero. Marca este punto en tu gráfica. Estima esa temperatura: _____

3. Aunque el aire se volvería líquido antes de llegar a esta temperatura, este procedimiento parece indicar que hay un límite inferior de lo frío que puede estar un objeto. Es el cero absoluto de temperatura. Con experimentos cuidadosos se demuestra que el cero absoluto está a _____ °C.
4. En la ciencia se mide la temperatura en *kelvin*, y no en grados Celsius o centígrados, y el cero absoluto es cero kelvin. Si volvieras a indicar las temperaturas en el eje horizontal de la gráfica de la pregunta 1 para que esas temperaturas fueran en kelvin ¿tu gráfica se vería como la de abajo? _____

iHewitt
lo dibujó!

El interior caliente de nuestra Tierra

Los científicos del siglo XIX encaraban un gran misterio. Los volcanes indicaban que la Tierra está fundida bajo su corteza. La penetración de ésta por medio de perforaciones y de las minas, demostró que la temperatura de la Tierra aumenta a mayor profundidad. Los científicos sabían que el calor fluye desde el interior hacia la superficie. Supusieron que la fuente del calor interno de la Tierra era el residuo de su fiero nacimiento. Las mediciones de la rapidez de enfriamiento indicaban que la Tierra era relativamente joven, de unos 25 a 30 millones de años. Pero la evidencia geológica indicaba que la Tierra es más vieja. El problema no se resolvió, sino hasta el descubrimiento de la radiactividad. Se vio que el interior se mantiene caliente por la energía de la desintegración radiactiva. Hoy sabemos que la edad de la Tierra es de unos 4500 millones de años; bastante antigua.



Todas las rocas contienen huellas de minerales radiactivos. Los minerales del granito común desprenden energía a una tasa de 0.03 J/kg/año. El granito de la superficie terrestre transfiere esta energía a los alrededores, prácticamente a medida que se genera, por lo que el granito no se siente caliente al tocarlo. Pero, ¿si se aislara una muestra de granito? Es decir, imagina que se retenga el aumento de energía interna debido a la radiactividad. Entonces se calentaría. ¿Cuánto? Lo vamos a calcular, usando 790 joules/kilogramo-kelvin como el calor específico del granito.

Calcular:

1. ¿Cuántos joules se requieren para aumentar 1000 K la temperatura de 1 kg de granito?

2. ¿Cuántos años se tardaría el decaimiento radiactivo en un kilogramo de granito en producir esos joules?

**Contestar:**

1. ¿Cuántos años tardaría un trozo de 1 kg de granito, aislado térmicamente, en aumentar 1000 K su temperatura?

2. ¿Cuántos años tardaría un trozo de 1 millón de kilogramos de granito, aislado térmicamente, en aumentar 1000 K su temperatura?

3. ¿Por qué el interior de la Tierra permanece fundido y caliente?

4. La roca tiene mayor temperatura de fusión a grandes profundidades. ¿Por qué?

5. ¿Por qué la Tierra no se sigue calentando hasta fundirse?

6. Cierto o falso: la energía producida por la radiactividad terrestre al final se transforma en radiación terrestre.

Un tostador eléctrico permanece caliente al suministrarle energía eléctrica y no se enfría, sino hasta que se desconecta. De igual modo, ¿crees que la fuente de energía que hoy mantiene caliente a la Tierra de repente se puede desconectar algún día, como un tostador eléctrico? ¿O que disminuirá en forma gradual durante un largo tiempo?



*Hewitt
lo dibujó!*

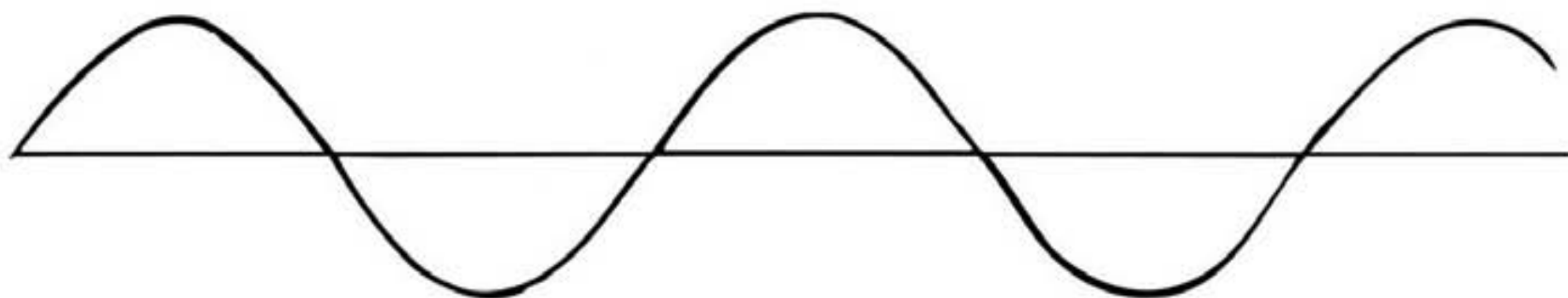
Nombre _____ Fecha _____

Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

Capítulo 19 Vibraciones y ondas
Fundamentos de vibraciones y ondas

1. Abajo está el trazo de una senoide que representa una onda transversal. Con una regla, mide la longitud de onda y la amplitud de la onda.



(a) Longitud de onda = _____

(b) Amplitud = _____

2. Un niño en un columpio hace una oscilación completa, ida y vuelta, cada 2 segundos. La frecuencia de la oscilación es
(0.5 hertz) (1 hertz) (2 hertz)

y el periodo es

(0.5 segundo) (1 segundo) (2 segundos).



3. Completa los enunciados.



4. El molesto ruido de un mosquito lo produce al batir las alas a una tasa promedio de 600 aleteos por segundo.

a. ¿Cuál es la frecuencia de las ondas sonoras?

b. ¿Cuál es la longitud de onda? (Suponiendo que la rapidez del sonido es de 340 m/s.)



Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

5. Una ametralladora dispara 10 balas por segundo. La rapidez de las balas es de 300 m/s.



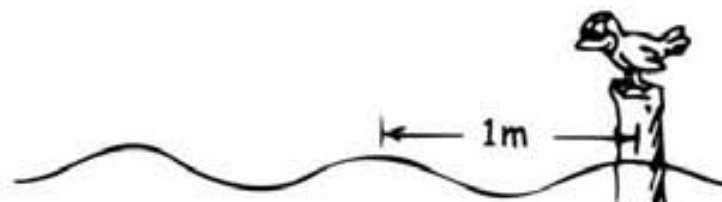
- a. ¿Cuál es la distancia entre las balas en el aire? _____
- b. ¿Qué sucede con esa distancia entre las balas al aumentar la frecuencia de tiro?

6. Imagina a un generador de onda que produzca 10 pulsos por segundo. La rapidez de las ondas es de 300 cm/s.

- a. ¿Cuál es la longitud de esas ondas? _____
- b. ¿Qué sucede con la longitud de onda si aumenta la frecuencia de los pulsos?

7. El pájaro de la derecha ve las ondas que pasan. Si por el poste pasa la parte de la onda entre dos crestas cada segundo ¿cuál es la rapidez de la onda?

¿Cuál es su periodo?



8. Si la distancia entre las crestas, en la pregunta anterior, fuera 1.5 metros, y por el poste pasan dos crestas cada segundo ¿cuál sería la rapidez de la onda?

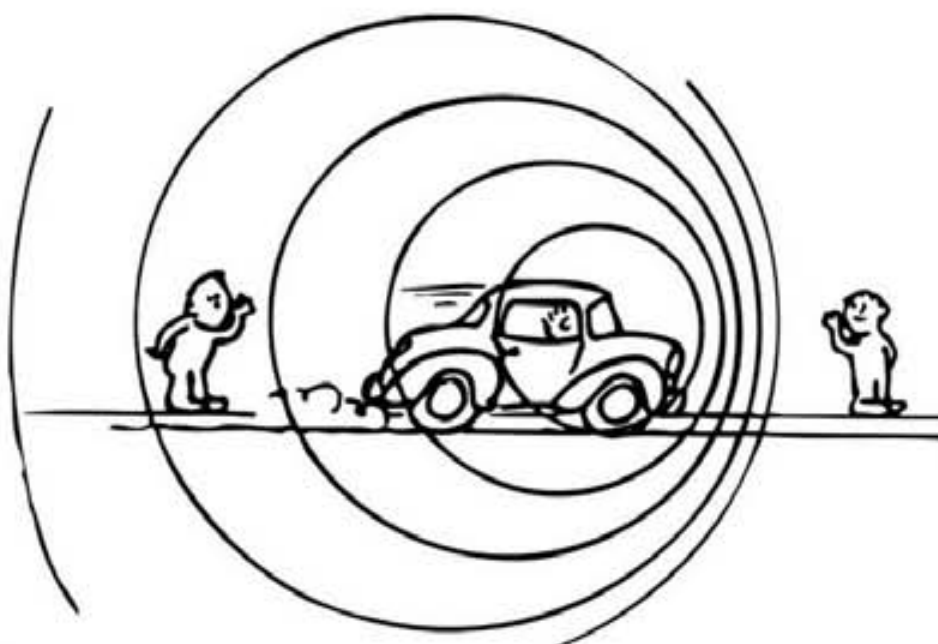
¿Cuál sería su periodo?

9. Cuando un automóvil se acerca a un escucha, el sonido de su bocina parece relativamente
(grave) (normal) (agudo).

y cuando el automóvil se aleja del escucha, su bocina parece

(grave) (normal) (aguda).

10. Los cambios de altura del efecto Doppler se debe a cambios de
(rapidez de la onda) (frecuencia de la onda).

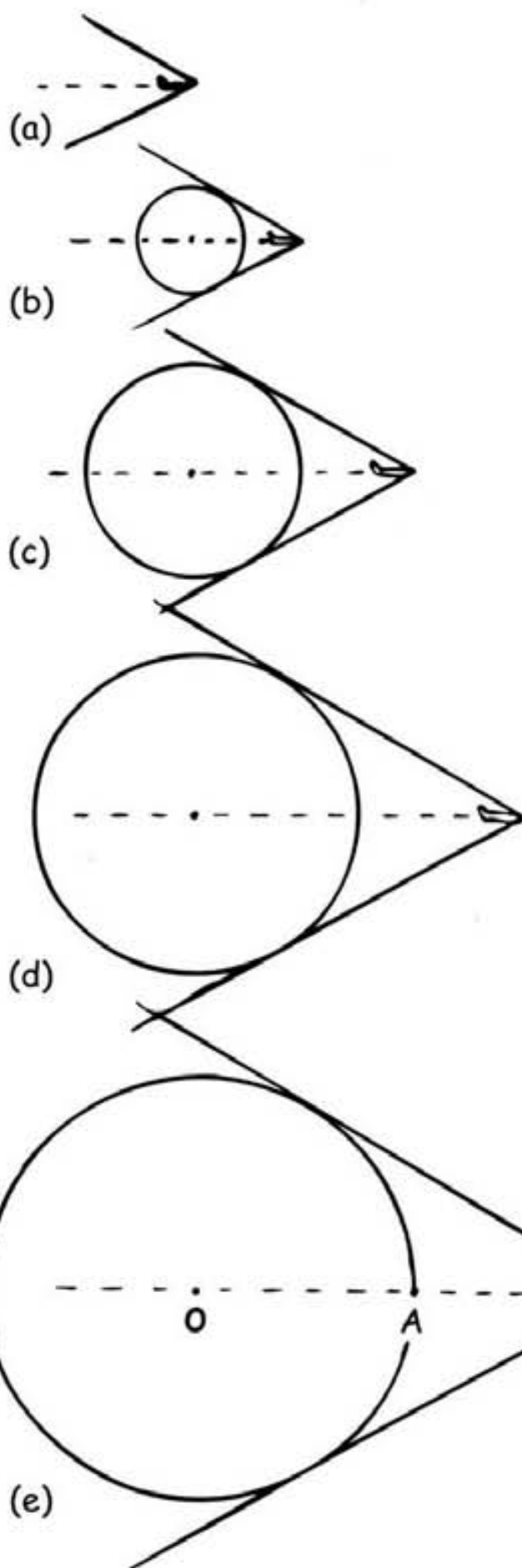


Nombre _____

Fecha _____

Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

Capítulo 19 Vibraciones y ondas
Ondas de choque

La onda de choque en forma de cono que produce un avión supersónico es, en realidad, el resultado de las ondas sonoras esféricas superpuestas, como indican los círculos traslapados de la figura 18.19 de tu libro de texto. Los esquemas (a), (b), (c), (d) y (e) a la izquierda muestran el crecimiento "animado" de sólo una de las muchas ondas sonoras esféricas (que se ve como un círculo en expansión, en el esquema bidimensional). El círculo se origina cuando el avión está en la posición indicada en (a). El esquema (b) muestra el crecimiento del círculo y la posición del avión cierto tiempo después. En (c), (d) y (e) se muestran momentos posteriores. Observa que el círculo crece y el avión se aleja hacia la derecha. También observa que el avión se mueve adelante de la onda sonora. Esto se debe a que el avión se mueve con más rapidez que el sonido.

Con un examen cuidadoso se ve lo rápidamente que se mueve el avión en comparación con la rapidez del sonido. El esquema (e) muestra que en el mismo tiempo que el sonido recorre desde O hasta A, el avión se ha movido desde O hasta B —en este caso, al doble de distancia. Lo puedes comprobar con una regla.

Encierra la respuesta en un círculo.

1. Revisa los esquemas (b) y (d). El avión, ¿ha recorrido el doble de distancia que el sonido, en el mismo tiempo, también en estos esquemas?

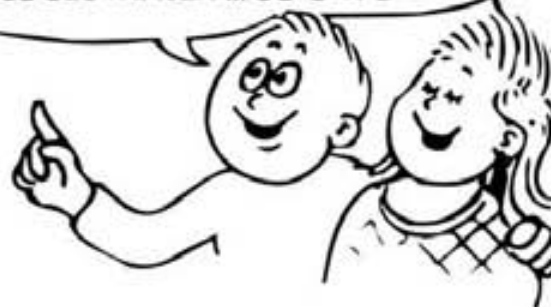
(sí) (no)

2. Para mayores rapidezces, el ángulo de la onda de choque sería

(más amplio) (igual) (más angosto).

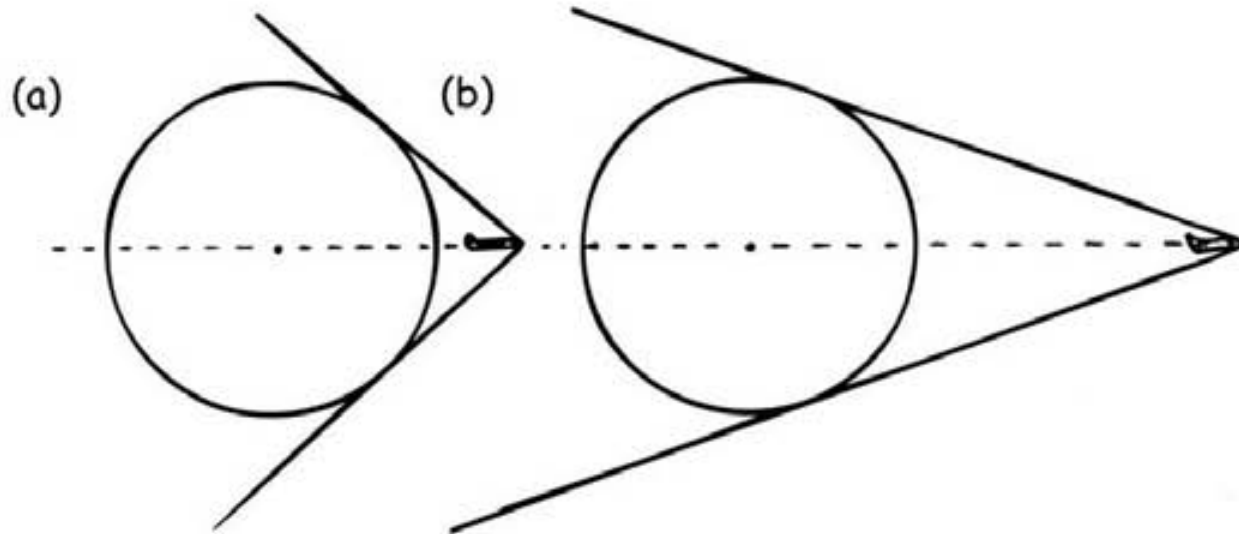
EN EL TIEMPO EN QUE EL SONIDO VIAJA DE O A A, EL AVIÓN RECORRE DOBLE DISTANCIA ... DE O A B

¡QUIERE DECIR QUE VUELA AL DOBLE DE LA RAPIDEZ DEL SONIDO!



*iHewitt
lo dibujó!*

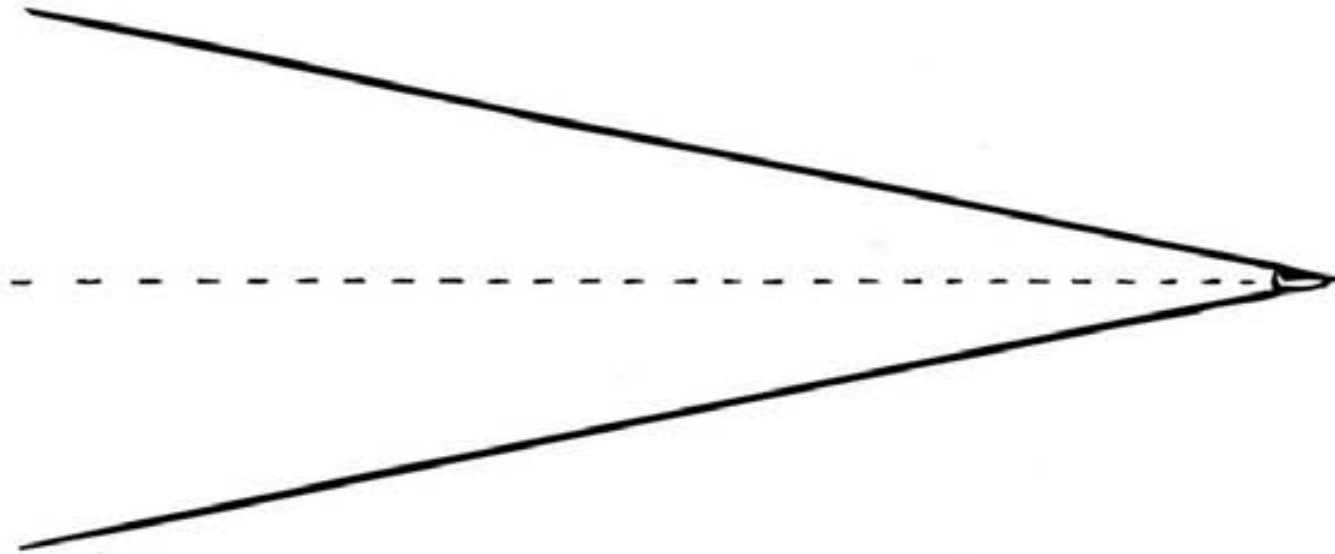
3. Usa una regla para estimar la rapidez del avión que produce las ondas de choque en los dos esquemas siguientes.



El avión (a) viaja más o menos a _____ veces la rapidez del sonido.

El avión (b) viaja más o menos a _____ veces la rapidez del sonido.

4. Traza tu propio círculo (en cualquier lugar) y estima la rapidez del avión que produce la onda de choque que se ve a continuación.



La rapidez es aproximadamente _____ veces la rapidez del sonido.

5. En el espacio de abajo traza la onda de choque formada por un misil supersónico que viaja a cuatro veces la rapidez del sonido.

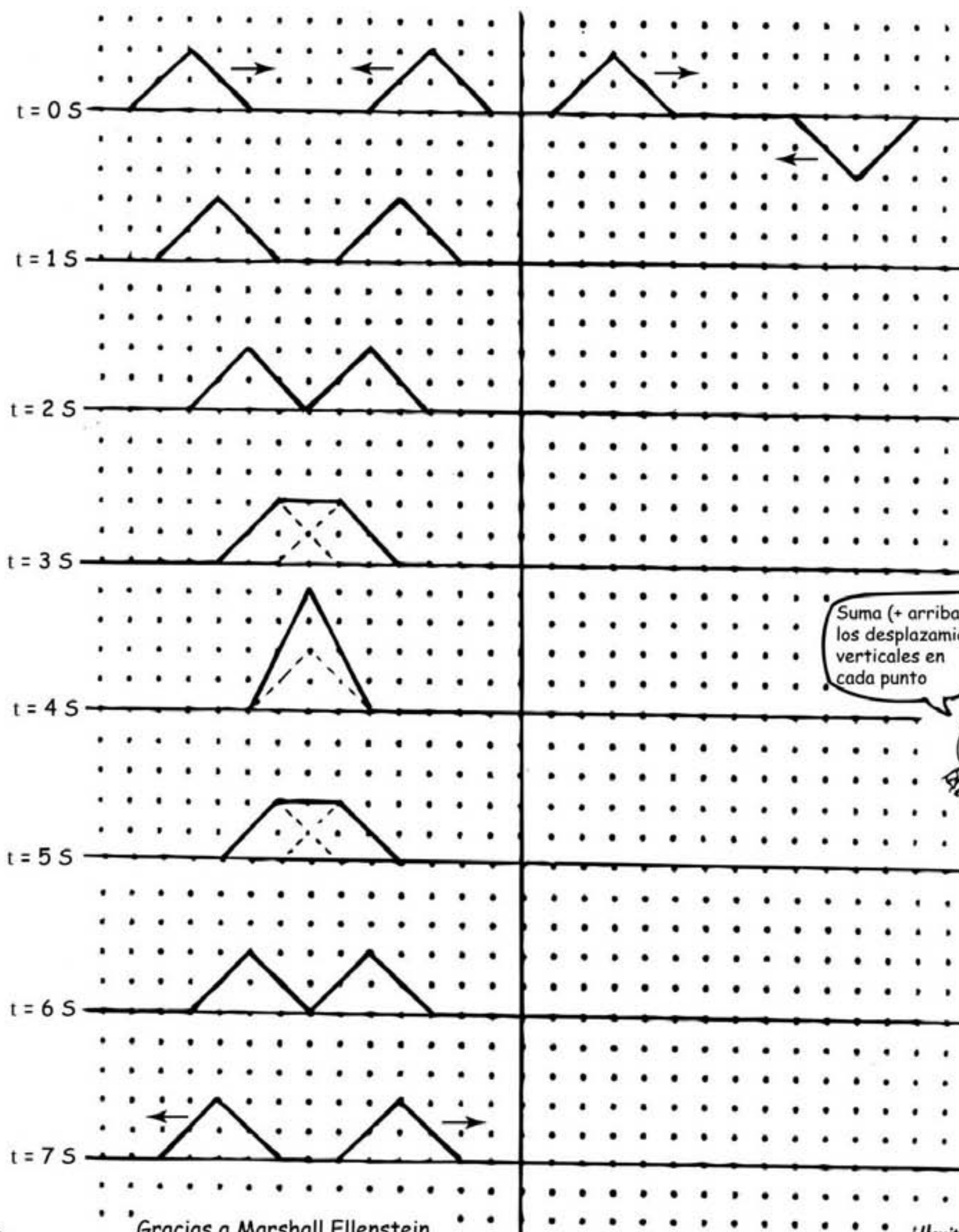
Nombre _____ Fecha _____

Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

Capítulo 20 Sonido
Superposición de ondas

Un par de pulsos se aproximan entre sí con rapidezces iguales. Las ondas compuestas, al encontrarse e interferirse, se muestran a intervalos de 1 segundo. En la columna de la izquierda observa cómo interfieren los pulsos para producir la onda compuesta (línea continua). Haz una construcción similar para los dos pulsos de la columna derecha. Al igual que los de la izquierda, cada uno viaja a 1 espacio por segundo.



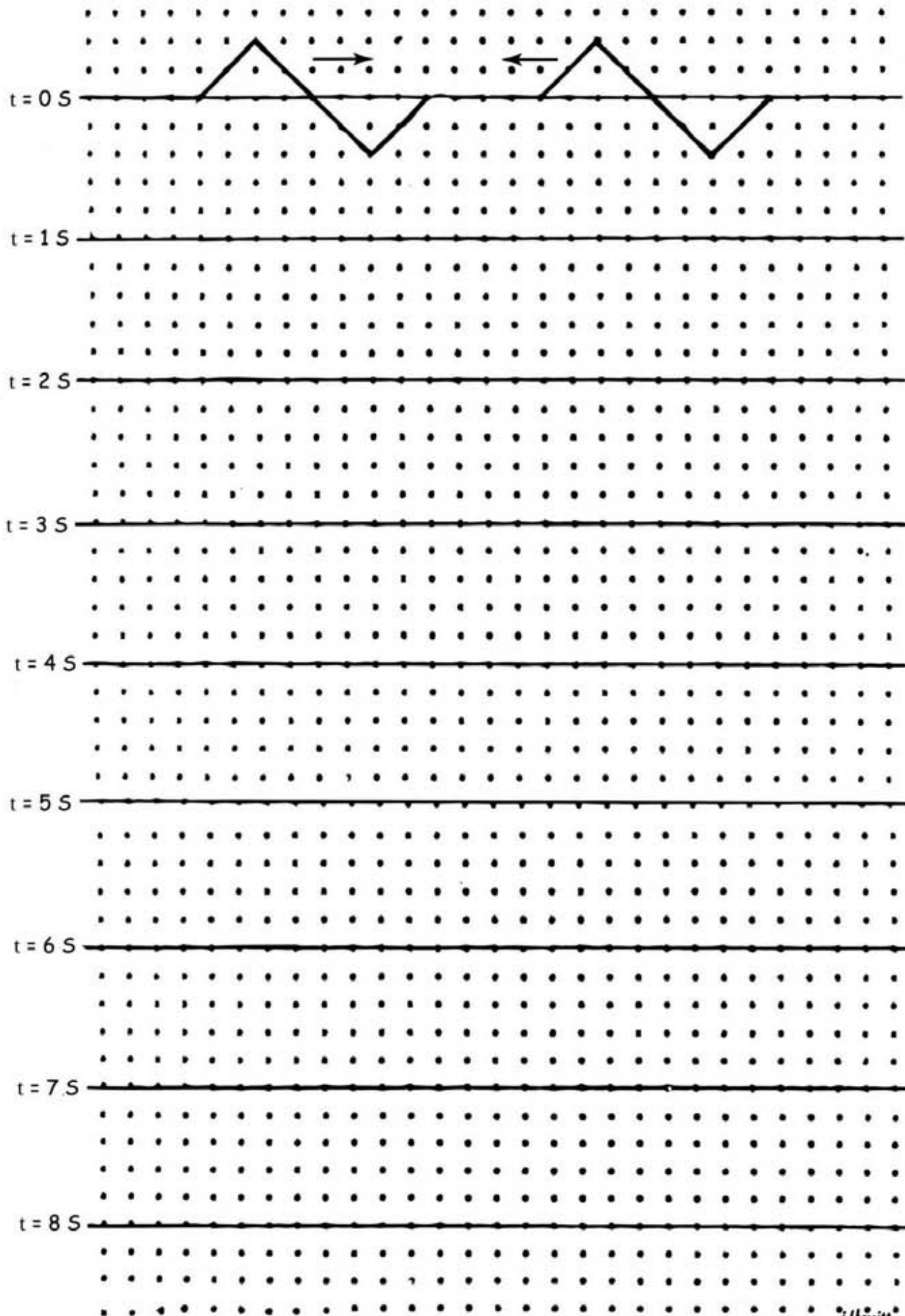
Suma (+ arriba, - abajo)
los desplazamientos
verticales en
cada punto



Gracias a Marshall Ellenstein

iHewitt
lo dibujó!

Traza las ondas compuestas a intervalos de 1 segundo, para las dos ondas que se acercan entre sí con iguales rapidez.



Nombre _____

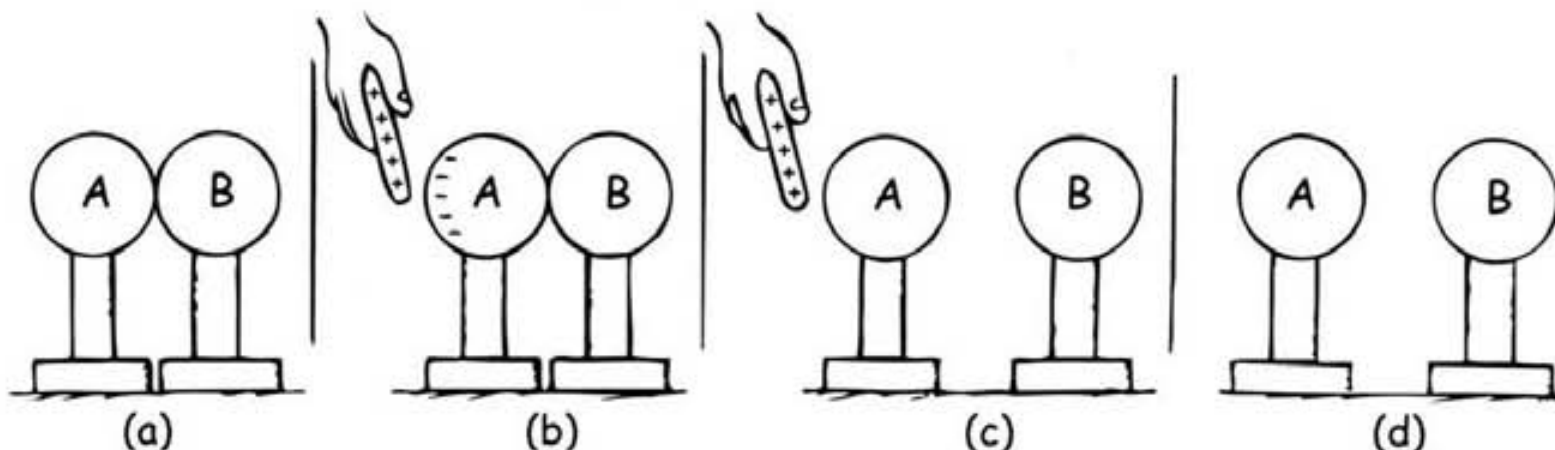
Fecha _____

Física CONCEPTUAL

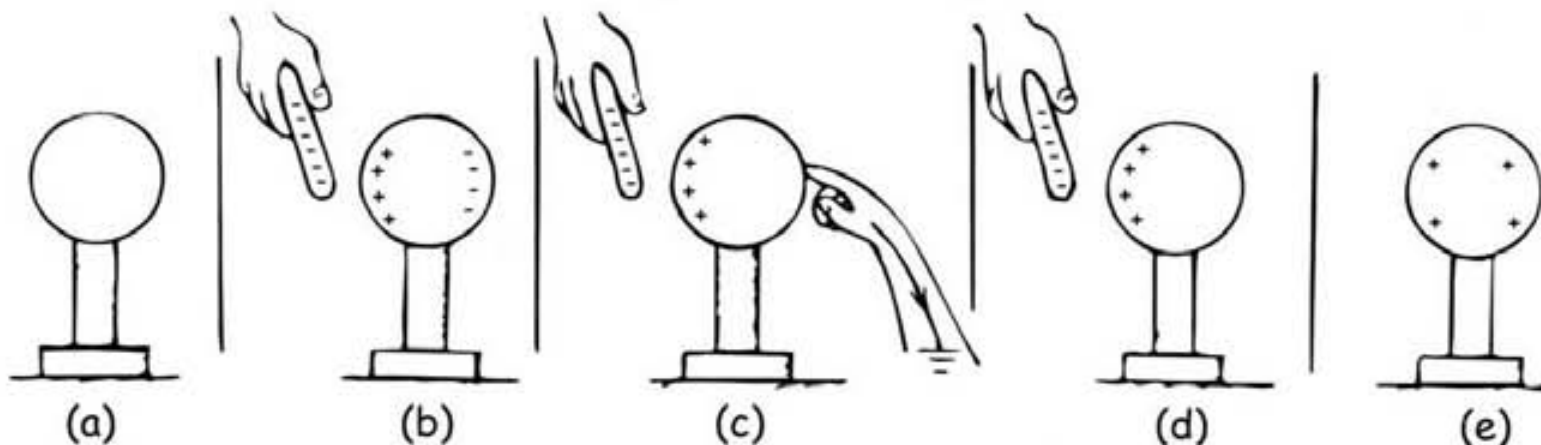
PÁGINA DE PRÁCTICA

Capítulo 22 Electrostática
Carga estática

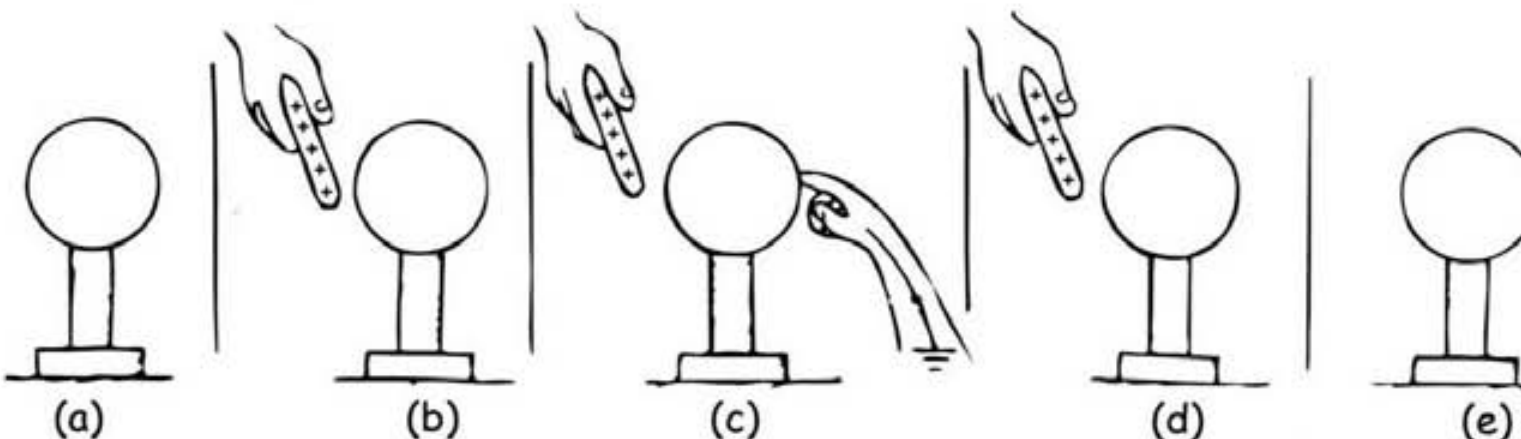
1. Examina los diagramas de abajo. (a) Un par de esferas metálicas aisladas, A y B, se tocan, por lo que de hecho forman un solo conductor sin carga. (b) Una barra con carga positiva se acerca a A, sin tocarla, y los electrones del metal de la esfera son atraídos hacia la barra. Se han redistribuido las cargas en las esferas, y se indica la carga negativa. Traza los signos + adecuados para indicar que son repelidos al extremo lejano de B. (c) Traza los signos de la carga en este caso, cuando las esferas están separadas pero la varilla continúa presente. (d) Después de que se ha eliminado la varilla. Tu trabajo completo se debería parecer al de la figura 21.7 del texto. Las esferas se han cargado por *inducción*.



2. Abajo se ve una sola esfera metálica aislada, (a), inicialmente sin carga. Cuando se acerca una barra con carga negativa en (b), las cargas se separan en el metal. Los electrones son repelidos al lado lejano. Cuando tocas la esfera con el dedo, como en (c), los electrones salen hacia la tierra, atravesando la mano. La esfera está "aterrizada". Observa la carga positiva que queda en (d), mientras que la barra todavía está presente y ya retiraste el dedo; y en (e) cuando la barra se quita. Es un ejemplo de *carga por inducción y conexión a tierra*. En este procedimiento, la barra negativa "da" una carga positiva a la esfera.



Los diagramas de abajo muestran un procedimiento similar con una barra positiva. Traza las cargas correctas en los diagramas.

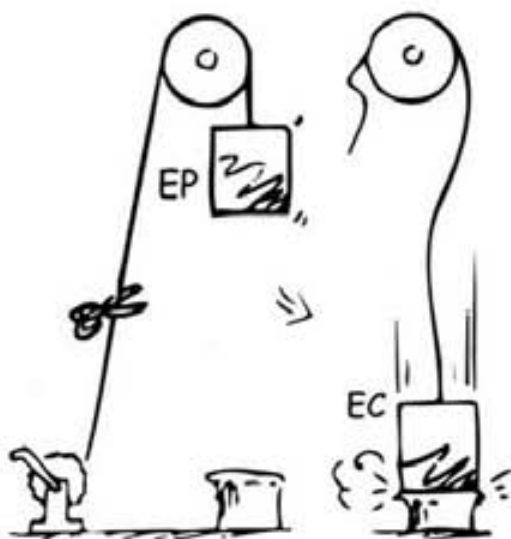


Física CONCEPTUAL

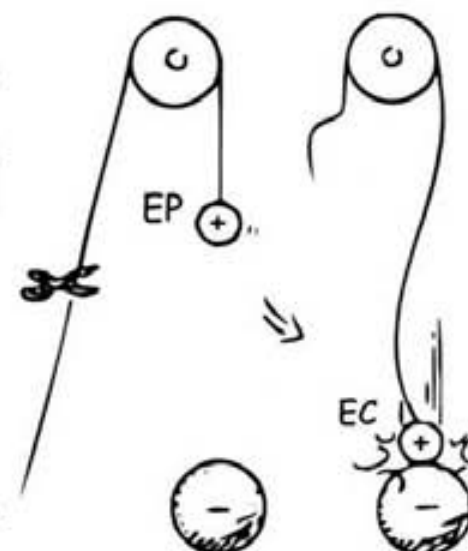
PÁGINA DE PRÁCTICA

Potencial eléctrico

1.



Así como la EP (energía potencial) se transforma en EC (energía cinética) en una masa que sube contra el campo gravitacional (izquierda), la EP eléctrica de una carga eléctrica se transforma en otras formas de energía cuando cambia de lugar en un campo eléctrico (derecha). Cuando se suelta, ¿cómo se compara la EC adquirida en cada caso con la disminución de EP?



2. Completa las frases siguientes.



Una fuerza comprime el resorte. El trabajo efectuado en compresión es el producto de la fuerza promedio por la distancia recorrida. $W = Fd$. Este trabajo aumenta la EP del resorte.

De igual manera, una fuerza impulsa a la carga (digamos que es una carga de prueba) cercana a la esfera cargada. El trabajo efectuado al mover la carga de prueba es el producto de la _____ promedio por la _____ recorrida. $W = \text{_____}$. Este trabajo _____ la EP de la carga de prueba.



Si la carga de prueba se libera, será repelida y despedida más allá de su punto inicial. Su ganancia de EC en este punto es _____ a su disminución de EP.

En cualquier punto, una mayor cantidad de carga de prueba equivale a una mayor cantidad de EP, pero no a una mayor cantidad de EP *por cantidad* de carga. Las cantidades EP (expresada en joules) y EP/carga (expresada en volts) son distintos conceptos.

Por definición: **potencial eléctrico** = EP/carga. 1 volt = 1 joule/1 coulomb.

3. Completa las frases siguientes.

EP ELÉCTRICA/CARGA TIENE EL NOMBRE ESPECIAL DE _____ ELÉCTRICO

COMO SE MIDE EN VOLTS, SE LE SUELE LLAMAR _____



4. Si un conductor conectado a la terminal de un acumulador tiene un potencial de 12 volts, entonces cada coulomb de carga en el conductor tiene una EP de _____ J.

5. Algunas personas confunden la fuerza con la presión. Recuerda que la presión es fuerza *por unidad de área*. De igual modo, algunas personas se confunden con la EP eléctrica y el voltaje. De acuerdo con este capítulo, el voltaje es EP eléctrica *por* _____.

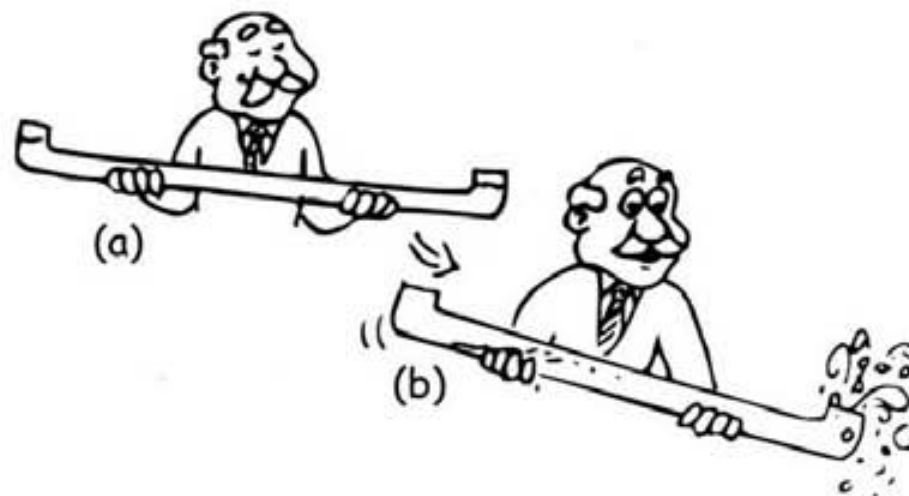
*Hewitt
lo dibujó!*

Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

Capítulo 23 Corriente eléctrica
Flujo de la carga

1. El agua no fluye en el tubo cuando (a) ambos extremos están al mismo nivel. Otra forma de decirlo es que el agua no fluye en el tubo cuando ambos extremos tienen la misma energía potencial (EP). De igual modo, la carga no fluye en un conductor si sus dos extremos tienen el mismo potencial eléctrico. Pero si inclinas el tubo de agua y aumentas la EP de un lado, para que haya una diferencia de EP entre los extremos del tubo, como en (b), entonces sí fluye el agua. De igual manera, si aumentas el potencial eléctrico de un extremo de un conductor para que haya una diferencia de potencial con el otro extremo, fluirá la carga.



- a. Las unidades de diferencia de potencial eléctrico son
(volts) (ampere) (ohms) (watts).
- b. Es común llamar, a la diferencia de potencial,
(voltaje) (amperaje) (watts).
- c. El flujo de carga eléctrica se llama
(voltaje) (corriente) (potencia).
- eléctrico(a), y se expresa en
(volts) (ampere) (ohms) (watts).

UN VOLT ES UNA UNIDAD DE _____
Y UN AMPERE ES UNA UNIDAD DE _____

¿EL VOLTAJE CAUSA LA CORRIENTE,
O LA CORRIENTE CAUSA EL
VOLTAGE? ¿CUÁL ES LA CAUSA
Y CUÁL ES EL EFECTO?

2. Llena los espacios:

- a. Una corriente de 1 ampere es un flujo de carga que fluye a razón de _____ coulomb por segundo.
- b. Cuando una carga de 15 C atraviesa cualquier sección de un circuito cada segundo, la corriente es _____ A.
- c. Un volt es la diferencia de potencial entre dos puntos, si se necesita 1 joule de energía para mover _____ coulomb(s) de carga entre los dos puntos.
- d. Cuando se conecta una lámpara en un tomacorriente de 120 V, cada coulomb de carga que pasa por el circuito se eleva a una energía potencial de _____ joules.
- e. ¿Qué ofrece más resistencia al flujo de agua: un tubo ancho o un tubo angosto? _____
De igual modo ¿qué ofrece más resistencia al flujo de carga, un alambre grueso o un alambre delgado?

Ley de Ohm

1. ¿Cuánta corriente pasa por un resistor de 1000 ohms cuando se imprimen 1.5 volts a través de él?

2. Si la resistencia del filamento de un faro de automóvil es de 3 ohms, ¿cuántos ampere pasan cuando se conecta con un acumulador de 12 volts?

3. La resistencia de las luces direccionales de un automóvil es de 10 ohms. ¿Cuánta corriente pasa por ellas cuando se conectan a 12 volts?

4. ¿Cuál es la corriente en el serpentín de calentamiento de 30 ohms de una cafetera que trabaja en un circuito de 120 volts?



5. Durante una prueba con un detector de mentiras, se imprimen 6 V a través de dos dedos. Cuando se hace cierta pregunta, la resistencia entre los dedos baja de 400,000 ohms a 200,000 ohms. ¿Cuál es la corriente (a) inicial entre los dedos y (b) cuando baja la resistencia entre ellos?
(a) _____ (b) _____
6. ¿Cuánta resistencia permite que un voltaje de 6 V produzca una corriente de 0.006 A?

7. ¿Cuál es la resistencia de una plancha doméstica que toma 12 A de corriente a 120 V?

8. ¿Cuál es el voltaje a través de un elemento de circuito de 100 ohms por el que pasa una corriente de 1 A?

9. ¿Qué voltaje produce 3 A a través de un resistor de 15 ohms?

10. La corriente de una lámpara incandescente es de 0.5 A cuando se conecta a un circuito de 120 V, y 0.2 A cuando se conecta a una fuente de 10 V. ¿Cambia la resistencia de la lámpara en esos casos? Explica tu respuesta y defiéndela con valores numéricos.

¡OHM SORPRESA!

Nombre _____

Fecha _____

Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

Capítulo 23 Corriente eléctrica
Potencia eléctrica

Recuerda que la rapidez con que se convierte la energía de una forma a otra se llama *potencia*.

$$\text{potencia} = \frac{\text{energía convertida}}{\text{tiempo}} = \frac{\text{voltaje} \times \text{carga}}{\text{tiempo}} = \text{voltaje} \times \frac{\text{carga}}{\text{tiempo}} = \text{voltaje} \times \text{corriente}.$$

La unidad de potencia es el *watt* (o el *kilowatt*). Entonces, en unidades,

$$\text{potencia eléctrica (watts)} = \text{corriente (ampere)} \times \text{voltaje (volts)}$$

$$\text{donde } 1 \text{ watt} = 1 \text{ ampere} \times 1 \text{ volt}.$$



ES CIERTO ... VOLTAGE = $\frac{\text{ENERGÍA}}{\text{CARGA}}$, Y ENTONCES VOLTAGE $\times$ CARGA ...
Y $\frac{\text{TIEMPO}}{\text{CARGA}} = \text{CORRIENTE}$ ¡BIEN!

1. ¿Cuál es la potencia cuando 120 V hacen pasar 2 A de corriente a través de un dispositivo?

2. ¿Cuál es la corriente cuando se conecta una lámpara de 60 W en 120 V?

3. ¿Cuánta corriente toma una lámpara de 100 W al conectarla a 120 V?

4. Si una parte de un circuito eléctrico disipa energía a la tasa de 6 W, cuando pasa por él una corriente de 3 A, ¿qué voltaje se le aplica?

5. La ecuación

$$\text{potencia} = \frac{\text{energía convertida}}{\text{tiempo}}$$

cuando se reordena es

$$\text{energía convertida} =$$

6. Explica la diferencia entre un kilowatt y un kilowatt-hora.

7. Un artificio antirrobo es dejar encendida siempre la lámpara de la entrada. Si la lámpara tiene una bombilla de 60 W y 120 V, y la empresa eléctrica vende la energía a 10 ¢ por kilowatt-hora, ¿cuánto costará dejar encendida la lámpara durante todo el mes? Haz los cálculos en la parte posterior de esta página.

UNA BOMBILLA DE 100 WATTS CONVIERTE LA ENERGÍA EN CALOR Y EN LUZ CON MÁS RAPIDEZ QUE UNA DE 25 WATTS. ¡ES LA RAZÓN POR LA QUE CON EL MISMO VOLTAGE, LA BOMBILLA DE 100 WATTS BRILLA MÁS QUE UNA DE 25 WATTS!



¿QUÉ TOMA MÁS CORRIENTE ... LA BOMBILLA DE 100 WATTS O LA DE 25 WATTS?



¿QUÉ SUCEDE?



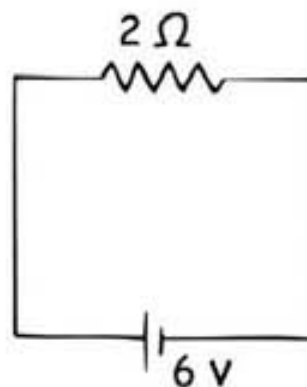
Nombre _____ Fecha _____

Física CONCEPTUAL

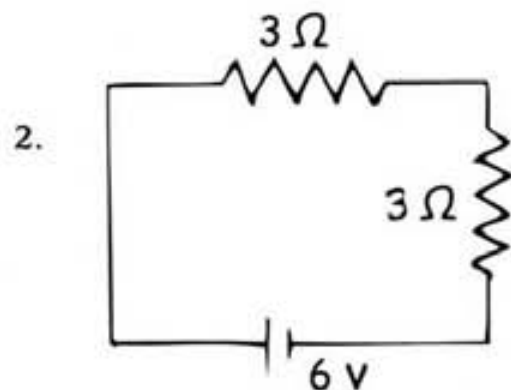
PÁGINA DE PRÁCTICA

Capítulo 23 Corriente eléctrica
Circuitos en serie

1. En el circuito de la derecha, un voltaje de 6 V impulsa a la carga a través de un solo resistor de $2\ \Omega$. Según la ley de Ohm, la corriente en el resistor (y en consecuencia en todo el circuito) es de _____ A.

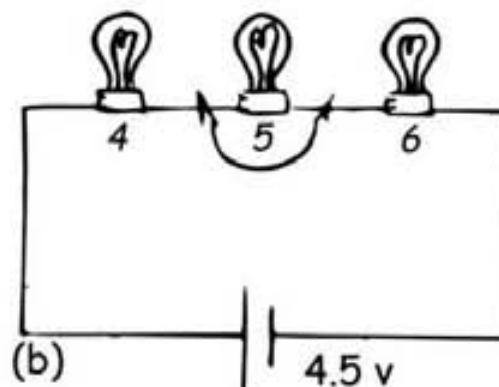
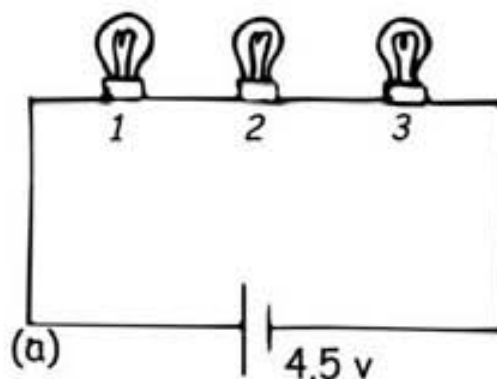


LA RESISTENCIA EQUIVALENTE DE RESISTORES EN SERIE NO ES MÁS QUE LA SUMA DE ELLOS!



- Si se conectan dos lámparas idénticas, como se ve a la izquierda, la batería de 6 V debe impulsar la carga a través de una resistencia total de _____ Ω . Entonces, la corriente en el circuito es _____ A.

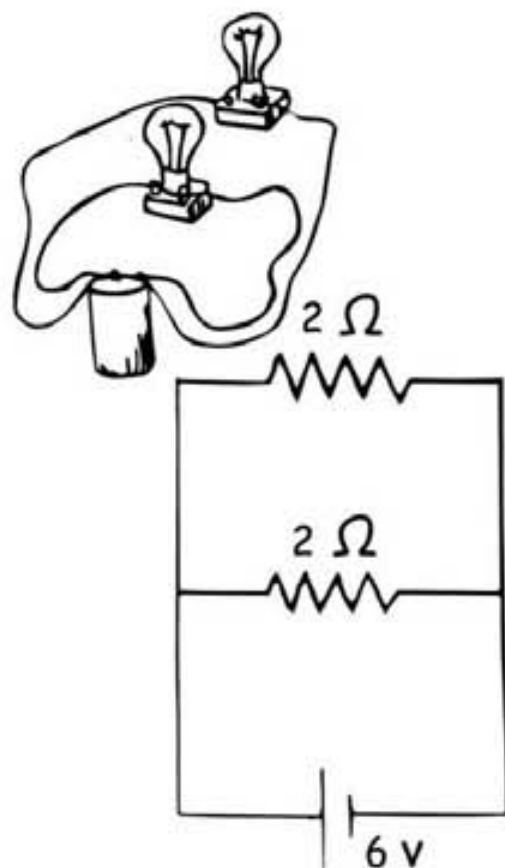
3. La resistencia equivalente de tres resistores de $4\ \Omega$ en serie es _____ Ω .
4. ¿La corriente fluye *por* un resistor o sólo *a través de los extremos de* un resistor? _____
¿El voltaje es establecido *por* un resistor o *a través de* un resistor? _____
5. La corriente, ¿pasa en forma simultánea por todas las lámparas o primero la carga pasa por una lámpara, después por la segunda y finalmente por la última?
-
6. Los circuitos (a) y (b) abajo son idénticos, y todas las bombillas tienen igual potencia (y en consecuencia igual resistencia). La única diferencia entre los circuitos es que la bombilla 5 tiene un cortocircuito, como se indica.



- a. ¿En cuál circuito es mayor la corriente? _____
- b. ¿En cuál circuito las tres bombillas tienen igual brillo? _____
- c. ¿Cuáles bombillas son las más brillantes? _____
- d. ¿Cuál bombilla es la menos brillante? _____
- e. ¿Cuáles bombillas tienen la mayor caída de voltaje a través de ellas? _____
- f. ¿Cuál circuito disipa más potencia? _____
- g. ¿Cuál circuito produce más luz? _____

Circuitos en paralelo

1. En el circuito de abajo hay una caída de voltaje de 6 V a través de *cada* resistor de $2\ \Omega$.



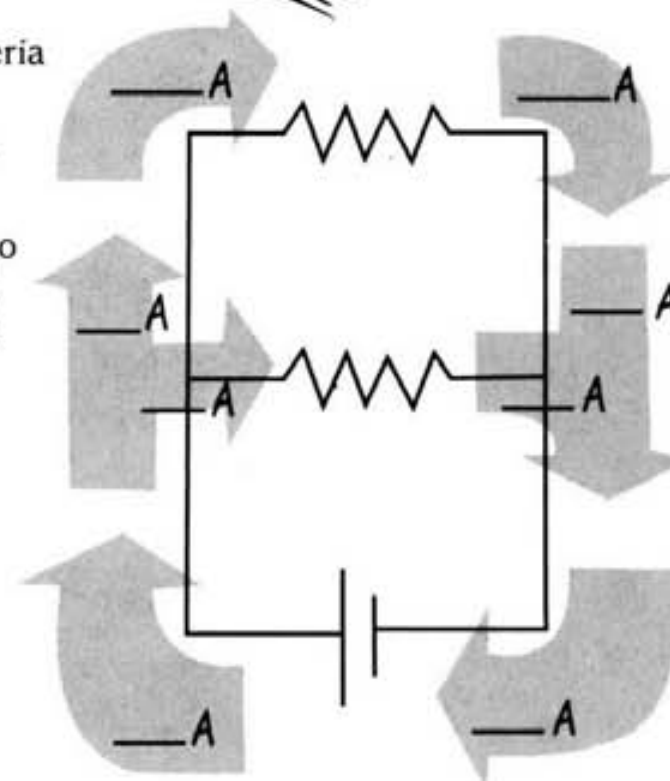
- a. De acuerdo con la ley de Ohm, la corriente en *cada* resistor es _____ A.

- b. La corriente a través de la batería es la suma de las corrientes en los resistores: _____ A.

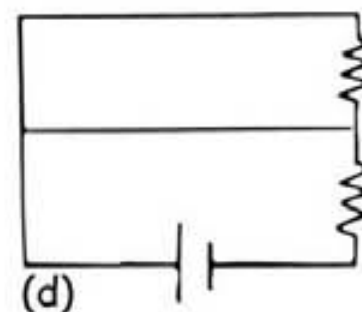
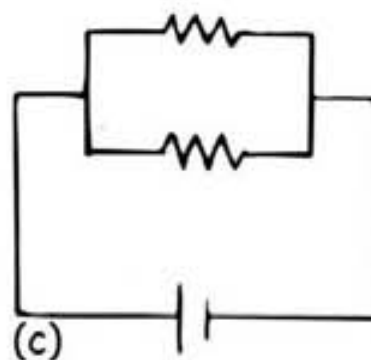
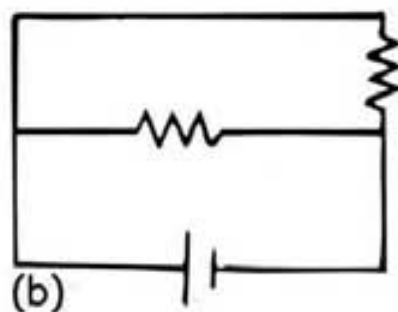
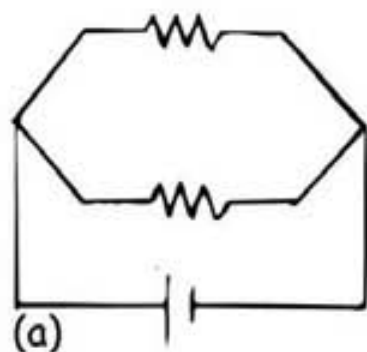
- c. Escribe la corriente en los ocho espacios vacíos, en la vista del *mismo circuito* que se muestra de nuevo a la derecha.

LA SUMA DE LAS CORRIENTES EN LAS DOS TRAYECTORIAS ES IGUAL A LA CORRIENTE ANTES DE DIVIDIRSE

CORRIENTE DE AGUA



2. Cruza el circuito de abajo que no es equivalente al circuito de arriba.



3. Examina el circuito en paralelo de la derecha.

- a. La caída de voltaje a través de cada resistor es de _____ V.

- b. La corriente en cada ramal es:

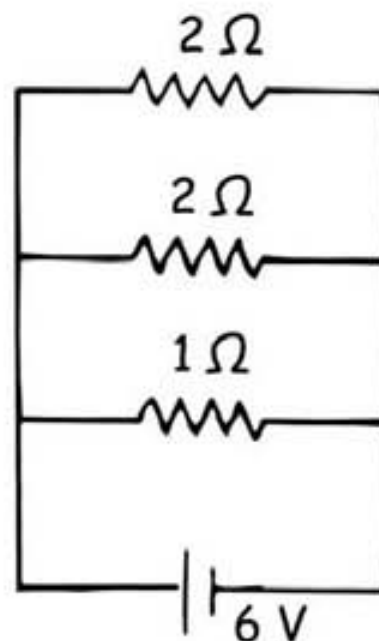
resistor de $2\ \Omega$ _____ A

resistor de $2\ \Omega$ _____ A

resistor de $1\ \Omega$ _____ A.

- c. La corriente que pasa por la batería es igual a la suma de las corrientes, es decir, _____ A.

- d. La resistencia equivalente del circuito es igual a _____ Ω .



LA RESISTENCIA EQUIVALENTE DE UN PAR DE RESISTORES EN PARALELO ES SU PRODUCTO DIVIDIDO ENTRE SU SUMA!



iHewitt
lo dibujó!

Nombre _____

Fecha _____

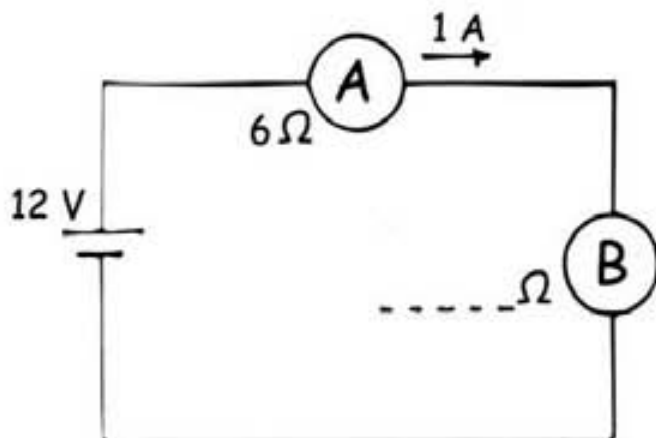
Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

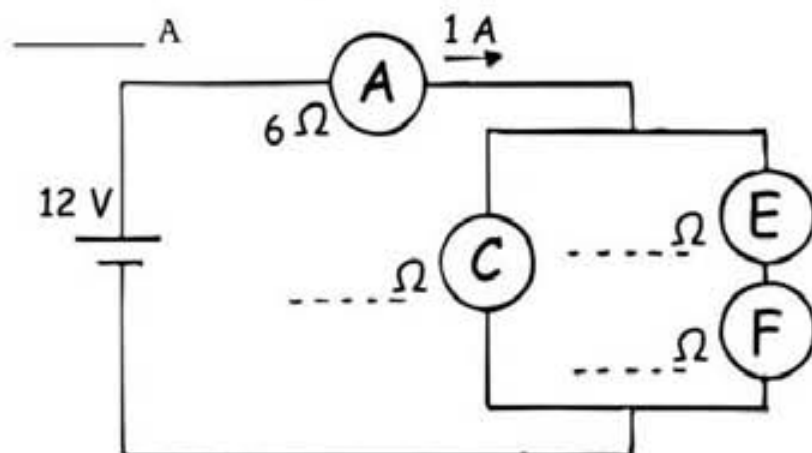
Capítulo 23 Corriente eléctrica
Resistencia de un circuito

Todos los circuitos de abajo tienen la misma lámpara A, con $6\ \Omega$ de resistencia y la misma batería de 12 V, con resistencia despreciable. Las resistencias desconocidas, de las lámparas B a L, son tales que la corriente en la lámpara A siempre es de 1 ampere.

Calcula cuáles son las resistencias y escribe sus valores en los espacios a la izquierda de cada lámpara



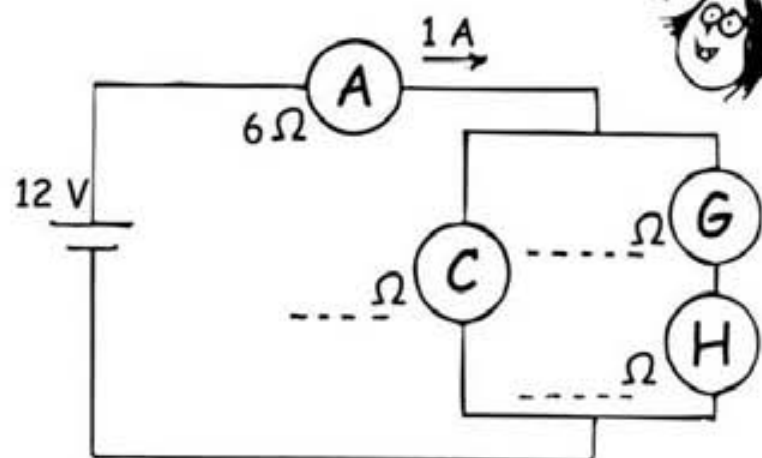
Circuito 1: ¿Cuánta corriente pasa por la batería?



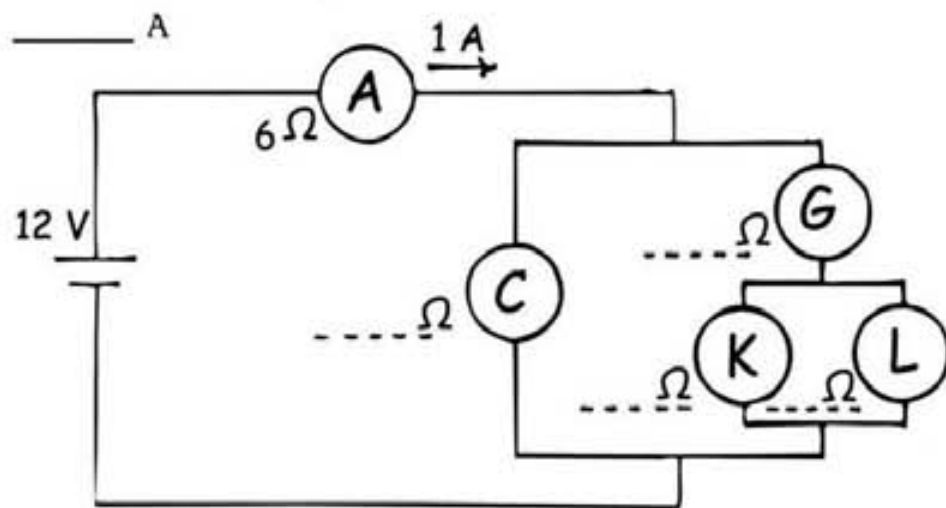
Circuito 2: Las lámparas C y D son idénticas. La corriente por la lámpara D es

_____ A

Regla fácil: Para un par de resistores en paralelo:
Resistencia equivalente = $\frac{\text{producto de las resistencias}}{\text{suma de las resistencias}}$



Circuito 3: En este caso, las lámparas idénticas E y F sustituyen a la lámpara D. La corriente por la lámpara C es



Circuito 4: En este caso, las lámparas G y H sustituyen a las lámparas E y F, y la resistencia de la lámpara G es el doble de la lámpara H. La corriente por la lámpara H es

_____ A

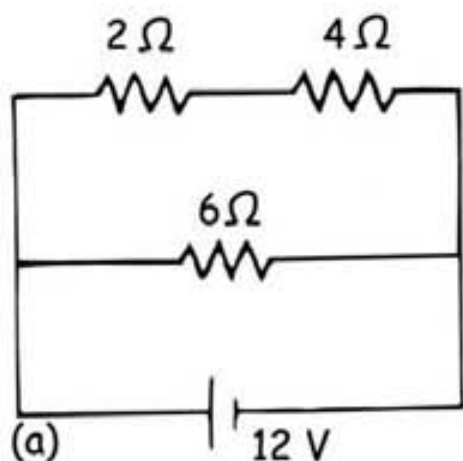
Circuito 5: Las lámparas K y L idénticas sustituyen a la lámpara H. La corriente por la lámpara L es

_____ A

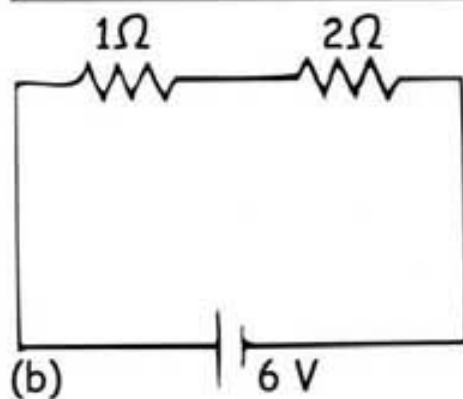
La resistencia equivalente de un circuito, es el valor de una sola resistencia que sustituya a todos los resistores del circuito para producir la misma carga en la batería. ¿Cómo se comparan las resistencias equivalentes de los circuitos 1 a 5?

Potencia eléctrica

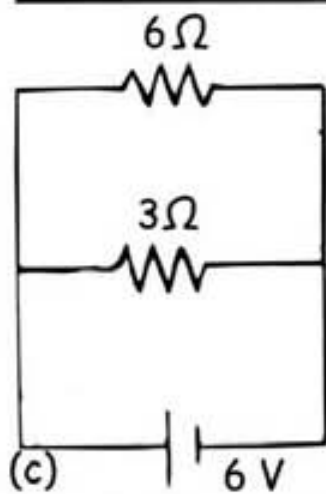
La tabla junto al circuito (a) de abajo muestra la corriente que pasa por cada resistor, el voltaje a través de cada resistor y la potencia disipada en forma de calor, en cada resistor. Calcula los valores correspondientes en los circuitos (b), (c) y (d), y escribe tus respuestas en las tablas.



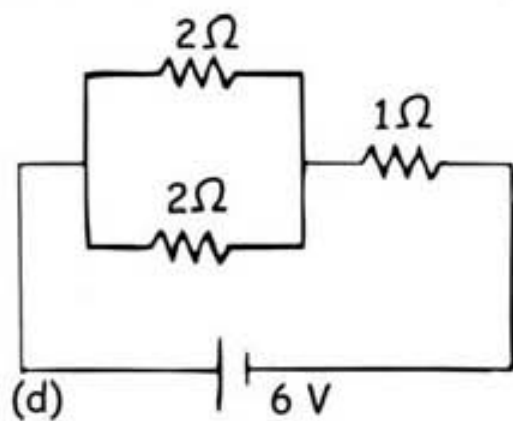
RESISTENCIA	CORRIENTE	x VOLTAJE =	POTENCIA
2 Ω	2 A	4 V	8 W
4 Ω	2 A	8 V	16 W
6 Ω	2 A	12 V	24 W



RESISTENCIA	CORRIENTE	x VOLTAJE =	POTENCIA
1 Ω			
2 Ω			



RESISTENCIA	CORRIENTE	x VOLTAJE =	POTENCIA
6 Ω			
3 Ω			



RESISTENCIA	CORRIENTE	x VOLTAJE =	POTENCIA
2 Ω			
2 Ω			
1 Ω			

Nombre _____ Fecha _____

Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

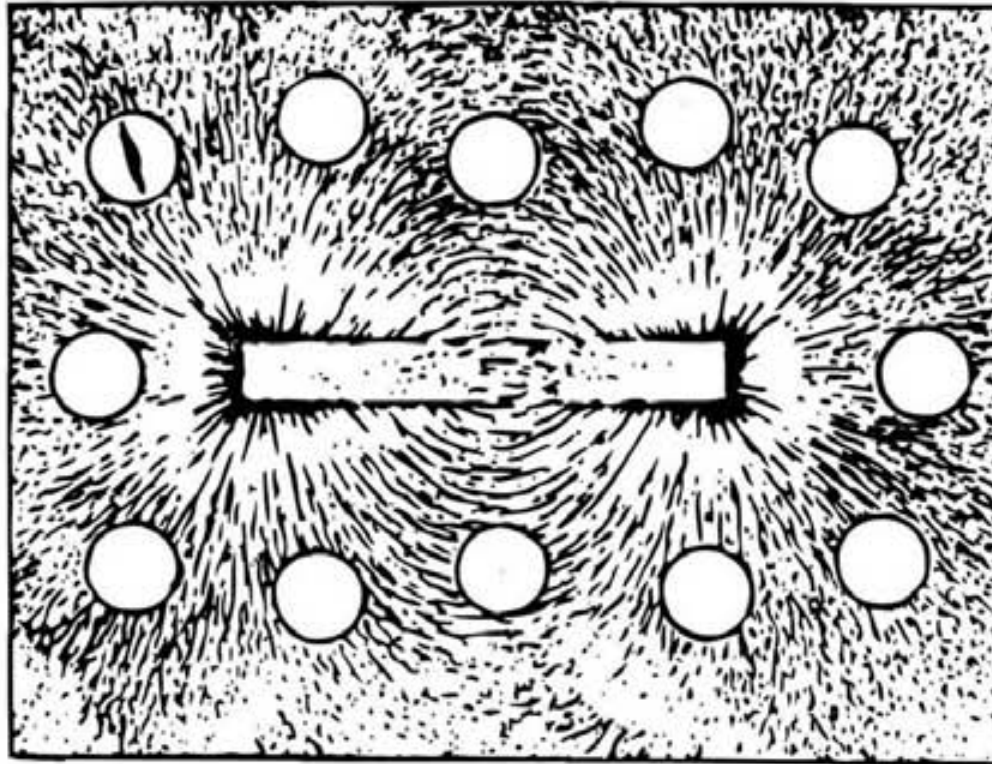
Capítulo 24 Magnetismo
Fundamentos magnéticos

Escribe la palabra adecuada en cada espacio.

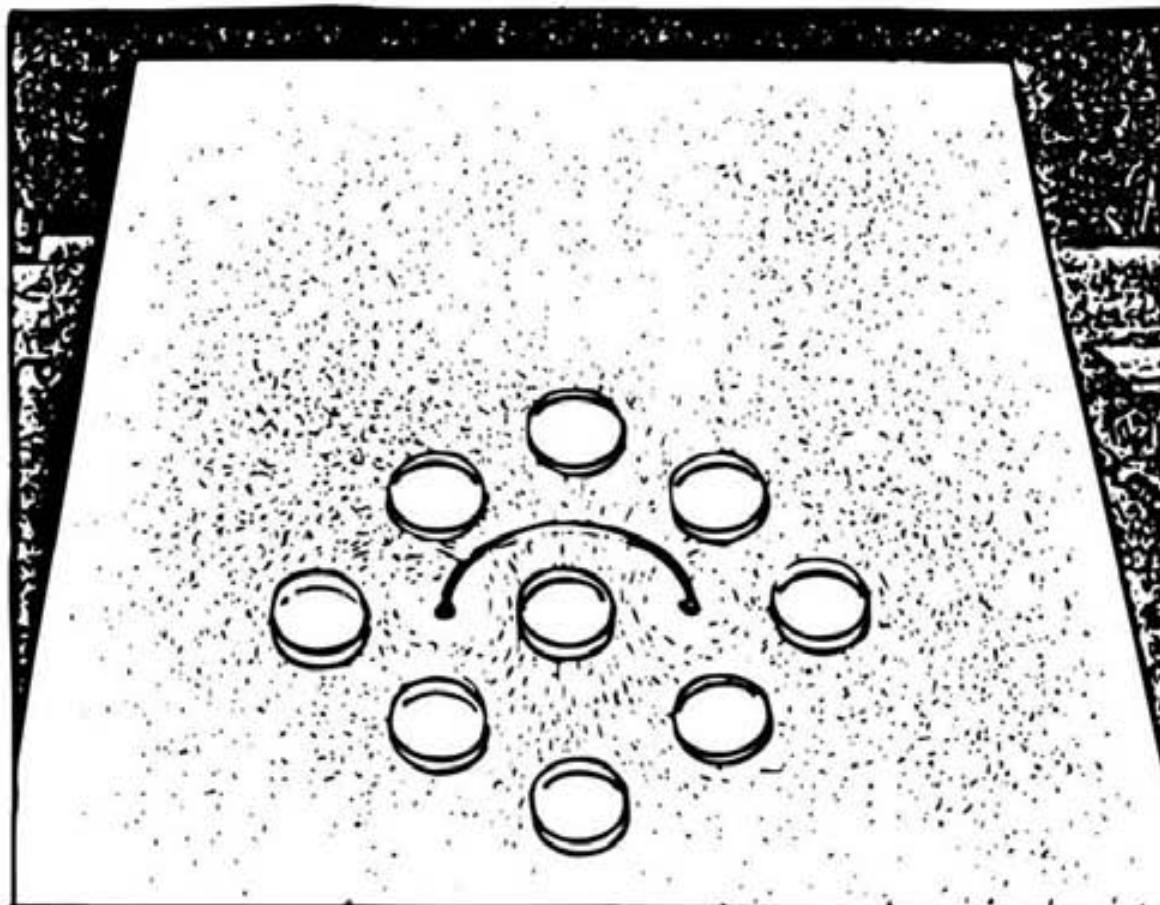
1. La atracción o la repulsión entre las cargas depende de sus *signos*, positivos o negativos. La atracción o la repulsión en los imanes depende de sus _____ magnéticos:
_____ o _____.
2. Los polos opuestos se atraen; los polos iguales _____.
3. Una carga eléctrica en _____ produce un campo magnético.
4. Los grupos de átomos alineados magnéticamente son _____ magnéticos.
5. Un _____ magnético rodea a un alambre que conduce corriente.
6. Cuando se forma una bobina con un alambre con corriente, alrededor de una pieza de hierro, el resultado es un
_____.
7. Una partícula cargada que se mueve en un campo magnético está sometida a una _____ deflectora que es máxima cuando la carga se mueve _____ al campo.
8. Un conductor con corriente está sometido a una _____ deflectora que es máxima cuando el alambre y el campo magnético son _____ entre sí.
9. Un instrumento sencillo para detectar una corriente eléctrica es el _____; cuando se calibra para medir corriente, es un _____ y cuando se calibra para medir voltaje es un _____.
10. El imán más grande del mundo es el mismo _____.

iHewitt
lo dibujó!

11. La ilustración de abajo es parecida a la figura 24.2 de tu libro de texto. Las limaduras de hierro trazan los patrones de las líneas del campo magnético cerca de un imán recto. En el campo hay algunas brújulas. Sólo se muestra la aguja de una brújula. Dibuja las agujas, con su orientación correcta, en las demás brújulas.



12. La ilustración de abajo se parece a la figura 24.10 (centro) de tu libro. Las limaduras de hierro trazan el campo magnético en torno a la espira de alambre con corriente. Traza las orientaciones de todas las brújulas.



Nombre _____ Fecha _____

Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

Capítulo 25 Inducción electromagnética
Ley de Faraday

1. Hans Christian Oersted descubrió que el magnetismo y la electricidad

(se relacionan) (son independientes entre sí).

El magnetismo es producido por

(baterías) (el movimiento de cargas eléctricas).



Faraday y Henry descubrieron que la corriente eléctrica se puede producir con

(baterías) (el movimiento de un imán).

En forma más específica, se induce voltaje en una espira de alambre si hay un cambio en

(las baterías) (el campo magnético en la espira).

A este fenómeno se le llama

(electromagnetismo) (inducción electromagnética).

2. Cuando un imán se introduce y se saca en una bobina de alambre, en la bobina se induce un voltaje. Si la rapidez del movimiento de entrada y salida de la bobina sube al doble, el voltaje inducido

(sube al doble) (baja a la mitad) (permanece igual).

Pero si en lugar de ello la cantidad de vueltas en la bobina sube al doble, el voltaje inducido

(sube al doble) (baja a la mitad) (permanece igual).

3. Un campo magnético que cambia rápidamente en cualquier región del espacio induce un

(campo eléctrico) (campo magnético) (campo gravitacional).

que cambia con rapidez, y que a su vez induce un

(campo magnético) (campo eléctrico) (campo de béisbol).

La generación y regeneración de los campos eléctricos y magnéticos forman

(ondas electromagnéticas) (ondas sonoras) (las dos clases de onda).



*iHewitt
lo dibujó!*

Transformadores

Imagina un transformador sencillo que tiene una bobina primaria de 100 vueltas y una secundaria de 1000 vueltas. El primario está conectado con una fuente de ca de 120 V, y el secundario se conecta con un aparato eléctrico con 1000 ohms de resistencia.

1. ¿Cuál será la salida del voltaje en el secundario?

_____ V

2. ¿Qué corriente pasa por el circuito secundario?

_____ A

3. Ahora que ya conoces el voltaje y la corriente ¿cuál es la potencia en la bobina secundaria?

_____ W

4. Despreciando las pequeñas pérdidas por calentamiento y reconociendo que la energía se conserva,

¿cuál es la potencia en la bobina primaria? _____ W

5. Ahora que ya conoces la potencia y el voltaje a través de la bobina primaria ¿cuál es la corriente que pasa por ella? _____ A



Encierra en un círculo la respuesta correcta.

6. Los resultados indican que el voltaje (aumentó) (bajó) del primario al secundario, y que en consecuencia la corriente (aumentó) (bajó).
7. Para un transformador de subida, hay (más) (menos) vueltas en el devanado secundario que en el primario. Para ese transformador hay (más) (menos) corriente en el secundario que en el primario.
8. Un transformador puede subir (el voltaje) (la energía y la potencia), pero de ninguna manera puede subir (el voltaje) (la energía y la potencia).
9. Si se usan 120 V para energizar un tren eléctrico de juguete que funciona con 6 V, entonces se debe usar un transformador (de subida) (de bajada) que tenga una relación de (1/20) (20/1).
10. Un transformador funciona con (cd) (ca) porque el campo magnético dentro del núcleo de hierro debe (cambiar continuamente) (permanecer constante).

¡LA ELECTRICIDAD Y EL
MAGNETISMO SE UNEN PARA
TRANSFORMARSE EN LUZ!



*Hewitt
lo dibujó!*

Nombre _____ Fecha _____

Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

Capítulo 26 Propiedades de la luz
Rapidez, longitud de onda y frecuencia

1. Olaus Roemer, astrónomo danés, en 1675 investigó y obtuvo por primera vez la rapidez de la luz. Hizo mediciones cuidadosas del periodo de Io, que es una luna en órbita en torno a Júpiter, y se sorprendió al encontrar una irregularidad en el periodo de Io. Cuando la Tierra se alejaba de Júpiter, determinó que los periodos se alargaban un poco respecto al promedio. Cuando la Tierra se acercaba a Júpiter, se acortaban respecto al promedio. Roemer estimó que la discrepancia acumulada era de unos 16.5 minutos. En interpretaciones posteriores se demostró que lo que sucede es que la luz tarda unos 16.5 minutos en recorrer la distancia adicional de 300,000,000 kilómetros que cruza la órbita de la Tierra. ¡Ajá! ¡Con esta información se puede calcular la rapidez de la luz!

- a. Escribe una expresión para calcular la rapidez en función de la distancia recorrida y el tiempo empleado en recorrer esa distancia.

- b. Con los datos de Roemer, y convirtiendo 16.5 minutos a segundos, calcula la rapidez de la luz. (¡Ese resultado no fue tan malo para su época!)

2. Estudia la figura 26.3 del libro de texto y contesta lo siguiente:

- a. ¿Cuál tiene mayor *longitud de onda*, las ondas de radio o las ondas de la luz visible?

- b. ¿Cuál tiene mayor *longitud de onda*, las ondas de la luz visible o las ondas de los rayos gamma?

- c. ¿Cuáles ondas tienen mayores *frecuencias*, las ultravioleta o las de infrarrojo?

- d. ¿Cuáles ondas tienen mayores *frecuencias*, las ultravioleta o las de rayos gamma?

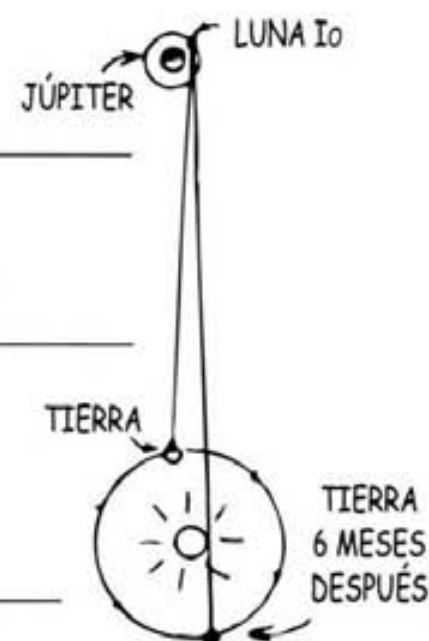
3. Estudia con cuidado la sección de "Materiales transparentes" en tu libro, y contesta lo siguiente:

- a. Exactamente, ¿qué emiten los electrones que vibran?

- b. Cuando el vidrio se ilumina con luz ultravioleta, ¿qué sucede a los electrones en la estructura del vidrio?

- c. Cuando los electrones energéticos en la estructura del vidrio vibran y chocan con los átomos vecinos, ¿qué sucede con su energía de vibración?

- d. ¿Qué sucede con la energía de un electrón que vibra y no choca con los átomos vecinos?



¡Hewitt lo dibujó!

- e. ¿Qué intervalo de frecuencias tiene la luz, visible o ultravioleta, que se absorbe en el vidrio?
- f. ¿Qué intervalo de frecuencias tiene la luz, visible o ultravioleta, que se transmite en el vidrio?
- g. ¿Cómo se afecta la rapidez de la luz en el vidrio por la sucesión de demoras que acompaña a la absorción y reemisión de ella, de un átomo en el vidrio al siguiente?
- h. ¿Cómo se comparan las rapidezces de la luz en el agua, el vidrio y el diamante?

4. El Sol normalmente brilla en la Tierra y en la Luna. Ambos cuerpos producen sombras. A veces, la sombra de la Luna cae sobre la Tierra, y otras veces la sombra de la Tierra cae sobre la Luna.

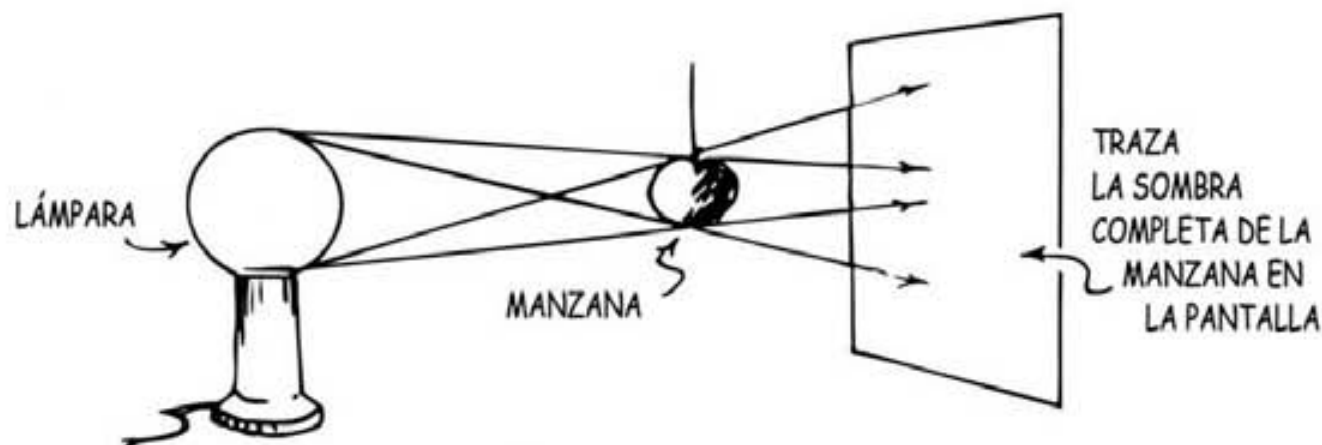
- a. El esquema muestra al Sol y la Tierra. Traza la Luna en una posición en que produzca un eclipse solar.



- b. Este esquema también muestra al Sol y a la Tierra. Traza la Luna en una posición de eclipse lunar.



5. El diagrama muestra los límites de los rayos de luz cuando una lámpara grande forma la sombra de un objeto pequeño en una pantalla. Haz un esquema de la sombra en la pantalla, sombreando más la umbra que la penumbra. ¿En qué parte de la sombra una hormiga podría ver parte de la lámpara?



Nombre _____

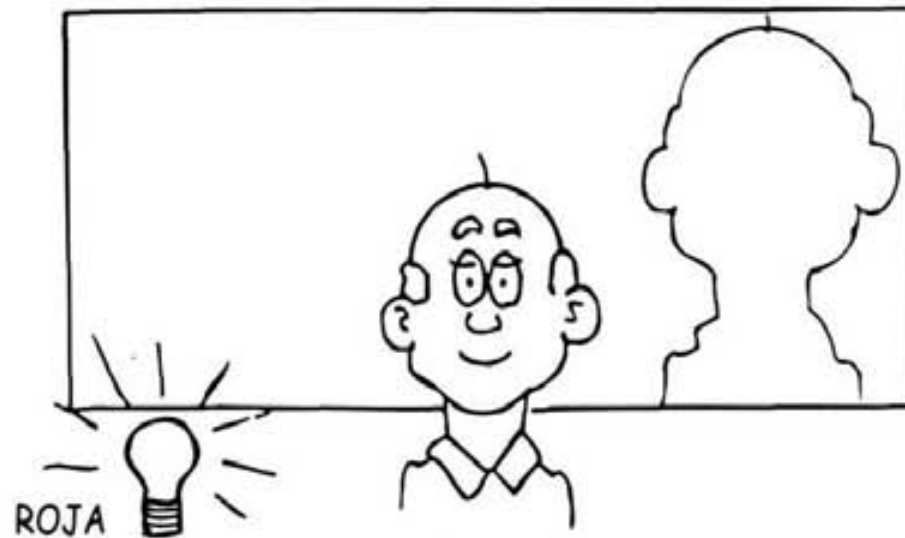
Fecha _____

Física CONCEPTUAL

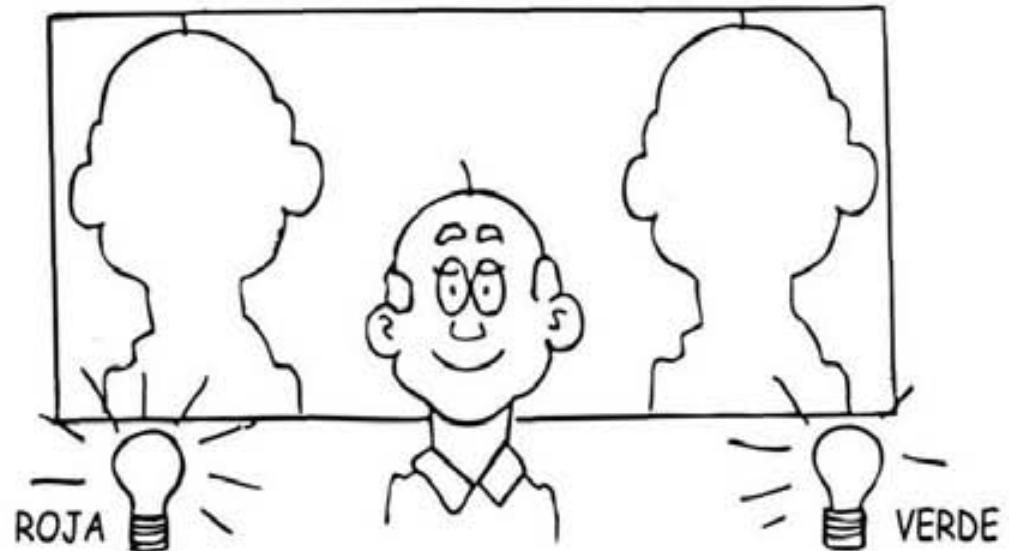
PÁGINA DE PRÁCTICA

Capítulo 27 Color
Adición de color

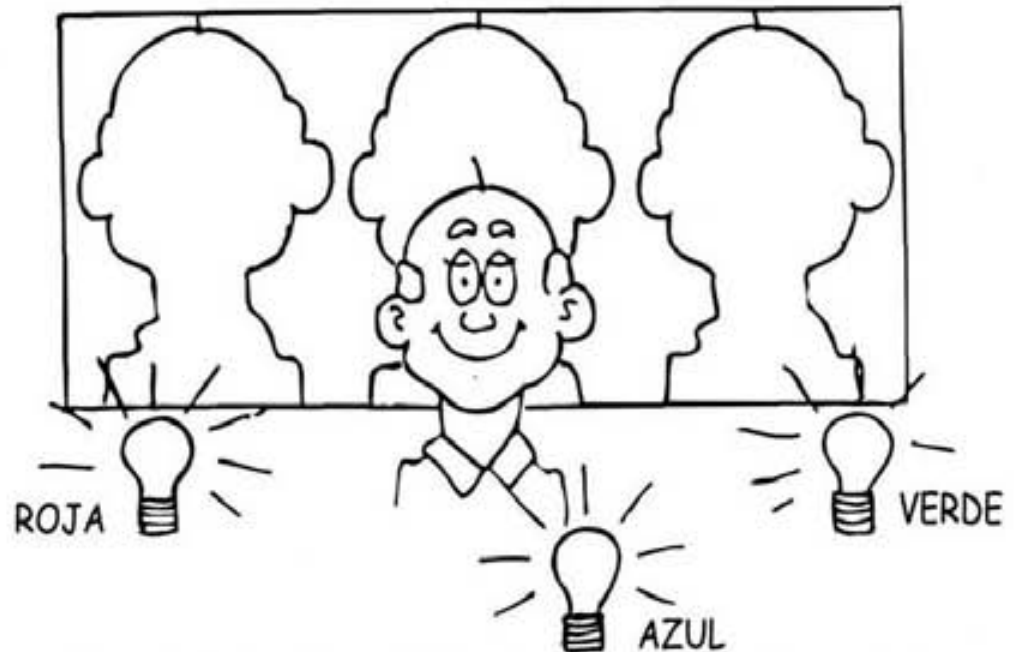
El esquema de la derecha muestra la sombra de un profesor frente a una pantalla blanca, en un cuarto oscuro. La fuente luminosa es roja, por lo que la pantalla se ve roja y la sombra se ve negra. Ilumina el esquema o indica en él los colores, con pluma o lápiz.



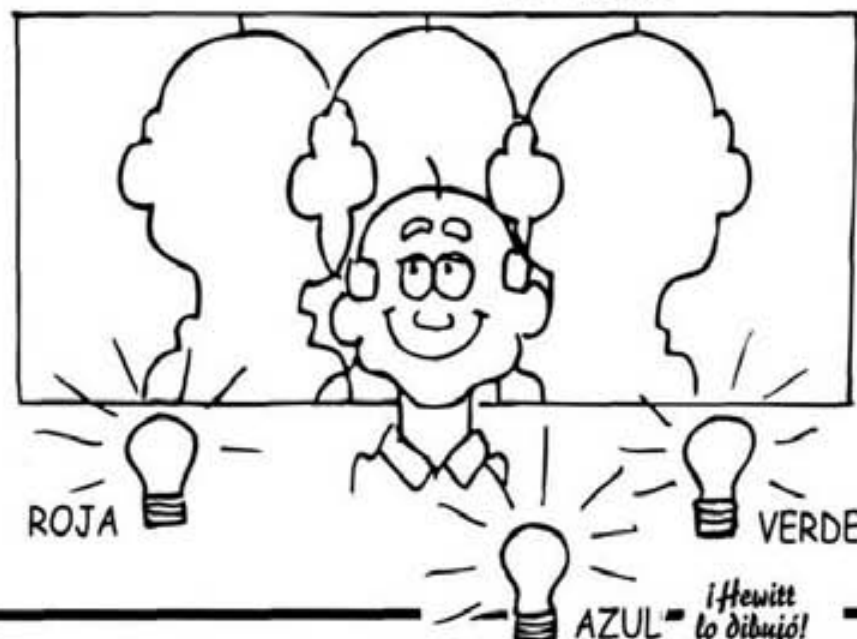
Se agrega una lámpara verde, que forma una segunda sombra. La sombra producida por la lámpara roja ya no es negra, sino que está iluminada con luz verde. Ilumínala o márcala con verde. La sombra que produce la lámpara verde no es negra, porque está iluminada por la lámpara roja. Indica su color. Haz lo mismo con el fondo, que recibe una mezcla de luces roja y verde.



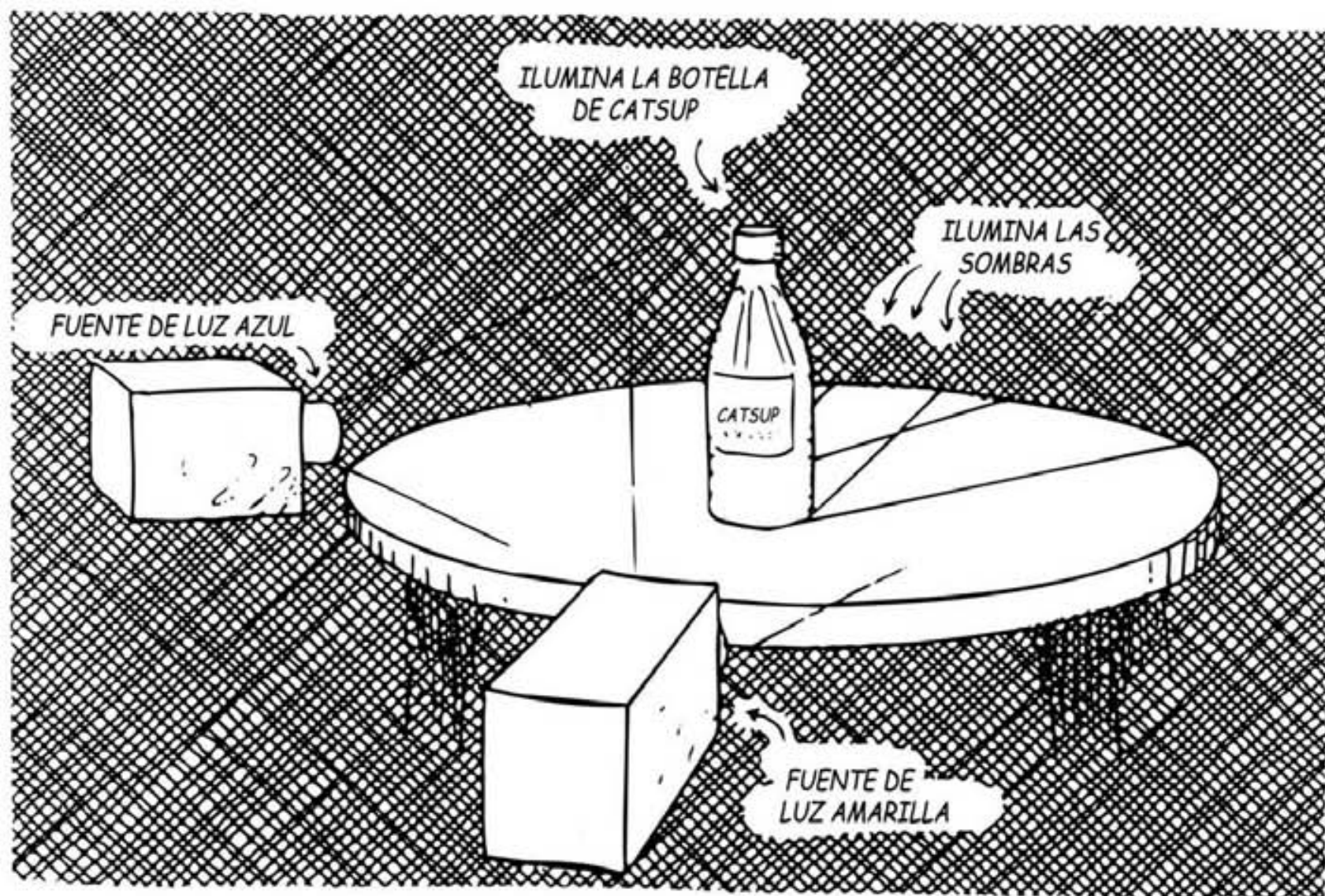
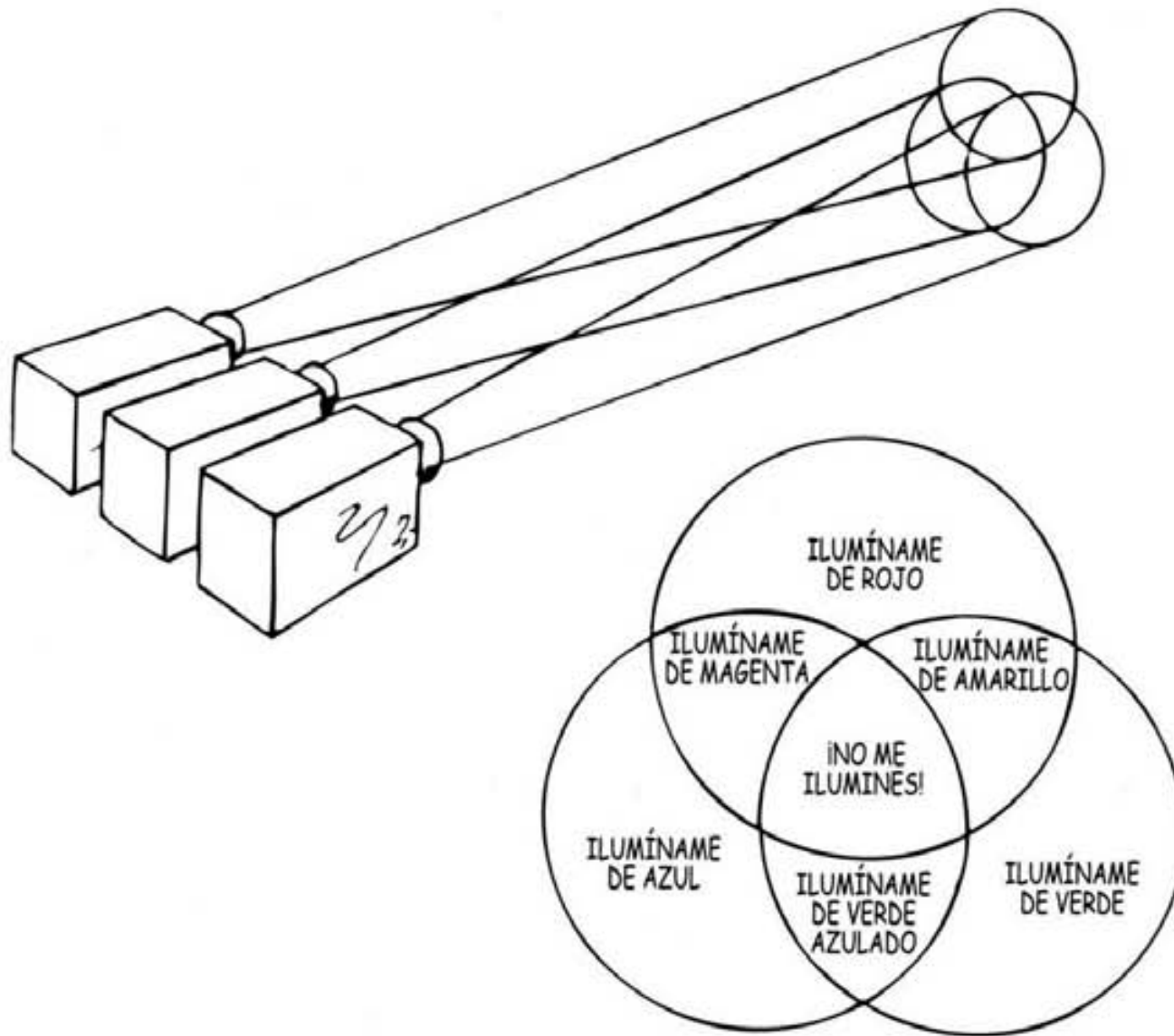
Se agrega una lámpara azul y aparecen tres sombras. Ilumina las sombras y el fondo con los colores adecuados.



Las lámparas se acercan entre sí, y las sombras se traslapan. Indica los colores en todas las zonas de la pantalla.



Si tienes marcadores de color, úsalos.



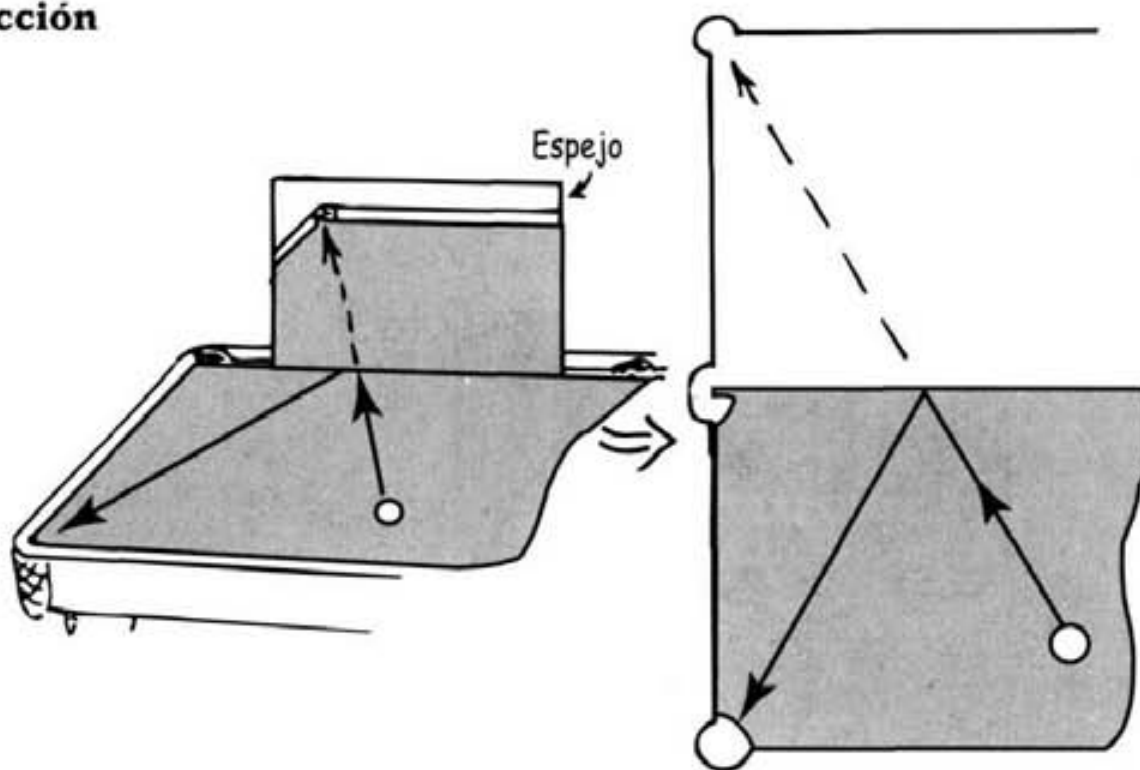
Hewitt
lo dibujó!

Física CONCEPTUAL

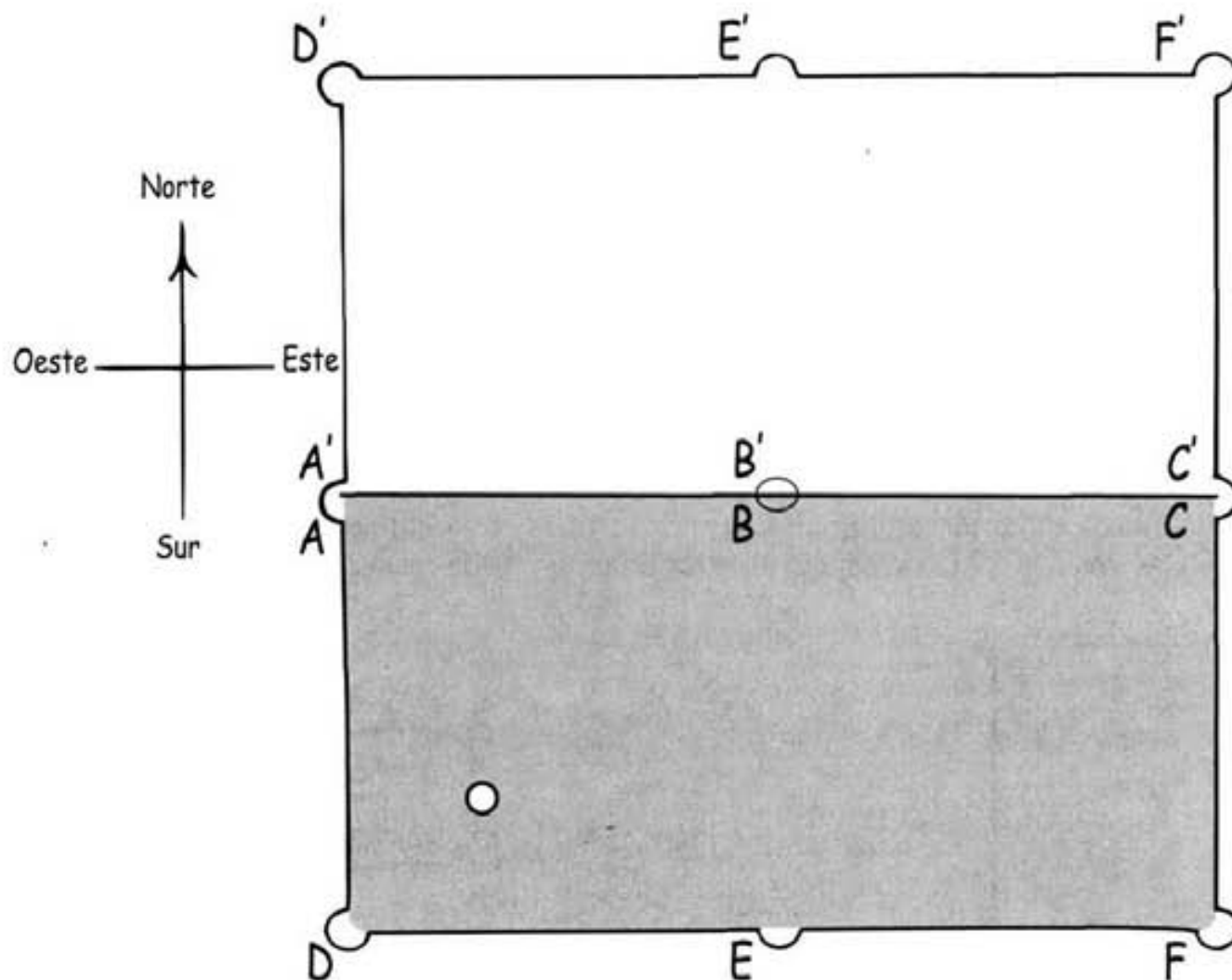
PÁGINA DE PRÁCTICA

Capítulo 28 Reflexión y refracción
Óptica del billar

La ley óptica de la reflexión es útil para jugar *pool*. Una bola que rebota en las bandas se comporta como un fotón que se refleja en un espejo. Como se ve en el esquema, las trayectorias en ángulo se transforman en rectas cuando se ven con espejos. El diagrama de la derecha muestra una vista superior de la tirada, con una región "reflejada" desdoblada o aplanada. Observa que la trayectoria en ángulo sobre la mesa parece como línea recta (la línea punteada) en la región reflejada.



1. Se debe hacer un tiro de una banda: la bola a la banda norte y después a la buchaca E.



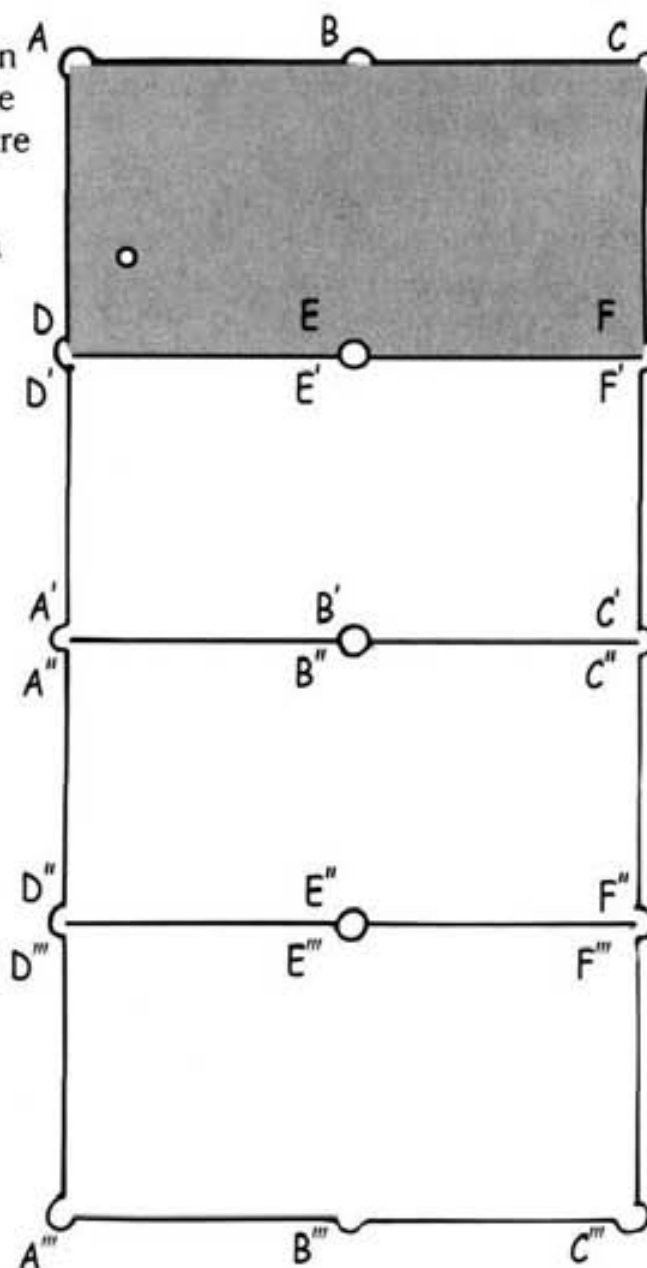
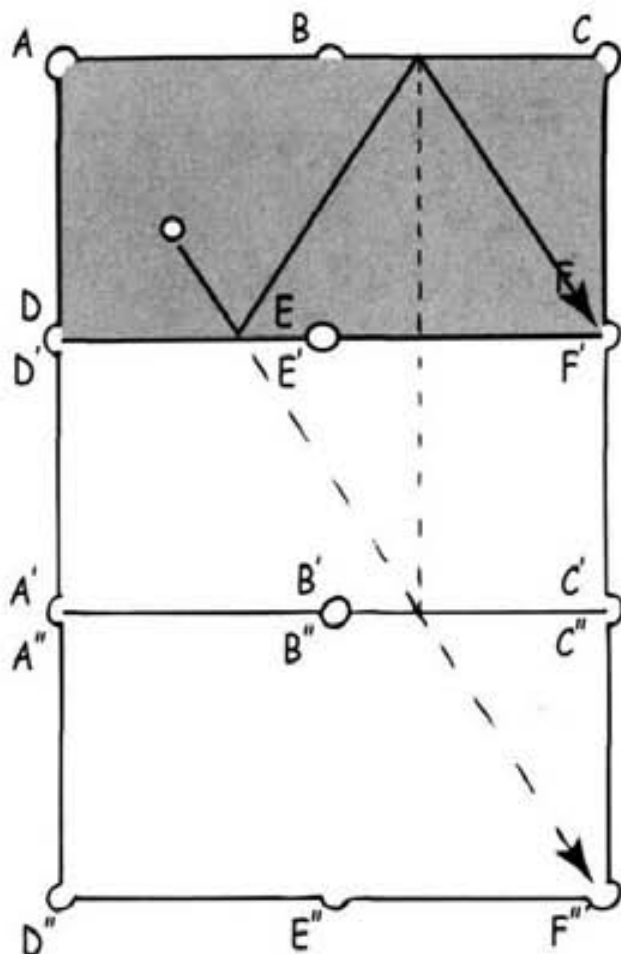
¡Con espejos, reales o imaginarios, se mejora el juego de pool!



- Usa el método del espejo para trazar una trayectoria recta a la E' reflejada. A continuación traza la trayectoria real a E.
- Sin usar golpes excéntricos u otros trucos, una tirada de rebote en la orilla norte, ¿puede poner la bola en la buchaca F de la esquina? _____. Indica por qué usas o no usas el diagrama.

2. Abajo se ve un tiro de dos bandas (dos reflexiones) hasta la buchaca de la esquina F. En este caso se usan dos regiones con espejo. Observa la visual recta a F'' , y la forma en que coincide el punto de impacto en la banda norte con la intersección entre B' y C' .

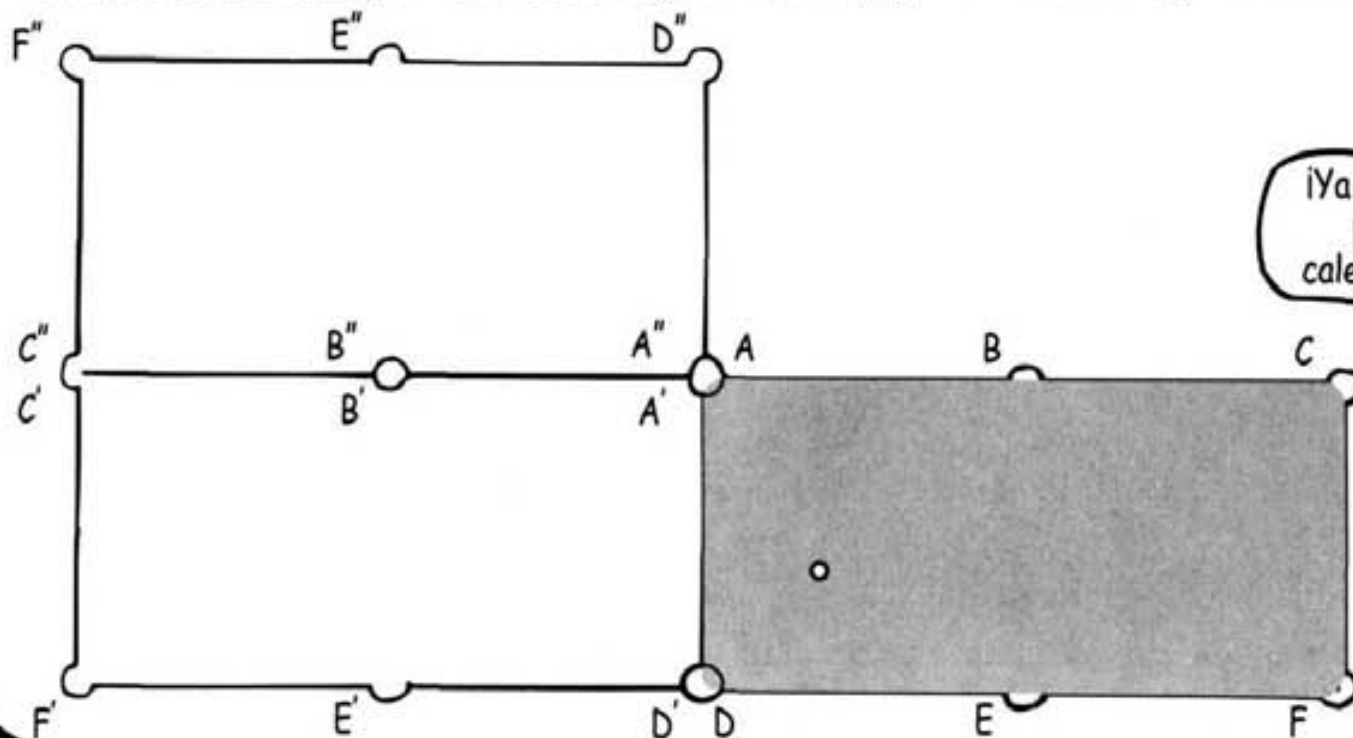
- a. Traza la trayectoria similar para un tiro de dos bandas para meter la bola en la buchaca E.



3. En la mesa de arriba a la derecha, se hará un tiro de tres bandas para mandar la bola a la buchaca C, rebotando primero contra la banda sur, después con la norte y después de nuevo con la sur, para llegar a la buchaca C.

- a. Traza la trayectoria (traza primero la línea punteada única hasta C''').
b. Traza la trayectoria de un tiro a tres bandas para meter la bola en la buchaca B.

4. Ahora trataremos de hacer bandas en lados adyacentes de la mesa. Trata de hacer un tiro de dos bandas para llegar a la buchaca F (primero rebotando en la banda oeste, después en la banda norte y terminando en F). Observa cómo permiten las dos regiones con espejo mostrar una trayectoria recta desde la bola hasta F'' .



¡Ya estás listo
para los
caleidoscopios!



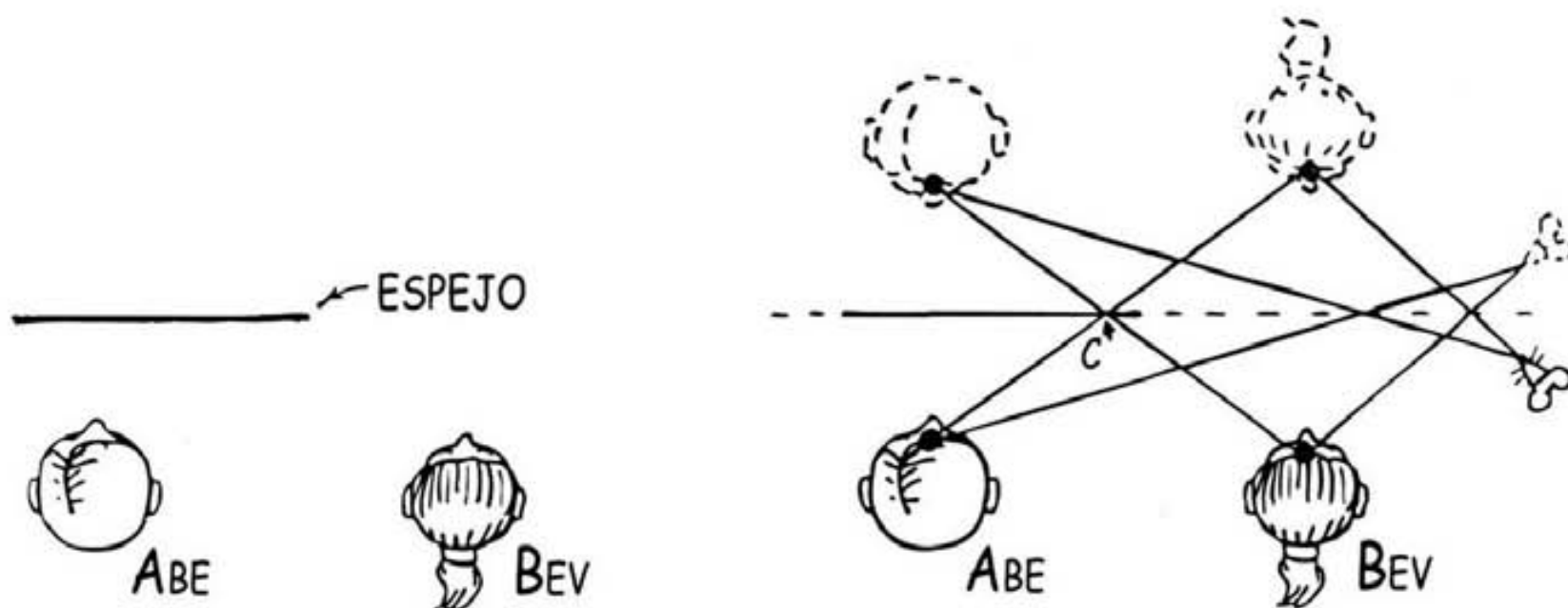
*Hewitt
lo dibujó!*

Nombre _____ Fecha _____

Física CONCEPTUAL

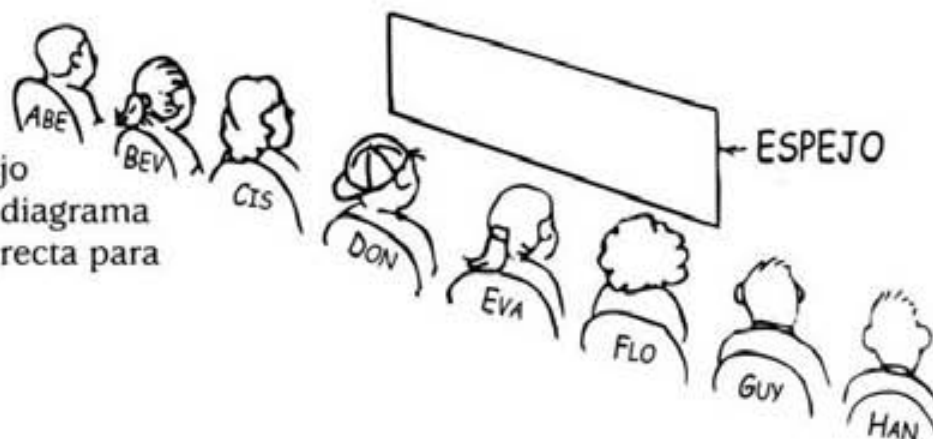
PÁGINA DE PRÁCTICA

Capítulo 28 Reflexión y refracción Reflexión



Abe y Bev se ven en un espejo que está directamente frente a Abe (arriba, izquierda). Abe se puede ver en el espejo, pero Bev no. Pero, ¿puede Abe ver a Bev y puede Bev ver a Abe? Para determinar la respuesta se trazarán sus lugares artificiales "detrás" del espejo, a la misma distancia a la que se encuentran Abe y Bev frente a él (arriba, derecha). Si las conexiones con rectas cruzan el espejo, como en el punto C, quiere decir que uno ve al otro. Por ejemplo, el ratón no puede ver a Abe ni a Bev en el espejo, ni puede ser visto por ellos.

Aquí tenemos a ocho estudiantes frente a un espejo plano pequeño. Sus posiciones se muestran en el diagrama de abajo. Haz construcciones apropiadas de línea recta para responder a lo siguiente:



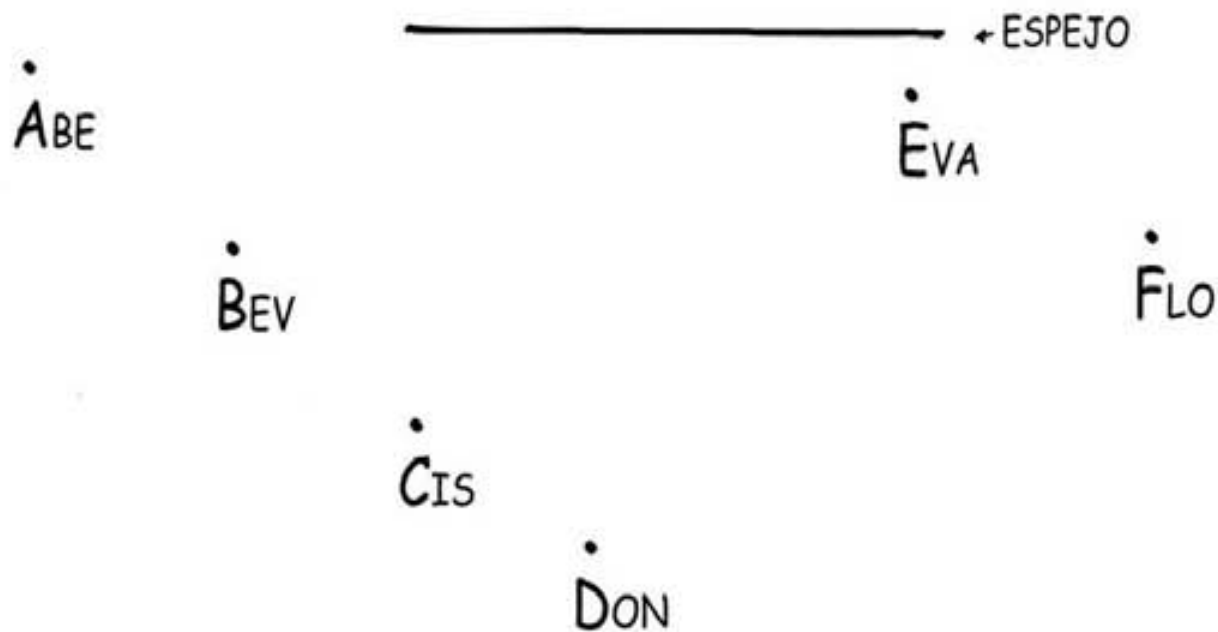
• ABE • BEV • CIS • DON • EVA • FLO • GUY • HAN

- | | |
|-------------------------------|----------------------------------|
| ¿A quién puede ver Abe? _____ | ¿A quién no puede ver Abe? _____ |
| ¿A quién puede ver Bev? _____ | ¿A quién no puede ver Bev? _____ |
| ¿A quién puede ver Cis? _____ | ¿A quién no puede ver Cis? _____ |
| ¿A quién puede ver Don? _____ | ¿A quién no puede ver Don? _____ |
| ¿A quién puede ver Eva? _____ | ¿A quién no puede ver Eva? _____ |
| ¿A quién puede ver Flo? _____ | ¿A quién no puede ver Flo? _____ |
| ¿A quién puede ver Guy? _____ | ¿A quién no puede ver Guy? _____ |
| ¿A quién puede ver Han? _____ | ¿A quién no puede ver Han? _____ |

Gracias a Marshall Ellenstein

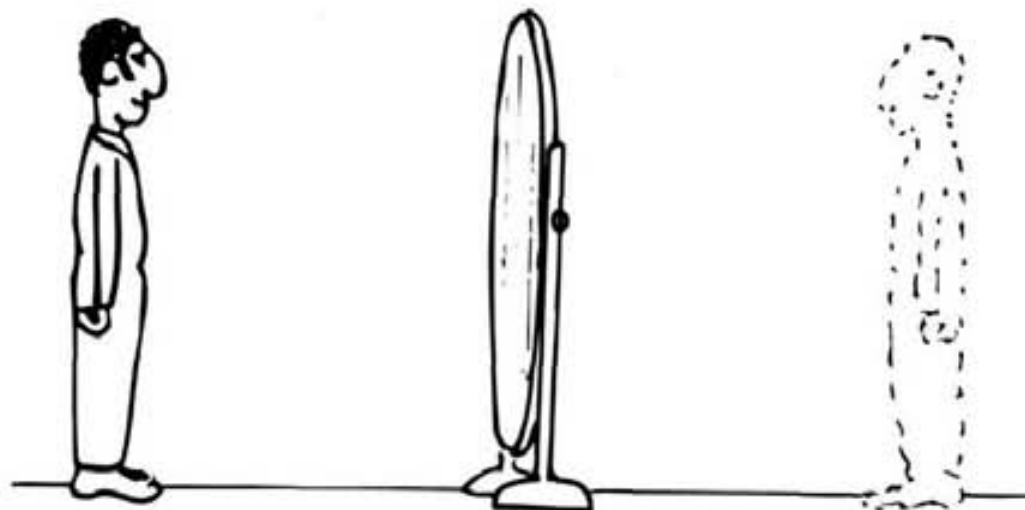
*Hewitt
lo dibujó!*

Ahora se paran frente al espejo seis personas del grupo anterior, en forma distinta. Abajo se indican sus posiciones. Traza lo necesario en este arreglo más interesante, y contesta las siguientes preguntas.



- | | |
|-------------------------------|----------------------------------|
| ¿A quién puede ver Abe? _____ | ¿A quién no puede ver Abe? _____ |
| ¿A quién puede ver Bev? _____ | ¿A quién no puede ver Bev? _____ |
| ¿A quién puede ver Cis? _____ | ¿A quién no puede ver Cis? _____ |
| ¿A quién puede ver Don? _____ | ¿A quién no puede ver Don? _____ |
| ¿A quién puede ver Eva? _____ | ¿A quién no puede ver Eva? _____ |
| ¿A quién puede ver Flo? _____ | ¿A quién no puede ver Flo? _____ |

Harry Hotshot se ve en un espejo de cuerpo entero (derecha). Traza líneas rectas de los ojos de Harry a la imagen de los pies, y a la coronilla. Marca en el espejo el área mínima para que pueda verse Harry de cuerpo entero.



¿Depende esta región del espejo y de la distancia de Harry al mismo?

*Hewitt
lo dibujó!*

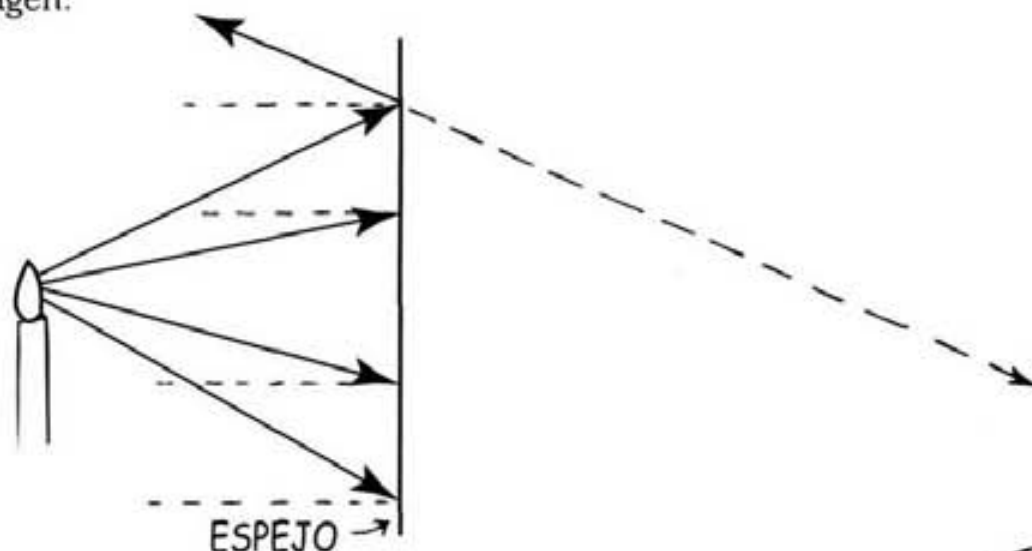
Nombre _____ Fecha _____

Física CONCEPTUAL

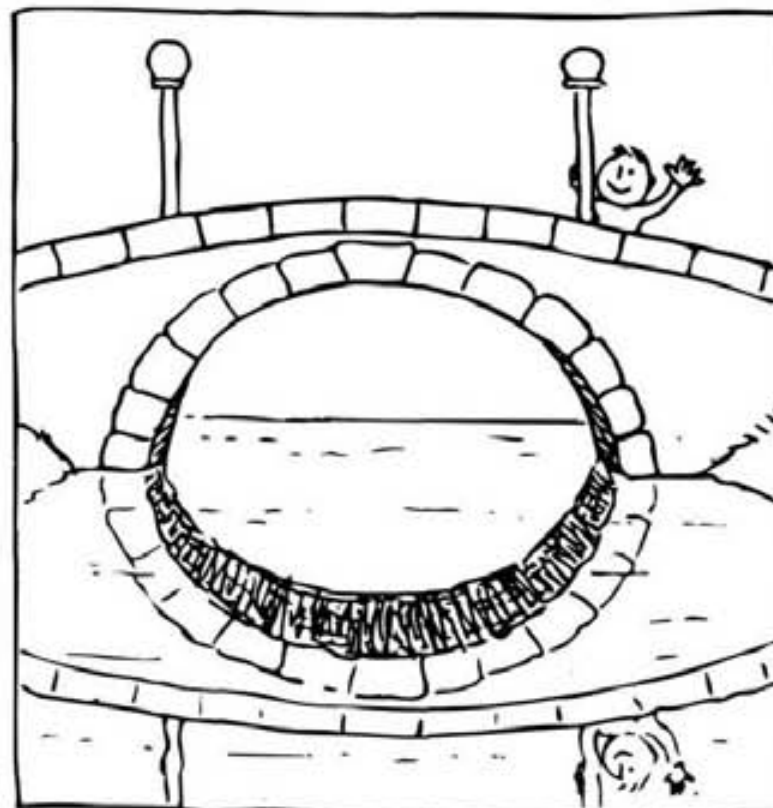
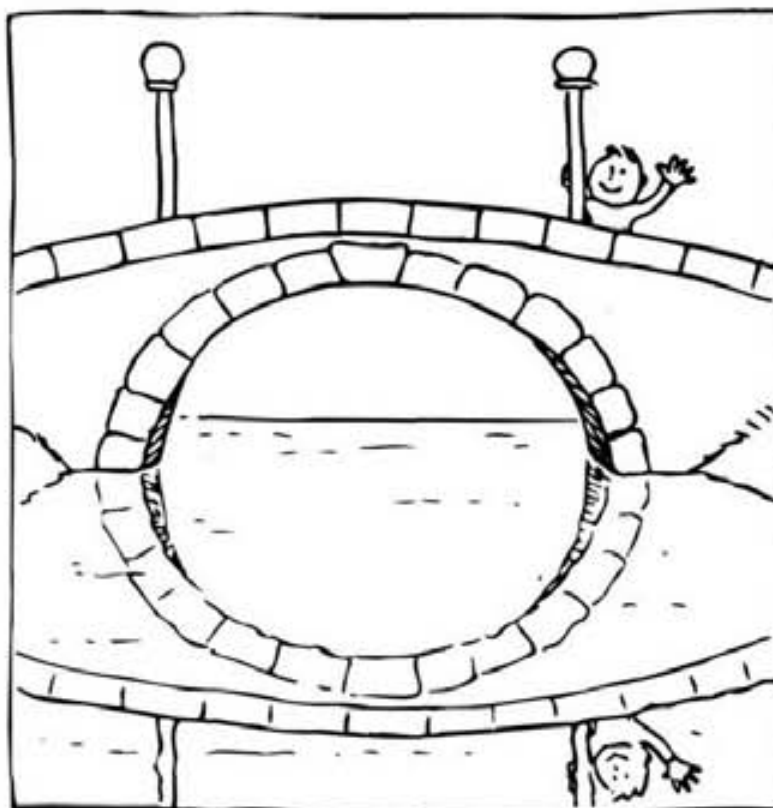
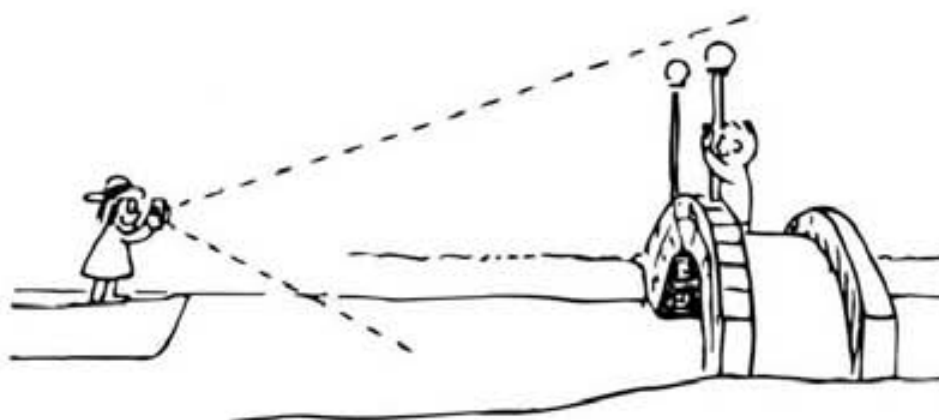
PÁGINA DE PRÁCTICA

Capítulo 28 Reflexión y refracción
Vistas reflejadas

1. El diagrama de rayos de abajo muestra la prolongación de uno de los rayos reflejados en el espejo plano. Completa el diagrama 1) trazando con cuidado los otros tres rayos reflejados, y 2) prolongándolos hacia atrás del espejo, para ubicar la imagen de la llama. Imagina que un observador a la izquierda ve la vela y su imagen.



2. Una niña toma una fotografía del puente, como se ve en la figura. ¿Cuál de los dos esquemas muestra en forma correcta la vista reflejada del puente? Defiende tu respuesta.

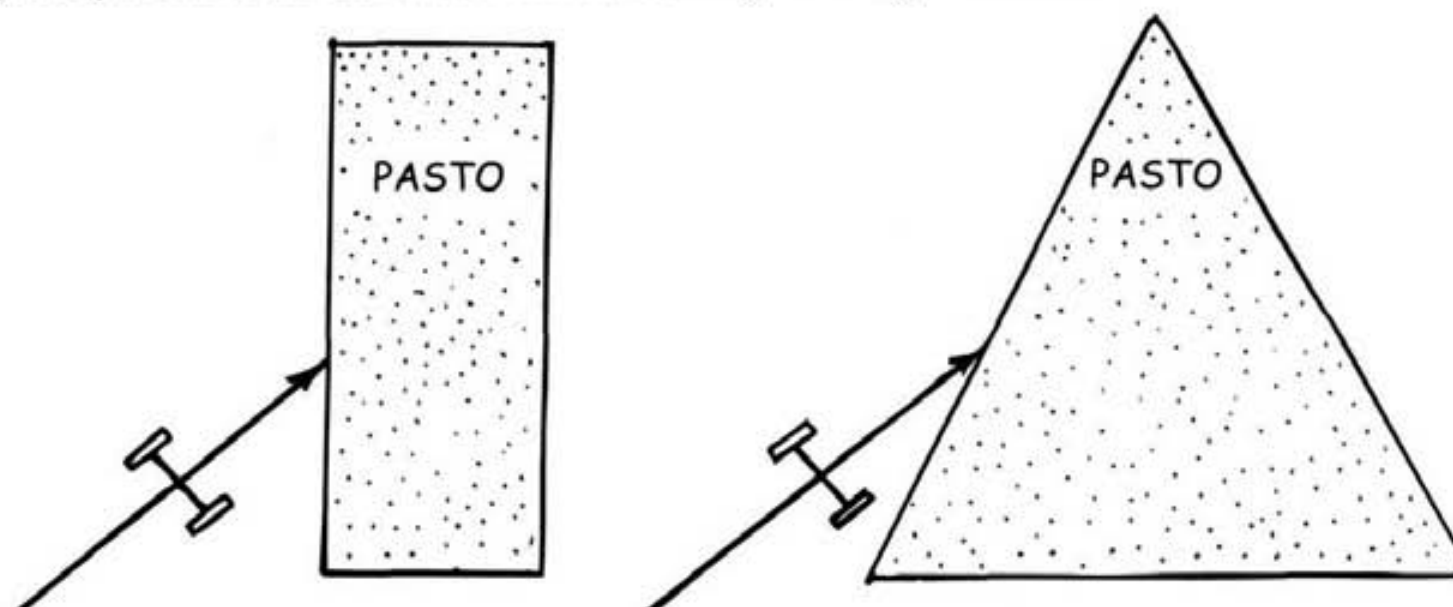


Física CONCEPTUAL

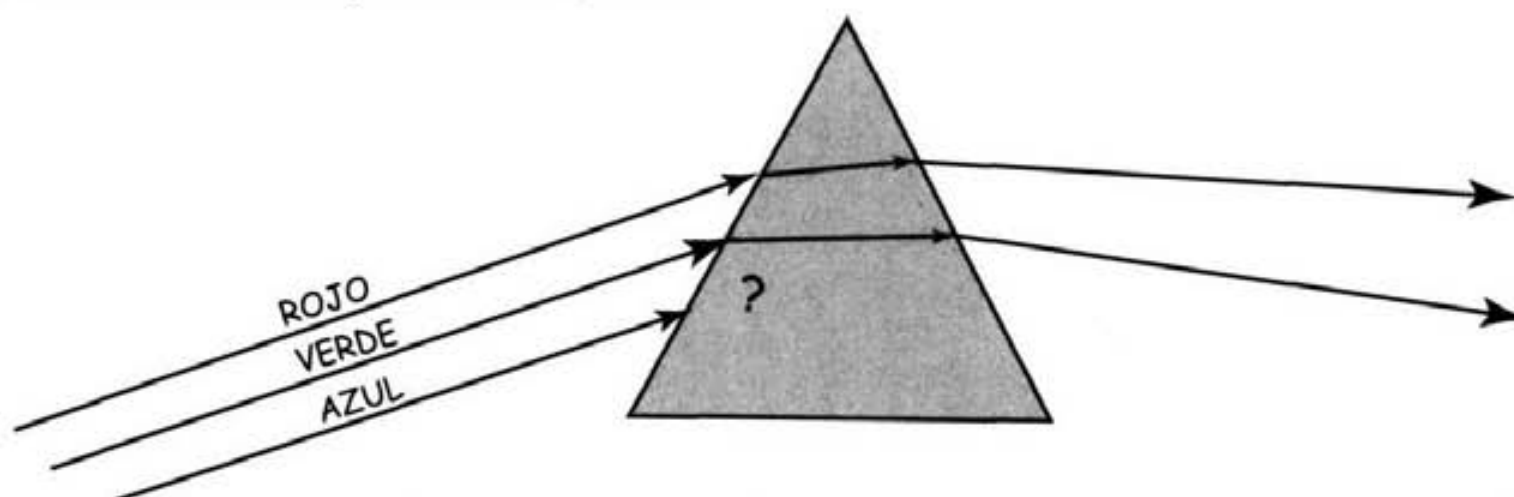
PÁGINA DE PRÁCTICA

Capítulo 28 Reflexión y refracción
Refracción

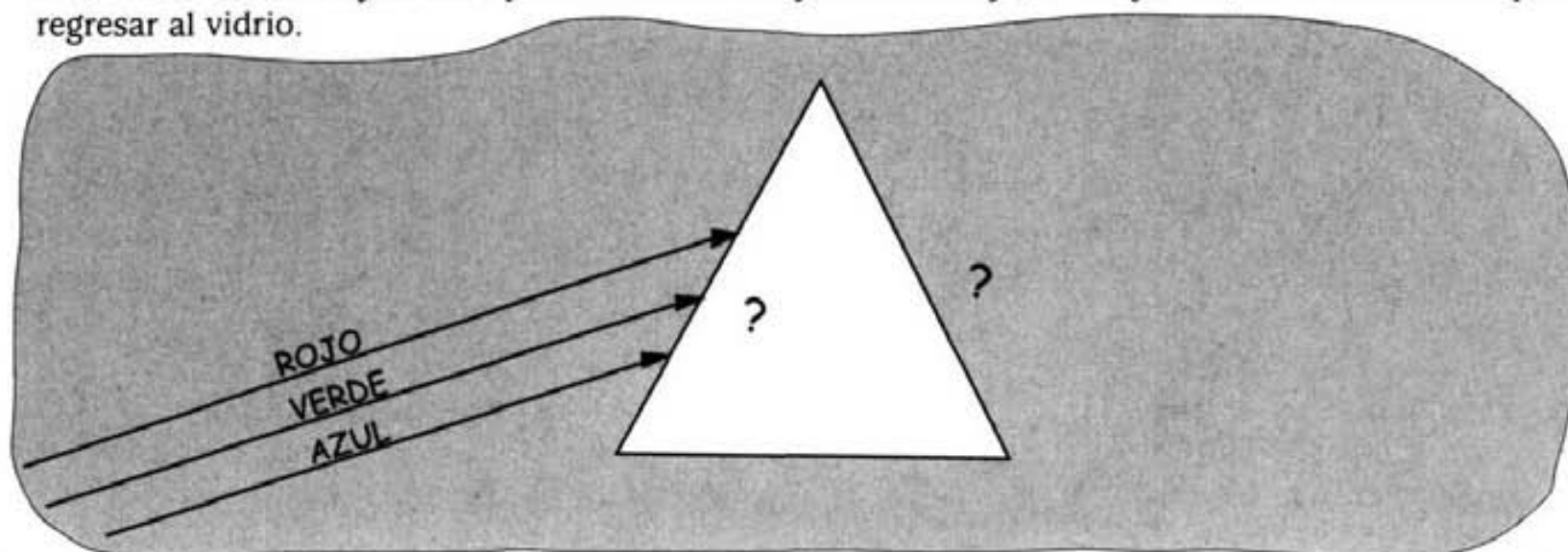
1. Un par de ruedas de un carrito de juguete avanza en dirección oblicua, pasando de una superficie lisa a dos terrenos con césped, uno rectangular, como el de la izquierda, y otro triangular, como el de la derecha. El suelo tiene una ligera inclinación, tal que después de desacelerar en el pasto, las ruedas aceleran de nuevo al salir a la superficie lisa. Termina cada esquema y muestra algunas posiciones de las ruedas, dentro de los céspedes y al otro lado. Indica con claridad sus trayectorias y direcciones.



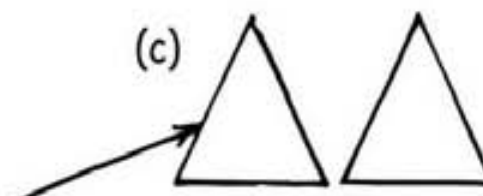
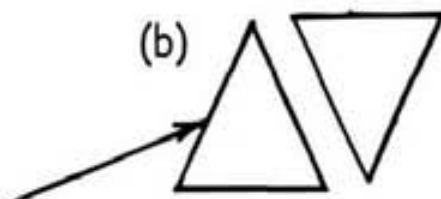
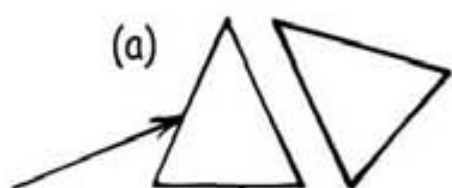
2. En un prisma inciden rayos de luz roja, verde y azul, como se ve abajo. La rapidez promedio de la luz roja en el vidrio es menor que en el aire, por lo que se refracta el rayo rojo. Al salir al aire vuelve a tener su rapidez original, y viaja en la dirección indicada. La luz roja tarda más en atravesar el vidrio. Como su rapidez es menor, se refracta como se indica. La luz azul atraviesa el vidrio todavía con más lentitud. Termina el diagrama estimando la trayectoria del rayo azul.



3. Abajo se ve un agujero triangular en un trozo de vidrio; esto es, es un "prisma de aire". Completa el diagrama, indicando las trayectorias probables de los rayos de luz roja, verde y azul, al atravesar este "prisma" y regresar al vidrio.

Hewitt
lo dibujó!

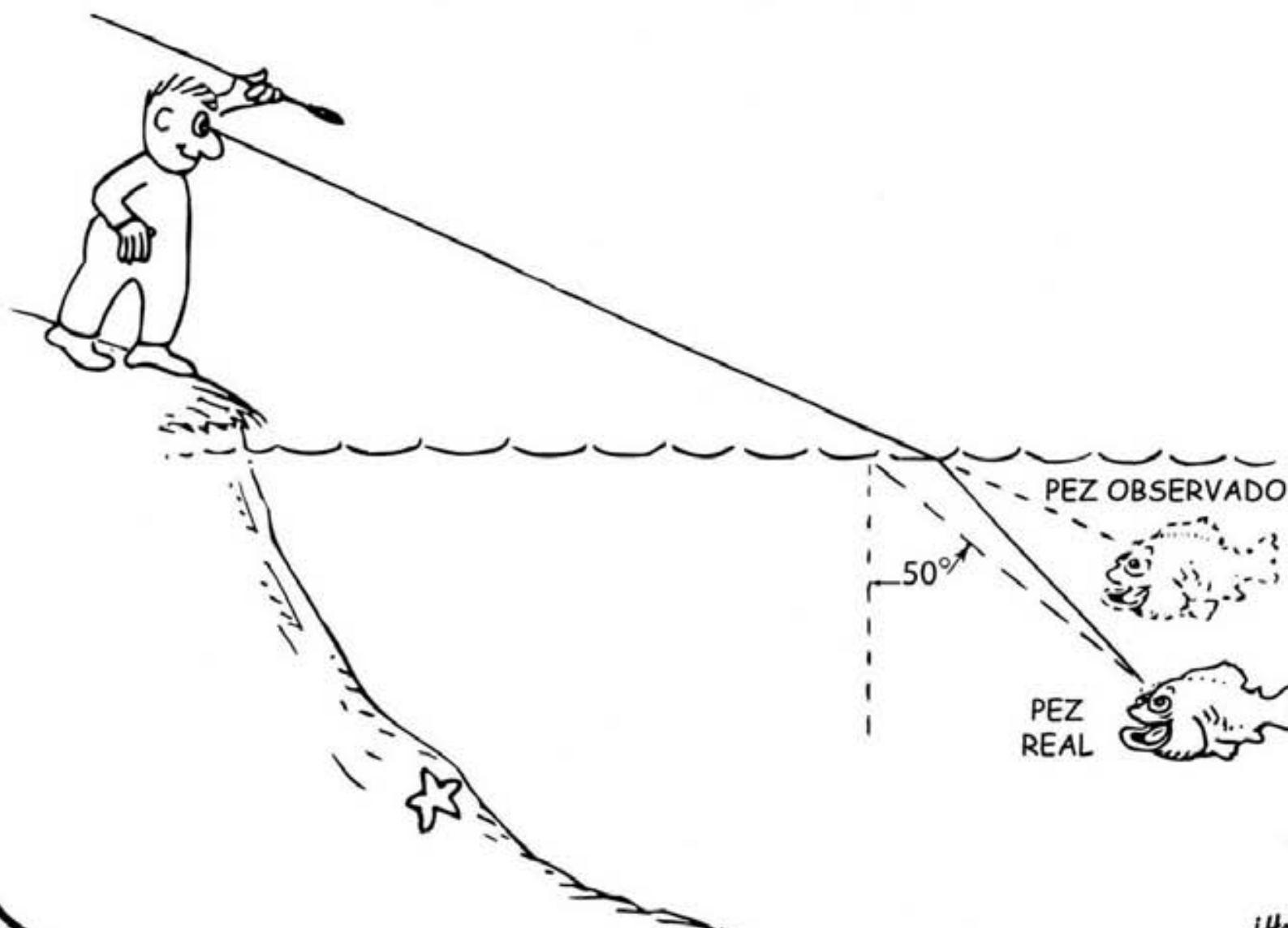
4. La luz de distintos colores diverge al salir de un prisma. Newton demostró que cuando se coloca un segundo prisma, se puede hacer que los rayos divergentes vuelvan a ser paralelos. ¿Con cuál colocación del segundo prisma se puede hacer eso?



5. El esquema muestra que, debido a la refracción, el hombre ve al pez más cerca de la superficie que lo que está en realidad.
- Traza un rayo que parta del ojo del pez, para indicar el campo visual del mismo al ver hacia arriba, con 50° respecto al normal a la superficie del agua. Traza la dirección del rayo después de llegar a la superficie del agua.
 - En el ángulo de 50° , ¿el pez ve al hombre o ve un reflejo de la estrella de mar en el fondo del estanque? Explica por qué.

 - Para ver al hombre, ¿el pez debe ver en ángulo mayor o menor que la trayectoria de 50° ?

 - Si el ojo del pez estuviera apenas arriba de la superficie del agua, tendría una vista de 180° , de horizonte a horizonte. Sin embargo, la vista que tiene arriba del agua es muy distinta de la que tiene abajo del agua. Debido al ángulo crítico de 48° en el agua, el pez ve un panorama normal de 180° , de horizonte a horizonte, comprimido dentro de un ángulo de _____.



*Hewitt
lo dibujó!*

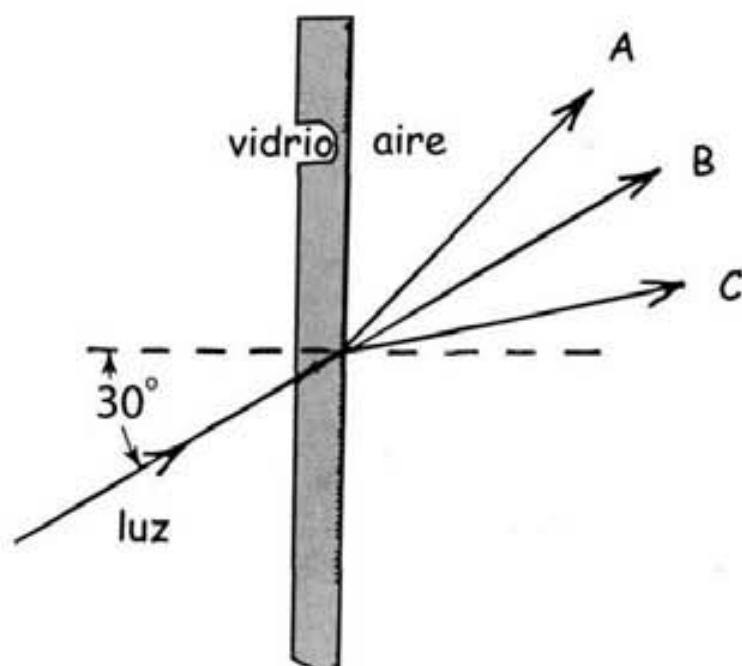
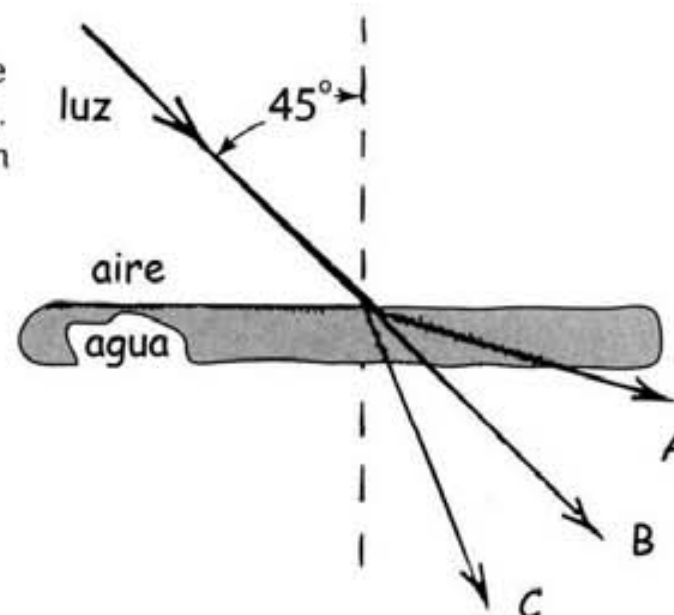
Nombre _____ Fecha _____

Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

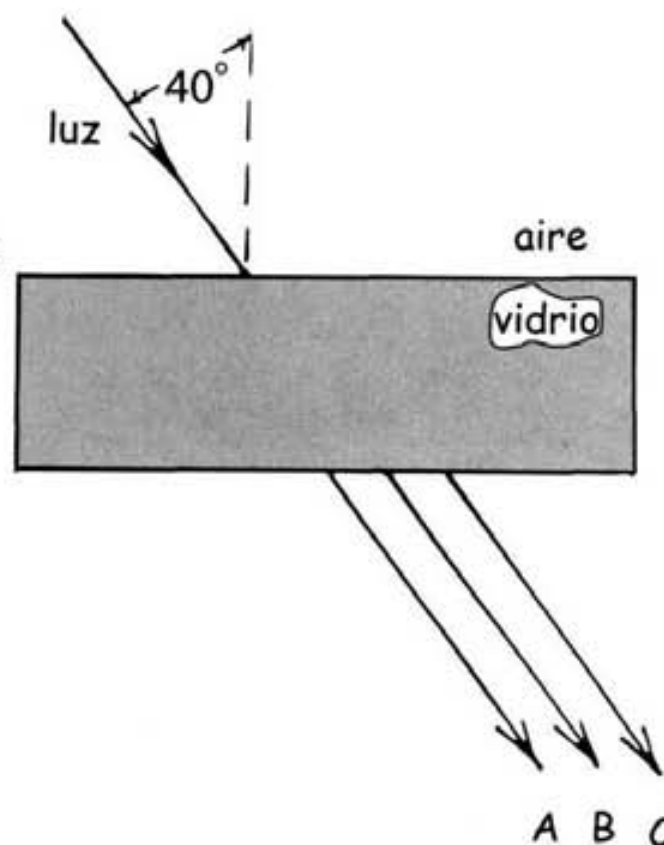
Capítulo 28 Reflexión y refracción
Más refracción

1. El esquema de la derecha muestra un rayo de luz que pasa del aire al agua, y llega formando un ángulo de 45° respecto a la normal. ¿Cuál de los tres rayos, identificados con mayúsculas, es el que con más probabilidad representará su trayectoria dentro del agua?

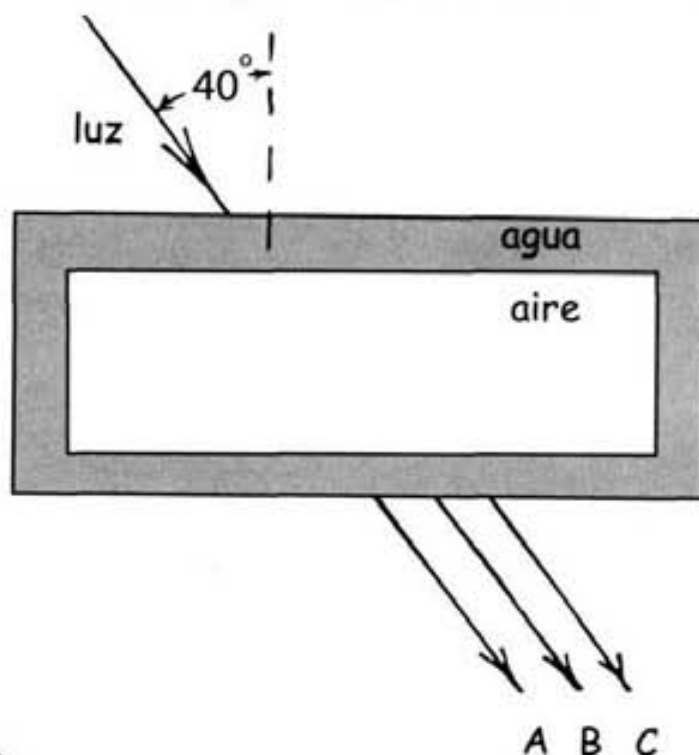


2. El esquema de la izquierda muestra un rayo de luz que pasa del vidrio al aire, y llega formando un ángulo de 30° con respecto a la normal. ¿Cuál de las tres trayectorias es la que seguirá con más probabilidad el rayo cuando continúe en el aire?

3. A la derecha demuestra un rayo de luz que pasa del aire a un bloque de vidrio, formando 40° con la normal. ¿Cuál de los tres rayos salientes es el que con más probabilidad sea el que entró por la cara opuesta del vidrio?



Traza la trayectoria que tomaría la luz dentro del vidrio.



4. A la izquierda se ve que un rayo de luz pasa del agua a un bloque rectangular de aire (por ejemplo, dentro de una caja de plástico de paredes delgadas y transparentes), formando un ángulo de 40° con la normal. ¿Cuál de los tres rayos salientes es el que entró con más probabilidad?

Traza la trayectoria que tendría la luz dentro del aire.

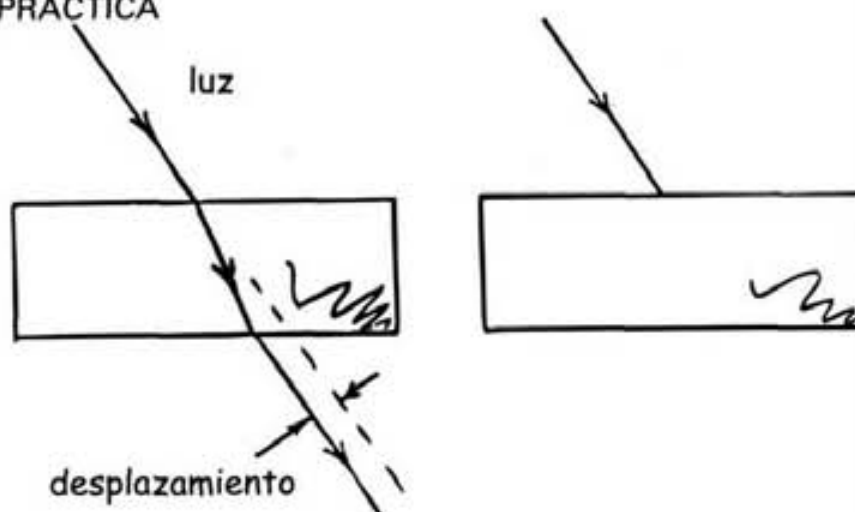
Gracias a Clarence Bakken *Hewitt lo dibujó!*

Física

CONCEPTUAL

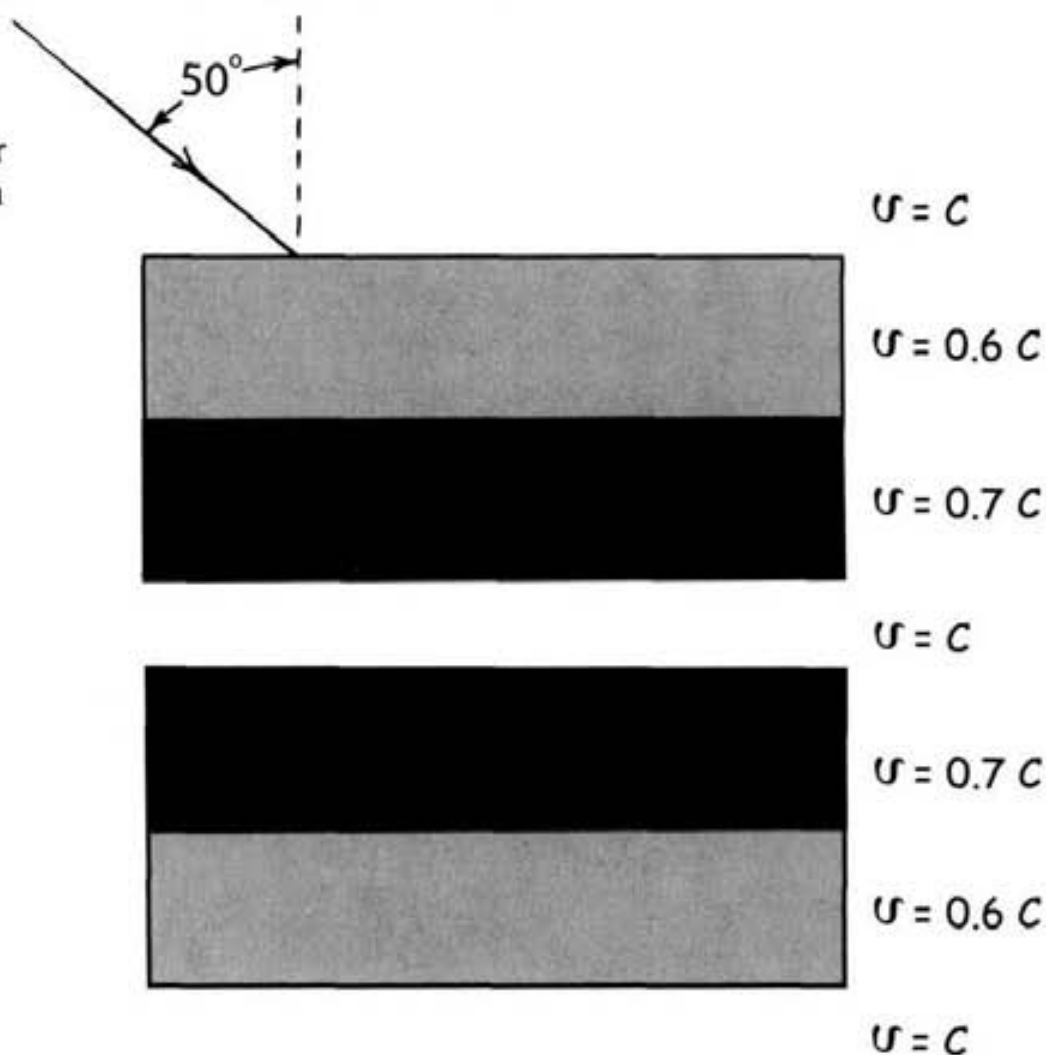
PÁGINA DE PRÁCTICA

5. Los dos bloques transparentes de la derecha están fabricados con materiales distintos. La rapidez de la luz en el bloque de la izquierda es mayor que en el bloque de la derecha. Traza una trayectoria adecuada a través y saliendo del bloque de la derecha. La luz que sale, ¿se desvía más o menos que la que sale del bloque de la izquierda?

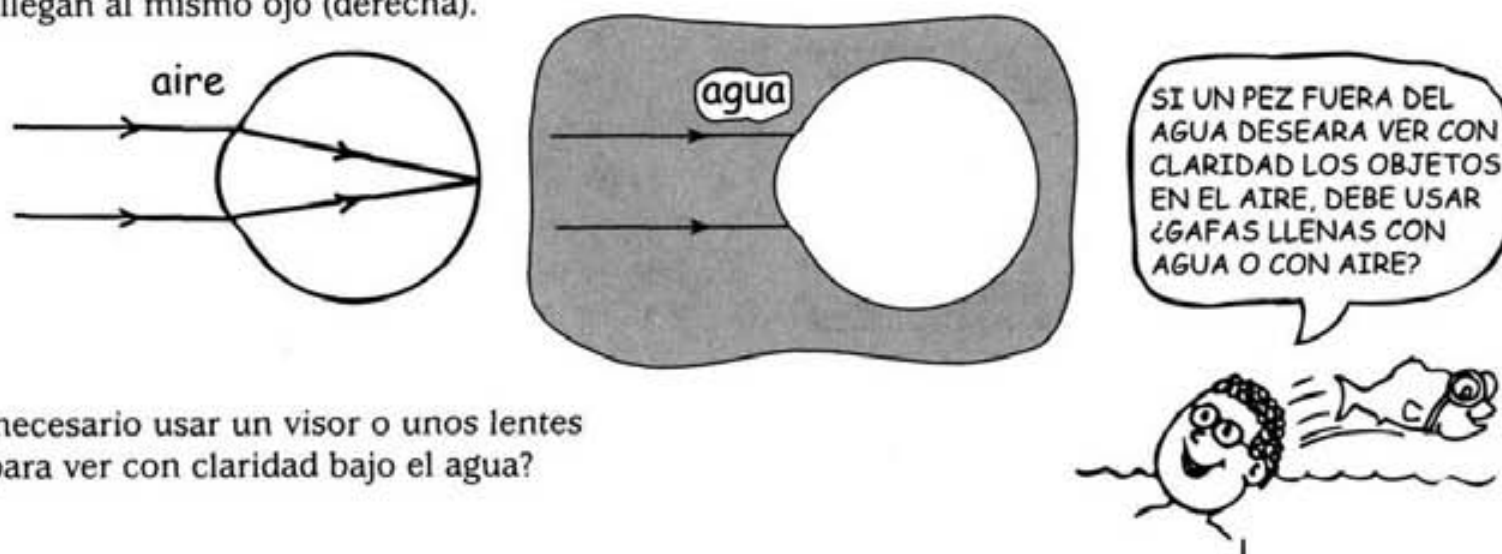


6. La luz llega del aire y atraviesa las placas de vidrio y de plástico que se indican abajo. La rapidez de la luz en los distintos materiales aparece a la derecha (la rapidez interviene en el "índice de refracción" del material). Traza un esquema aproximado que muestre la trayectoria adecuada a través del sistema de cuatro placas.

En comparación con el rayo incidente a 50° en la parte superior, ¿qué puedes decir acerca de los ángulos que forma el rayo en el aire intermedio y abajo de los pares de bloques? _____



7. Los rayos paralelos de luz se refractan al cambiar su rapidez cuando pasan del aire al ojo (izquierda). Traza un esquema aproximado que muestre las trayectorias adecuadas de la luz cuando los rayos paralelos bajo el agua llegan al mismo ojo (derecha).



8. ¿Por qué es necesario usar un visor o unos lentes para nadar para ver con claridad bajo el agua?

Hewitt
lo dibujó!

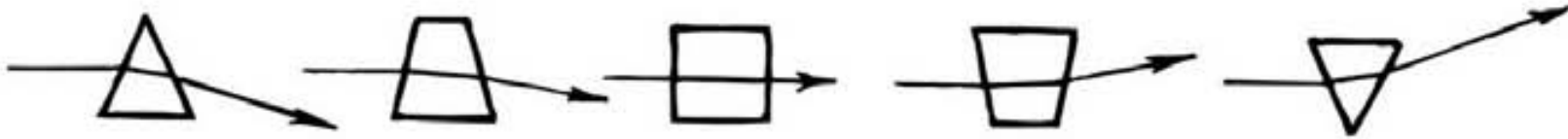
Nombre _____ Fecha _____

Física CONCEPTUAL

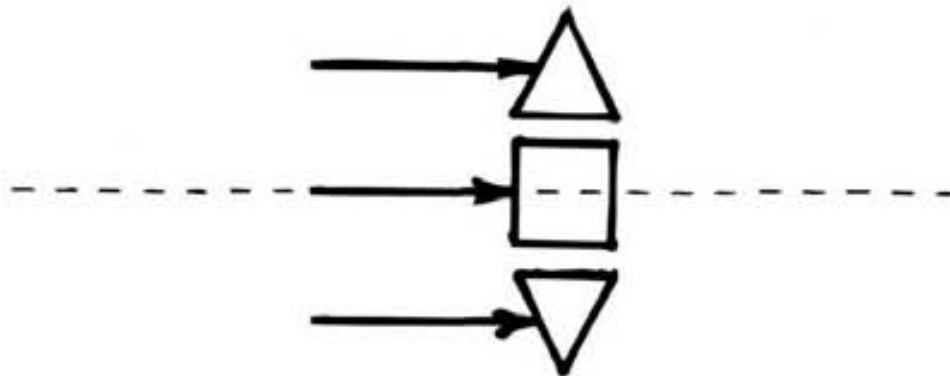
PÁGINA DE PRÁCTICA

Capítulo 28 Reflexión y refracción**Lentes**

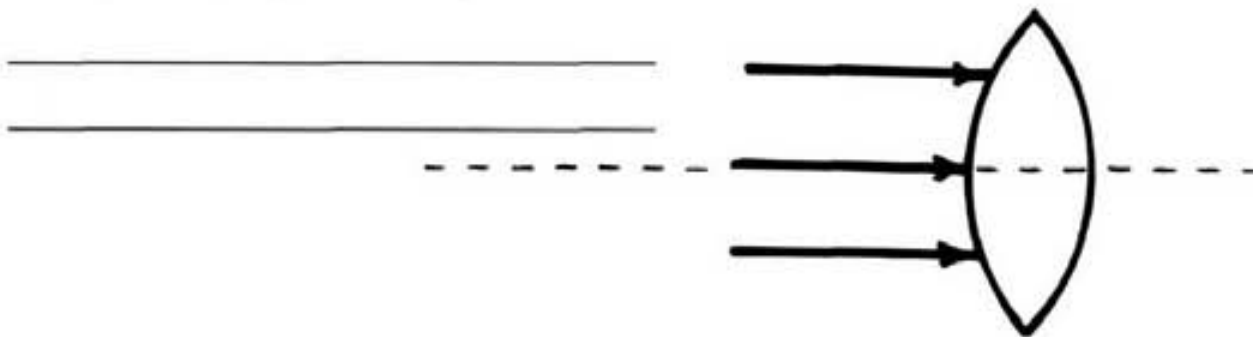
Los rayos de luz se desvían, como se indica abajo, al atravesar los bloques de vidrio.



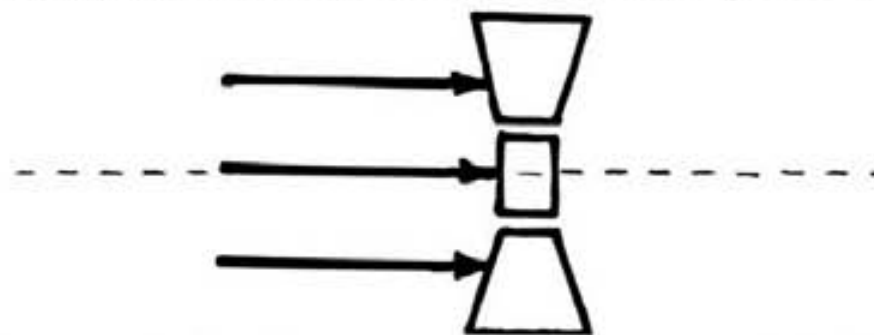
1. Indica cómo se desvían los rayos de luz al pasar por el arreglo de bloques de vidrio que se ve abajo.



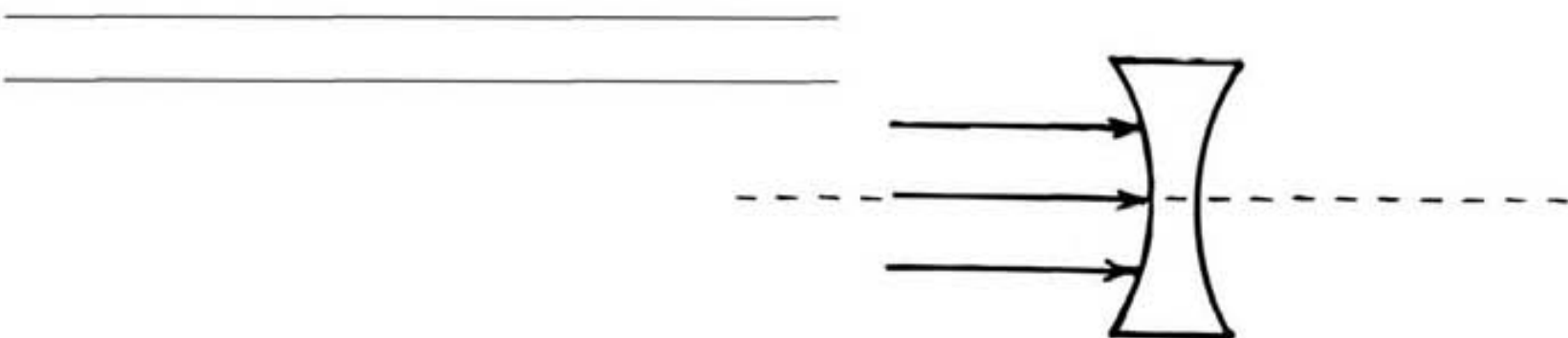
2. Indica cómo se desvían los rayos de luz al pasar por la lente de abajo. Esa lente, ¿es convergente o divergente? ¿En qué te basas para decir lo anterior?



3. Indica cómo se desvían los rayos de luz al pasar por el arreglo de bloques de vidrio que se ve abajo.



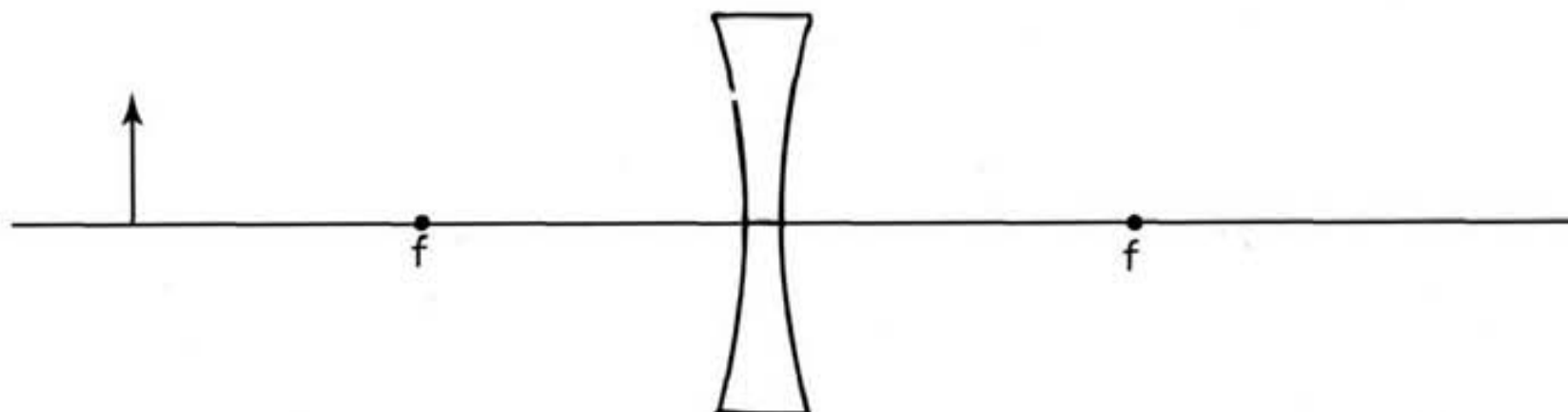
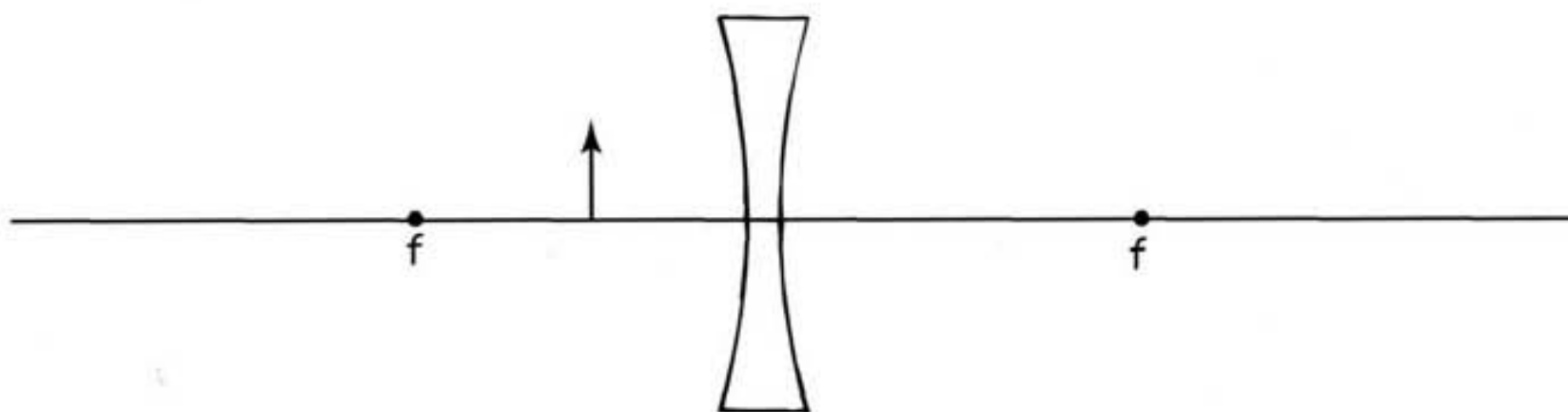
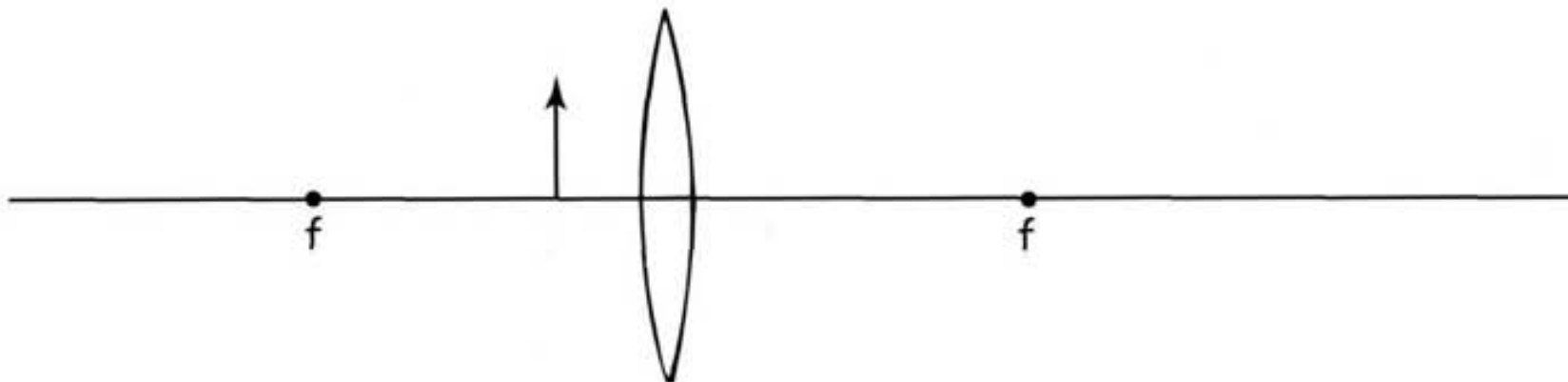
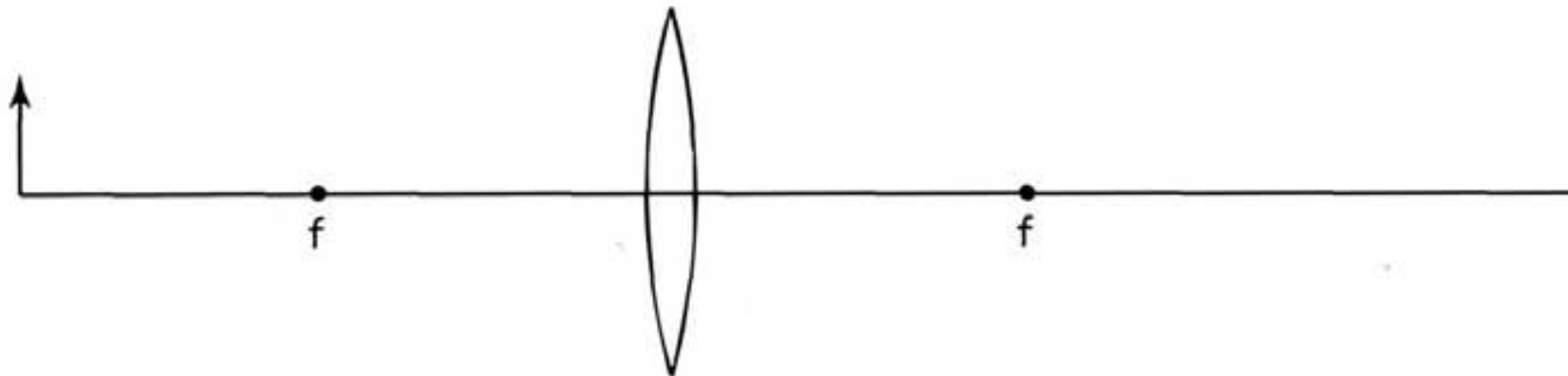
4. Indica cómo se desvían los rayos de luz al pasar por la lente que se ve abajo. Esa lente, ¿es convergente o divergente? ¿En qué te basas para decir lo anterior?



5. ¿Qué clase de lente se usa para corregir la hipermetropía? _____

¿La miopía? _____

6. Traza los rayos para determinar el lugar y el tamaño relativo de la imagen de la flecha en cada uno de las lentes de abajo. Los rayos que pasan por la mitad de la lente continúan sin desviarse. En una lente convergente, los rayos de la punta de la flecha que son paralelos al eje óptico pasan por el foco lejano, después de atravesar la lente. Los rayos que pasan por el foco cercano continúan paralelos al eje después de atravesar la lente. En una lente divergente, los rayos paralelos al eje divergen y parecen originarse en el foco cercano, para después pasar por la lente. ¡Diviértete!



*Hewitt
lo dibujó!*

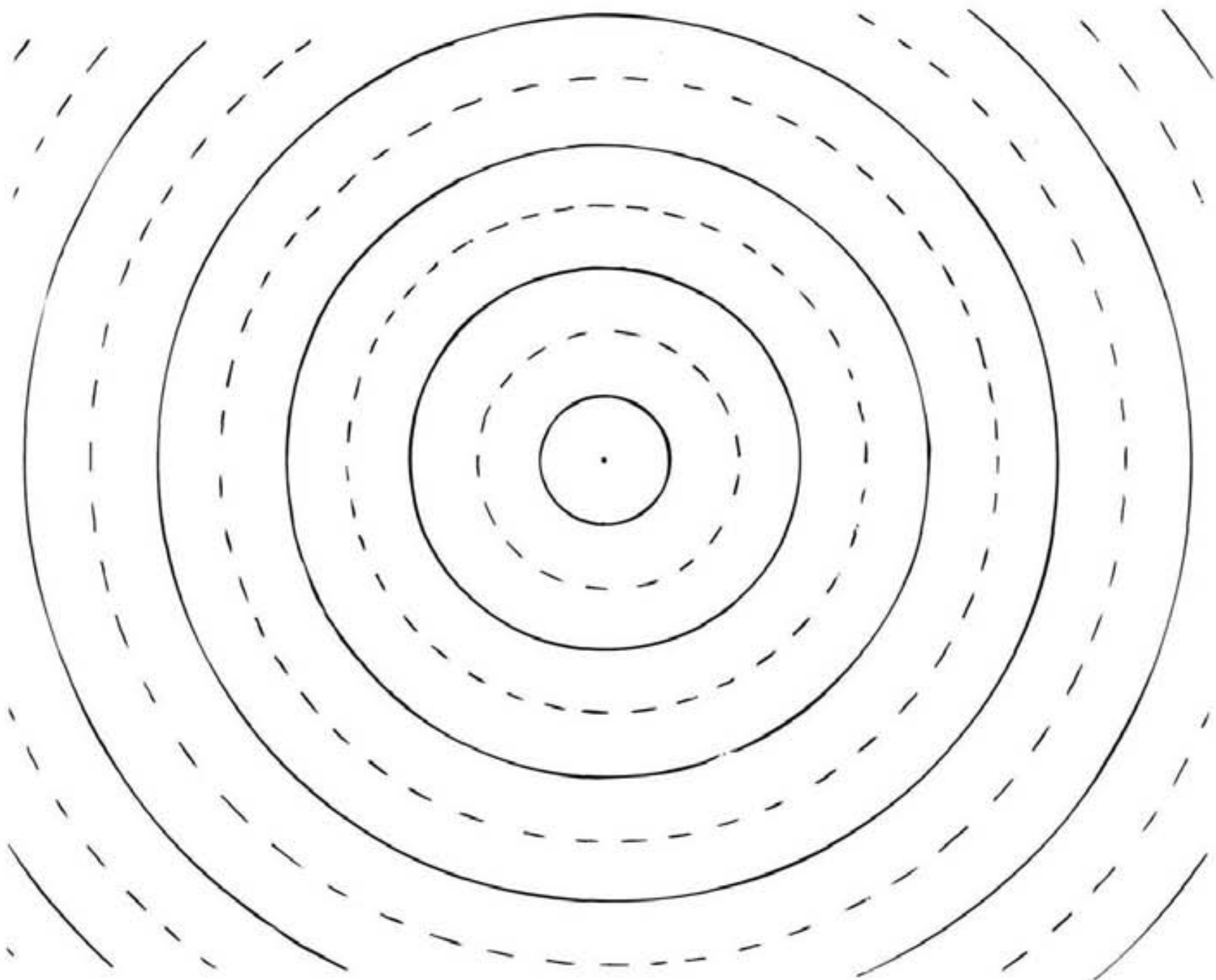
Nombre _____ Fecha _____

Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

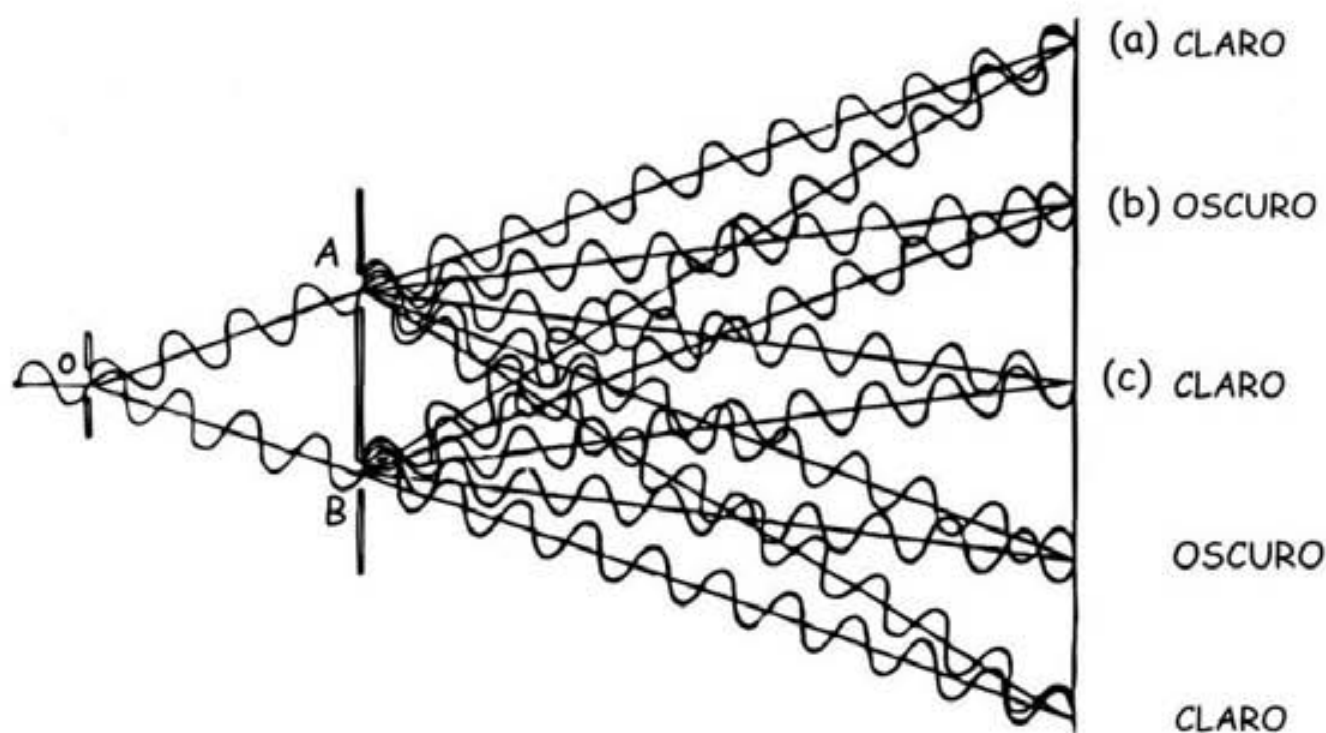
Capítulo 29 Ondas luminosas
Difracción e interferencia

1. Abajo hay círculos concéntricos, de línea continua y de línea punteada, y cada uno tiene un radio de 1 cm distinto de los vecinos. Imagina que son los círculos que forman las ondas en el agua, vistos desde arriba, y que las líneas continuas representan a las crestas, y los círculos con línea punteada representan a los valles de esas ondas.
 - a. Con un compás traza otro conjunto de los mismos círculos concéntricos. Elige cualquier parte de la hoja como centro (excepto el centro que ya está indicado). Deja que los círculos lleguen hasta la orilla del papel.
 - b. Determina dónde una línea punteada cruza a una línea continua, y traza un punto grande en esa intersección. Haz lo anterior en TODOS los lugares donde una línea continua cruce a una línea punteada.
 - c. Con un marcador ancho de fieltro, une los puntos con líneas uniformes. Estas *líneas nodales* están en las regiones donde las ondas se han anulado; donde la cresta de una onda se superpone al valle de otra (ve las figuras 29.15 y 29.16 de tu libro de texto).



2. Examina las figuras de círculos superpuestos en los papeles de tus compañeros. Algunos tendrán más líneas nodales que otros, debido a que tuvieron distintos puntos de partida. ¿Cómo se relaciona la cantidad de líneas nodales en una figura con la distancia entre los centros de los círculos (es decir, entre las fuentes de las ondas)?

3. Abajo se repite la figura 28.19 de tu libro de texto. Cuenta con cuidado la cantidad de longitudes de onda (es igual a la cantidad de crestas) a lo largo de las siguientes trayectorias entre las rendijas y la pantalla.



- a. Cantidad de longitudes de onda entre la rendija A y el punto (a) = _____
- b. Cantidad de longitudes de onda entre la rendija B y el punto (a) = _____
- c. Cantidad de longitudes de onda entre la rendija A y el punto (b) = _____
- d. Cantidad de longitudes de onda entre la rendija B y el punto (b) = _____
- e. Cantidad de longitudes de onda entre la rendija A y el punto (c) = _____
- f. Cantidad de longitudes de onda entre la rendija B y el punto (c) = _____

Cuando la cantidad de longitudes de onda a lo largo de cada trayectoria es igual o difiere en una o más longitudes de onda completas, la interferencia es

(constructiva) (destruktiva).

Y cuando la cantidad de longitudes de onda difiere en media longitud de onda (o en múltiplos impares de media longitud de onda), la interferencia es

(constructiva) (destruktiva).

Es bueno saber algo de física para comprender cómo esta ciencia cambia nuestra forma de ver las cosas



*i Hewitt
lo dibujó!*

Nombre _____

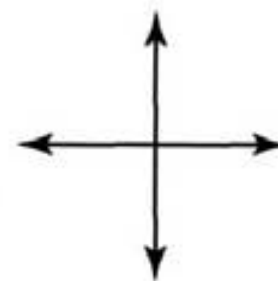
Fecha _____

Física CONCEPTUAL

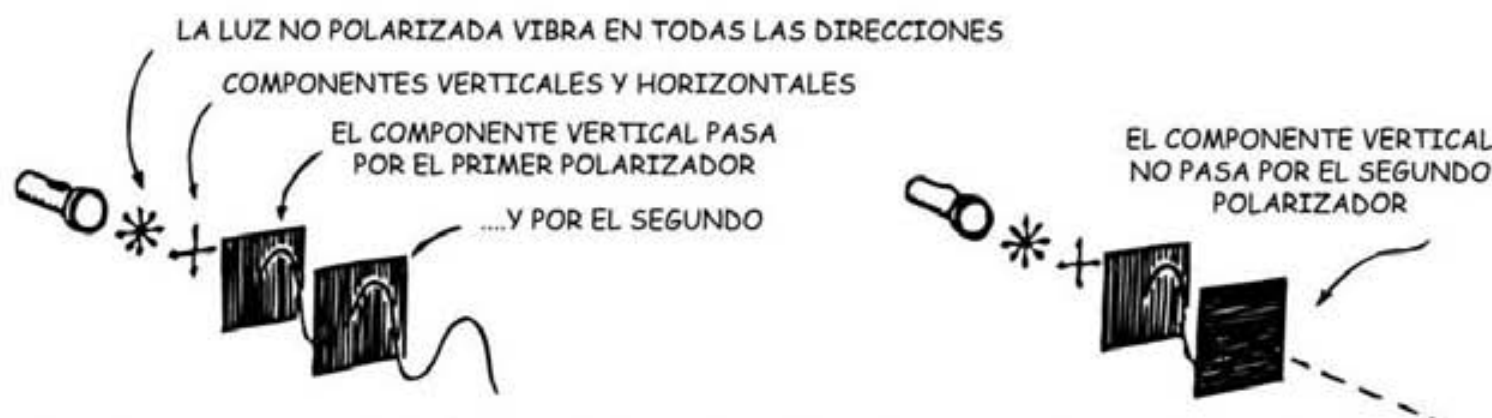
PÁGINA DE PRÁCTICA

Capítulo 29 Ondas luminosas
Polarización

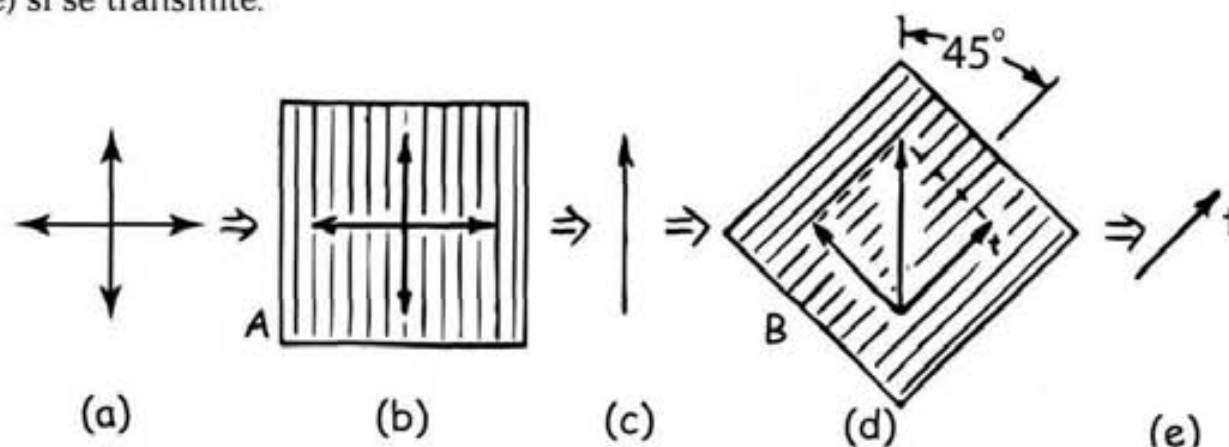
La amplitud de una onda luminosa tiene magnitud y dirección, y se puede representar con un vector. La luz polarizada vibra en una sola dirección, y se representa con un solo vector. A la izquierda, el vector único representa la luz verticalmente polarizada. Las vibraciones de la luz no polarizada son iguales en todas las direcciones. Hay tantos componentes verticales como componentes horizontales. El par de vectores perpendiculares de la derecha representa a la luz no polarizada.



1. En el esquema de abajo, la luz no polarizada de una linterna llega a un par de filtros polarizadores (Polaroid).

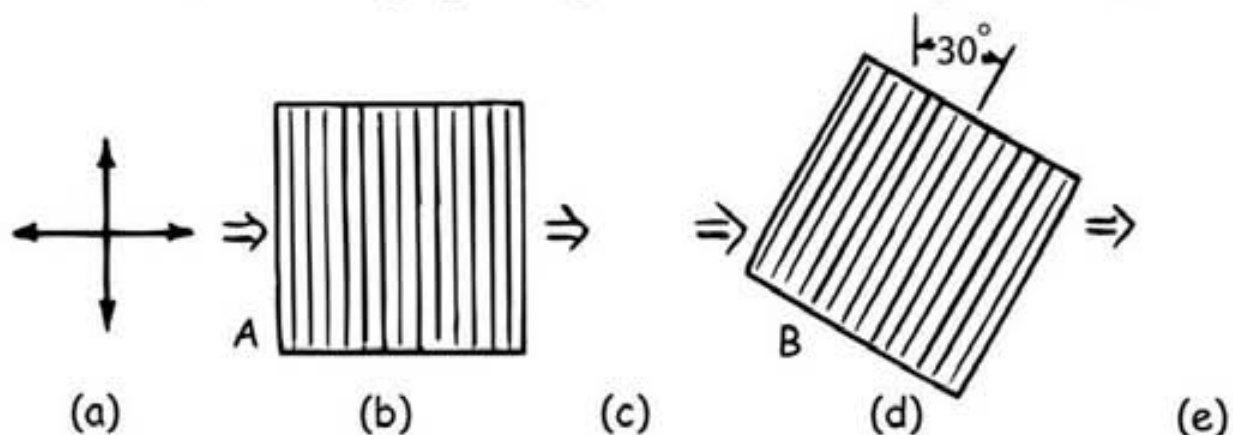


- a. La luz se transmite a través de un par de filtros polarizadores cuando sus ejes están (alineados) (cruzados en ángulo recto)
- y la luz se bloquea cuando sus ejes están (alineados) (cruzados en ángulo recto).
- b. La luz transmitida está polarizada en dirección (igual que) (distinta de) el eje de polarización del filtro.
2. Imagina la transmisión de luz a través de un par de filtros polarizadores, con ejes de polarización formando un ángulo de 45° entre sí. Aunque en la práctica los filtros están uno sobre otro, aquí los mostramos lado a lado. De izquierda a derecha: (a) La luz no polarizada se representa con sus componentes horizontales y verticales. (b) Esos componentes llegan al filtro A. (c) El componente vertical se transmite y (d) llega al filtro B. Este componente vertical no está alineado con el eje de polarización del filtro B, pero tiene un componente t que (e) sí se transmite.

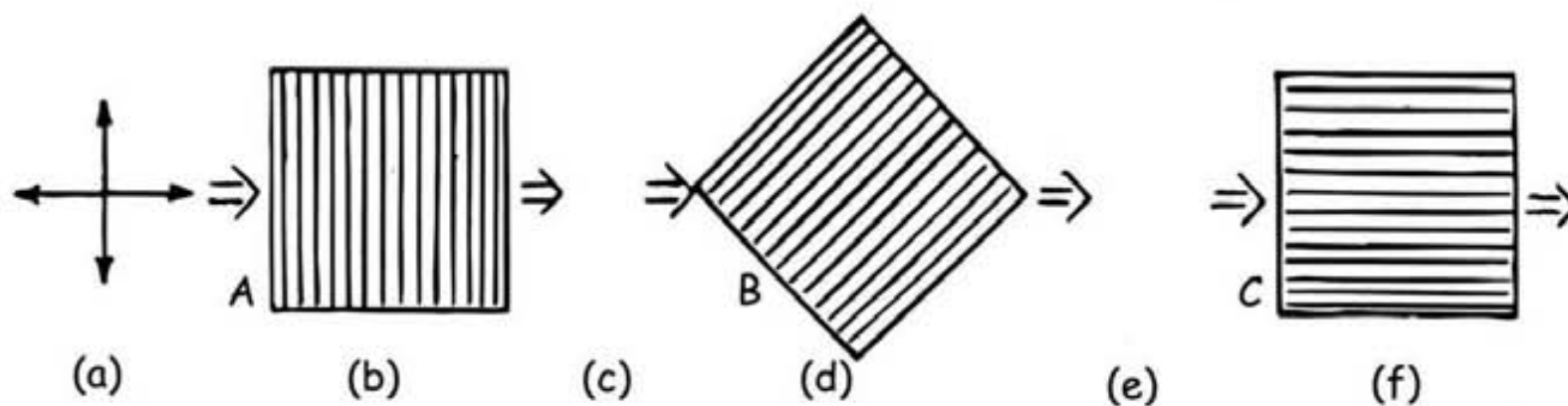


- a. La cantidad de luz que atraviesa el filtro B, en comparación con la que atraviesa el filtro A, es (mayor) (menor) (igual).
- b. El componente perpendicular a t que llega al filtro B (también se transmite) (se absorbe).

3. Abajo se ve un par de filtros con ejes de polarización a 30° entre sí. Traza con cuidado los vectores y los componentes adecuados (como en la pregunta 2) para indicar el vector que sale en (e).



- a. La cantidad de luz que pasa por los filtros polarizadores a 30° , en comparación con la que pasa por los filtros a 45° , es
(menor) (mayor) (igual).
4. La figura 29.35 de tu libro muestra la sonrisa de Ludmila Hewitt que atravesó tres filtros polarizadores. Con diagramas vectoriales completa los pasos (b) a (f), abajo, para indicar cómo atraviesa la luz por este sistema de tres filtros.



5. Un uso novedoso de la polarización se describe abajo. ¿Cómo es que las ventanas laterales polarizadas de las casas de estos vecinos permiten conservar la intimidad de sus ocupantes? (¿Quién puede ver qué?)



Física CONCEPTUAL

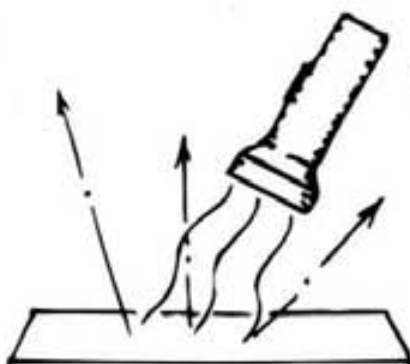
PÁGINA DE PRÁCTICA

Capítulos 31 y 32 Cuantos de luz, el átomo y el cuanto
Cuantos de luz

1. El decir que la luz está cuantizada significa que está formada por (unidades elementales) (ondas).
2. En comparación con los fotones de luz de baja frecuencia, los de luz de mayor frecuencia tienen más (energía) (rapidez) (cuantos).
3. El efecto fotoeléctrico respalda el (modelo ondulatorio de la luz) (modelo de partícula de la luz).
4. El efecto fotoeléctrico se hace evidente cuando la luz que llega a ciertos materiales fotosensibles expulsa (fotones) (electrones).



5.



El efecto fotoeléctrico es más efectivo con luz violeta que con luz roja, porque los fotones de la luz violeta
(resuenan con los átomos en el material)
(entregan más energía al material)
(son más numerosos).

6. De acuerdo con el modelo ondulatorio de De Broglie para la materia, un haz de luz y un haz de electrones (son básicamente distintos) (son similares).
7. Según De Broglie, mientras mayor sea la rapidez de un haz de electrones (su longitud de onda es mayor) (su longitud de onda es menor).
8. Lo discreto de los niveles de energía, de los electrones en órbita en el núcleo atómico, se comprende mejor si se considera que el electrón es una (onda) (partícula).
9. Los átomos más pesados no son mucho más grandes que los átomos más ligeros. La razón principal de ello es que su mayor carga nuclear (tira de los electrones que la rodean y sus órbitas son más pequeñas) (mantiene más electrones en torno al núcleo atómico) (produce una estructura atómica más densa).
10. Mientras que en el macromundo cotidiano al estudio del movimiento se le llama *mecánica*, al estudio de los cuantos en el micromundo se le llama (mecánica newtoniana) (mecánica cuántica).

**¡UN MECÁNICO CUÁNTICO!**

Capítulo 33 El núcleo atómico y la radiactividad
Radiactividad

1. Completa las siguientes afirmaciones.

- Un neutrón solitario se desintegra espontáneamente en un protón y un _____.
- Los rayos alfa y beta son haces de partículas, mientras que los rayos gamma son haces de _____.
- A un átomo con carga eléctrica se le llama _____.
- Los distintos _____ de un elemento son químicamente idénticos, pero difieren en la cantidad de neutrones en el núcleo.
- Los elementos transuránicos son los que están después del número atómico _____.
- Si la cantidad de cierta muestra radiactiva disminuye a la mitad en cuatro semanas, en cuatro semanas más la cantidad que queda debe ser _____ de la cantidad original.
- El agua de un manantial termal natural es calentada por la _____ del interior de la Tierra.



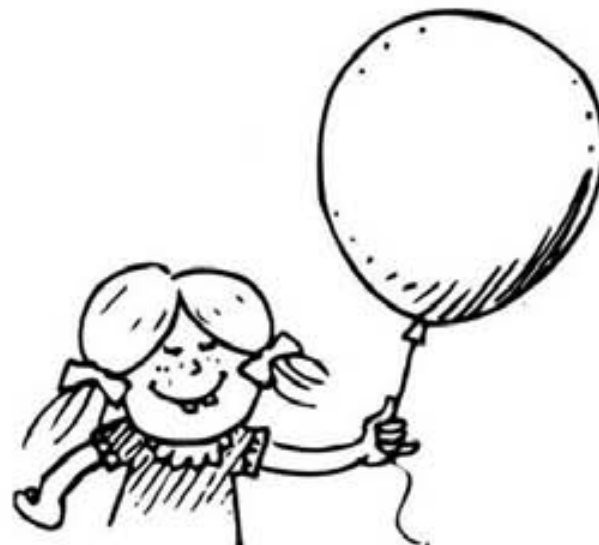
2. El gas en el globo de la niña está formado por partículas alfa y beta que habían sido producidas antes por desintegración radiactiva.

- Si la mezcla es eléctricamente neutra, ¿cuántas partículas beta hay más que partículas alfa en el globo?

- ¿Por qué tu respuesta no es "igual"?

- ¿Por qué las partículas alfa y beta ya no pueden ser peligrosas para la niña?

- ¿Qué elementos hay en esta mezcla?



Nombre _____ Fecha _____

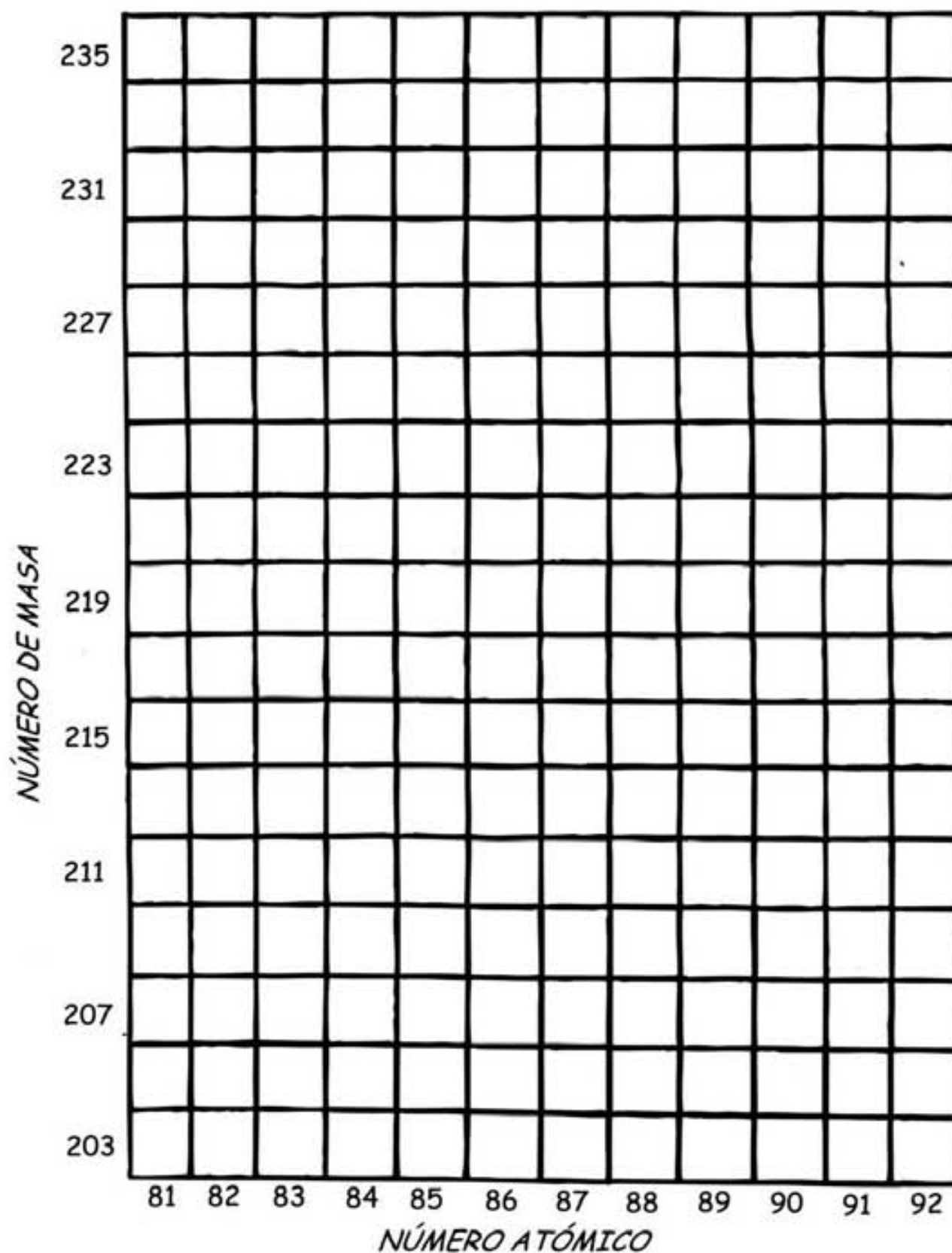
Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

Capítulo 33 El núcleo atómico y la radiactividad**Transmutación natural**

Llena el siguiente diagrama de desintegración, parecido al de la figura 33.13 del libro de texto, pero comenzando con U 235 y terminando con un isótopo del plomo. Usa la tabla de la izquierda e identifica cada elemento de la serie con su símbolo químico.

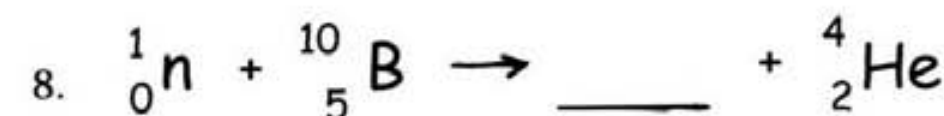
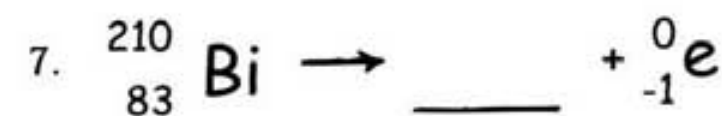
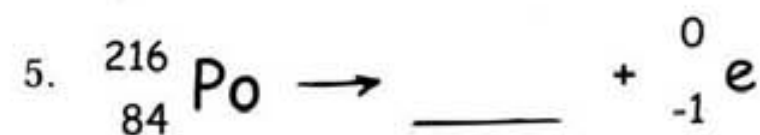
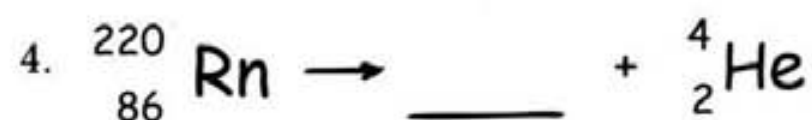
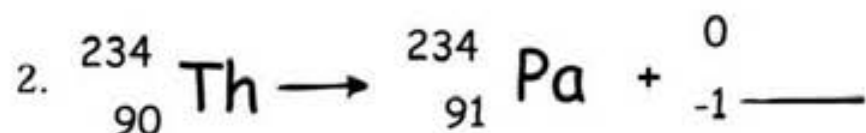
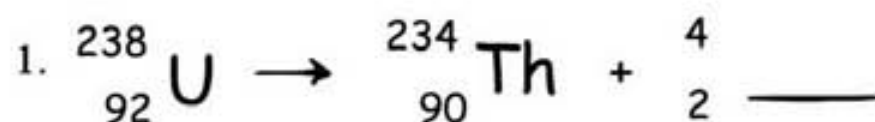
Paso	Partícula emitida
1	Alfa
2	Beta
3	Alfa
4	Alfa
5	Beta
6	Alfa
7	Alfa
8	Alfa
9	Beta
10	Alfa
11	Beta
12	Estable



¿Cuál isótopo es el producto final? _____

Reacciones nucleares

Completa estas reacciones nucleares.



EL TORIO,
LLEGÓ TARDE,
¡ME DORMÍ!



FÍSICA NUCLEAR... ¡LO MISMO ME OCURRIÓ
CON LAS DOS LETRAS INTERCAMBIADAS!



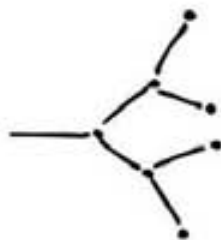
Nombre _____ Fecha _____

Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

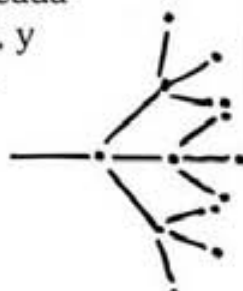
Capítulo 34 Fisión y fusión nuclear
Reacciones nucleares

1. Llena la tabla de una cadena de reacciones en la que dos neutrones se producen en cada paso, y cada uno causa una nueva reacción.



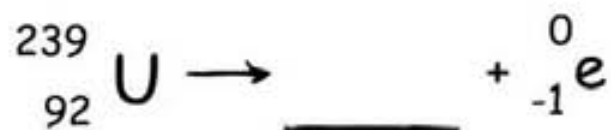
EVENTO	1	2	3	4	5	6	7
CTD. DE REACCIONES	1	2	4				

2. Llena la tabla de una cadena de reacciones (o reacción en cadena) en la que en cada reacción se producen tres neutrones, y cada uno causa una nueva reacción.

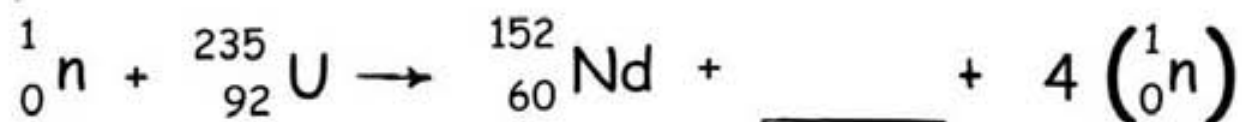
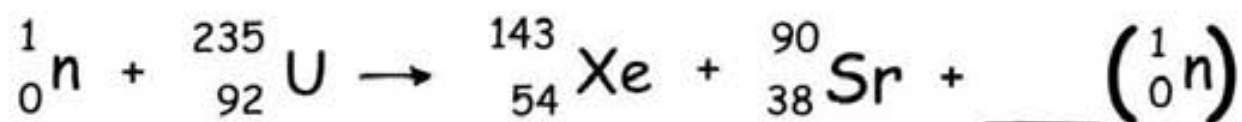


EVENTO	1	2	3	4	5	6	7
CTD. DE REACCIONES	1	3	9				

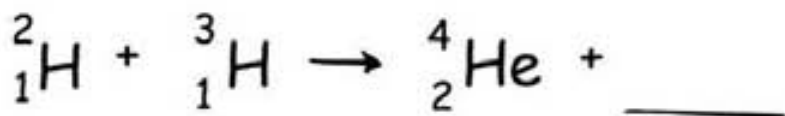
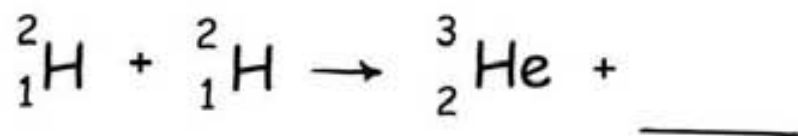
3. Completa estas reacciones beta, que se efectúan en un reactor de cría.



4. Completa las siguientes reacciones de fisión.



5. Completa las siguientes reacciones de fusión.



¡YA CONOZCO LOS NÚCLEOS!

iHewitt
lo dibujó!

Nombre _____

Fecha _____

Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

Capítulo 35 Teoría de la relatividad especial**Dilatación del tiempo**

En el capítulo 35 de tu libro de texto se describe *el viaje del gemelo*, donde un gemelo recorre una jornada en 2 horas, mientras que su hermano queda en casa y anota que pasaron 2 1/2 horas. ¡Notable! Las horas en ambos marcos de referencia se indican con destellos de luz, enviados cada 6 minutos desde la nave espacial, y recibidos en la Tierra a intervalos de 12 minutos cuando se aleja la nave, y de 3 minutos cuando regresa. Lee con cuidado esa sección en el libro, y anota las indicaciones del reloj a bordo de la nave, cuando se emite cada destello, y las indicaciones del reloj en la Tierra, cuando se recibe cada destello.



NAVE ALEJÁNDOSE DE LA TIERRA		
DESTELLO	HORA EN LA NAVE, CUANDO SE MANDA EL DESTELLO	HORA EN LA TIERRA, CUANDO SE VE EL DESTELLO
0	12:00	12:00
1	12:06	
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

NAVE ACERCÁNDOSE A LA TIERRA		
DESTELLO	HORA EN LA NAVE, CUANDO SE MANDA EL DESTELLO	HORA EN LA TIERRA, CUANDO SE VE EL DESTELLO
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		

ESTÁ BIEN: PARA $u = 0.6c$

$$t = \frac{t_0}{\sqrt{1 - \left(\frac{u}{c}\right)^2}} = \frac{2 \text{ HR}}{\sqrt{1 - (0.6)^2}} = 2.5 \text{ HR}$$

Hewitt
lo dibujó!

Respuestas a las páginas de práctica

Compara tus respuestas de las páginas anteriores con mis respuestas, en las versiones reducidas que siguen. Puedes abreviar viendo primero mis respuestas, o también puedes ser honesto contigo mismo y trabajar sin verlas antes. Al trabajar las primeras páginas, ya sea solo o con tus amigos, sin consultar mis respuestas, y si lo haces sólo después de hacer un buen intento, podrás sentir la satisfacción que se produce cuando se hacen bien las cosas.



Nombre _____ Fecha _____

Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

Capítulo 1 Acerca de la ciencia

Formulación de hipótesis

La palabra ciencia viene del latín, y significa "conocer". La palabra hipótesis viene del griego y significa "bajo una idea". Una hipótesis es una estimación educada y conduce, con frecuencia, a nuevos conocimientos y puede ayudar a establecer una teoría.

Ejemplos:

- Es bien sabido que por lo general los objetos se expanden al calentarse. Una placa de hierro se agranda un poco, por ejemplo, cuando se coloca en un horno caliente. Pero, ¿si la placa tiene un agujero en el centro? El agujero, ¿se agrandará o se contraerá cuando ocurra la dilatación? Uno de tus amigos podrá decir que el agujero se agrandará, y otro amigo que se acortará.

- ¿Cuál es tu hipótesis acerca del tamaño del agujero?, y si estuvieras equivocado, ¿hay alguna prueba para averiguarlo?

Hipótesis 1: El agujero se agranda. Hipótesis 2: Se contrae.

Hipótesis 3: No cambia. Prueba: ¡Calentar la placa en el horno y medirla!

(La hipótesis 1 es correcta.)

- Con frecuencia hay varias formas de probar una hipótesis. Por ejemplo, puedes hacer un diseño experimental y evaluar tú mismo los resultados, o puedes ir a la biblioteca y buscar los resultados reportados por otros investigadores. ¿Cuál de estos dos métodos prefieres, y por qué?

(Depende del caso —la mayor parte de las investigaciones usan los dos.)



- Antes de la invención de la imprenta, los escribas copiaban a mano los libros; muchos de los escribas eran monjes que vivían en monasterios. Se cuenta de un escriba que se frustró al encontrar una mancha sobre una página importante que estaba copiando. La mancha ocultaba parte de un informe donde se mencionaba la cantidad de dientes que tenía el hocico de un asno. El escriba se disgustó mucho y no supo qué hacer. Consultó con otros escribas, para ver si en alguno de sus libros se mencionaba la cantidad de dientes que tenía el hocico de un asno. Después de muchas horas de buscar sin éxito en la biblioteca, optó por mandar a un mensajero en burro al monasterio más cercano, para que continuaran la investigación ahí. ¿Cuál sería tu consejo?

¡Examinar el hocico del asno y contar los dientes! (Hay que ver si no le faltan dientes.)

Establecer distinciones



Muchas personas parecen no ver la diferencia entre una cosa y el abuso de ella. Por ejemplo, un concejal que prohíbe el uso de la patineta, puede ser que no distinga entre usar normalmente una patineta y usarla con temeridad. Una persona en favor de prohibir alguna nueva tecnología, puede no distinguir entre esa tecnología y el abuso de ella. Hay diferencia entre una cosa y el abuso de ella.

En una hoja de papel, por separado, anota otros ejemplos donde con frecuencia no se distinga entre el uso y el abuso. Compara tu lista con las de tus compañeros de clase.

¡Hewitt lo dibujó!

1

Física CONCEPTUAL

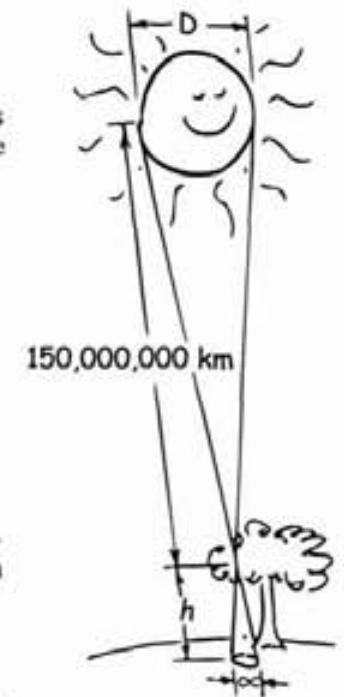
PÁGINA DE PRÁCTICA

Formación de imágenes a través de un agujero

Ve con cuidado las manchas redondas que hace la luz en la sombra de los árboles. Son soles, o imágenes del Sol. Las producen aberturas entre las hojas de los árboles, que funcionan como agujeros. (¿Hiciste una cámara oscura en secundaria?) Los soles grandes, de varios centímetros de diámetro, son producidos por agujeros relativamente altos con respecto al suelo, mientras que los pequeños son de agujeros más bajos. Lo interesante



es que la relación del diámetro de un sol a la distancia del agujero es igual que la relación del diámetro del sol verdadero a la distancia del agujero. Sabemos que el Sol está a unos 150,000,000 km del agujero, por lo que con medidas cuidadosas de la relación diámetro/distancia de la imagen de un Sol se obtiene el diámetro del Sol verdadero. Es lo que trata esta página. En lugar de medir soles bajo la sombra de los árboles, en un día soleado, fabrica tu propia imagen del sol, más fácil de medir.



- Perfora un agujero pequeño en una tarjeta. Quizá una tarjeta de archivo sea adecuada para perforarla con un lápiz o con una pluma afilados. Sujeta la tarjeta a la luz solar y observa la imagen circular que se produce. Es una imagen del Sol. Observa que su tamaño no depende del tamaño del agujero en la tarjeta, sino tan sólo de su distancia. La imagen es un círculo, cuando se produce en una superficie perpendicular a los rayos. Si no es perpendicular, se "alarga" como una elipse.
- Haz la prueba con agujeros de varias formas, por ejemplo, uno cuadrado o uno triangular. ¿Cuál es la forma de la imagen cuando la distancia de la tarjeta es grande en comparación con el tamaño del agujero? ¿Hay diferencia con la forma del agujero?

La imagen siempre es un círculo. La forma del agujero NO es la forma de la imagen que produce.

- Mide el diámetro de una moneda pequeña. Luego coloca la moneda en una superficie que sea perpendicular a los rayos solares. Coloca la tarjeta de modo que la imagen del Sol cubra exactamente a la moneda. Mide con cuidado la distancia de la moneda al pequeño agujero redondo en la tarjeta. Completa lo siguiente:

$$\frac{\text{Diámetro de la imagen del Sol}}{\text{Distancia al agujero}} = \frac{d}{h} = \frac{1}{110} \quad (\text{Entonces el diámetro del Sol} = \frac{1}{110} \times 150,000,000 \text{ km})$$

Con esta relación, estima el diámetro del Sol. Muestra tu trabajo en una hoja de papel, por separado.

- Si hiciste lo anterior en un día en el que el Sol estaba parcialmente eclipsado, ¿qué forma tendrá la imagen que esperas ver?

Invertida, creciente: es la imagen del Sol eclipsado parcialmente.



¡Hewitt lo dibujó!

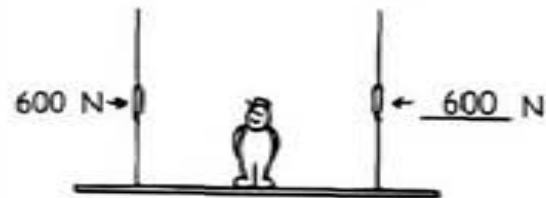
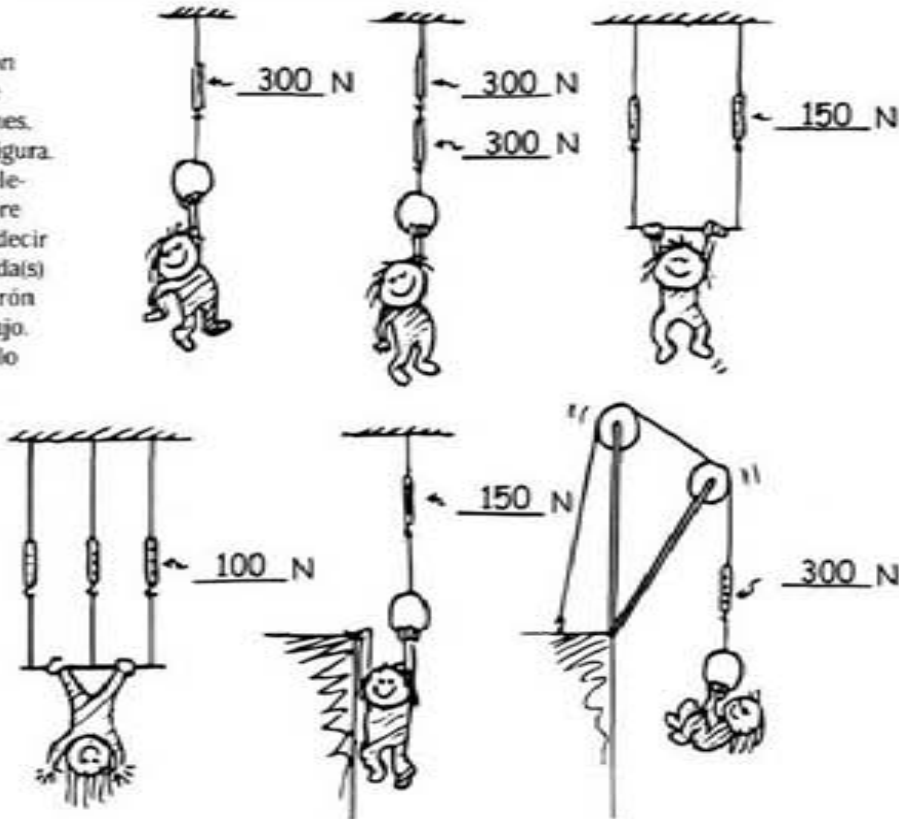
2

Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

Capítulo 2 Primera ley de Newton del movimiento—inercia
Equilibrio estático

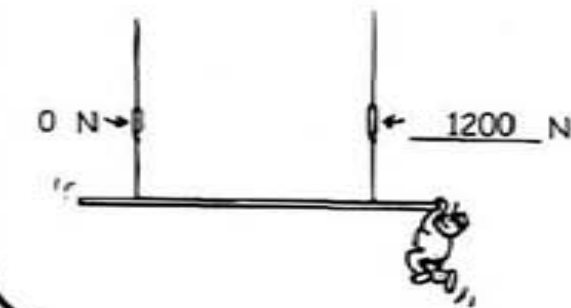
1. La pequeña Nellie Newton quiere ser gimnasta, y se cuelga en varias posiciones, según se muestra en la figura. Como ella no se está acelerando, la fuerza neta sobre ella es cero. Esto quiere decir que el tirón de la(s) cuerda(s) hacia arriba es igual al tirón de la gravedad, hacia abajo. Ella pesa 300 N. Escribe lo que indica la báscula en cada caso.



2. Cuando el pintor se para exactamente a la mitad del andamio, la báscula de la izquierda indica 600 N. Escribe la indicación de la báscula de la derecha. El peso total del pintor y el andamio debe ser 1200 N.



3. El pintor se para más hacia la derecha. Escribe lo que indica la báscula de la izquierda.



4. Por puntada, el pintor se cuelga del extremo derecho. Escribe lo que indica la báscula de la derecha.

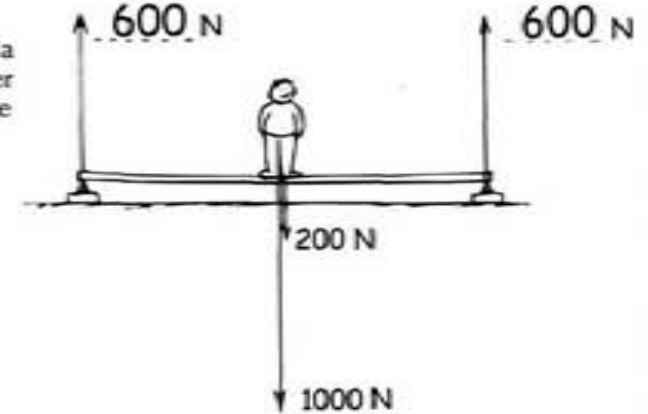
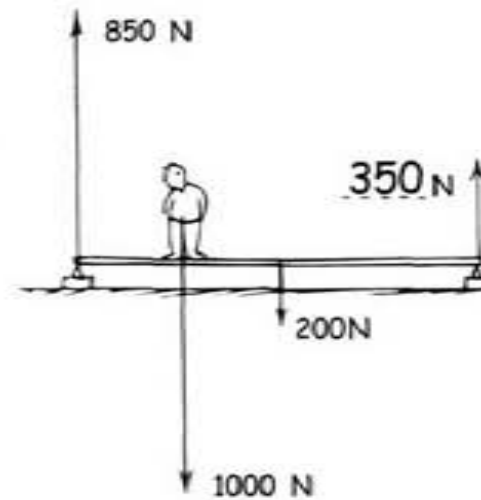
¡Flechas lo ayudan!

Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

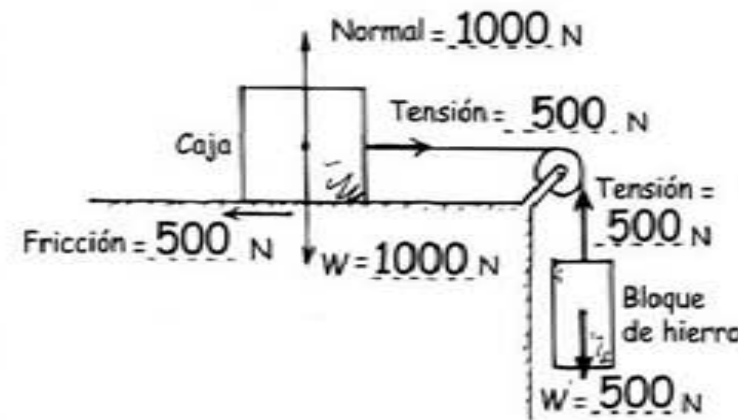
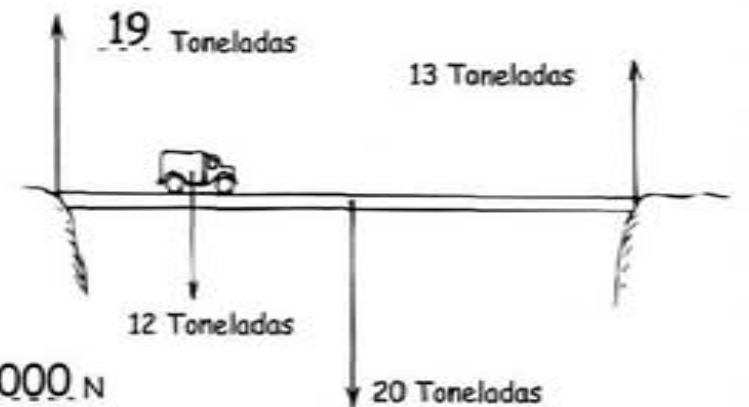
La regla del equilibrio: $\Sigma F = 0$

1. Manuel pesa 1000 N, y está parado a la mitad de una tabla que pesa 200 N. Los extremos de la tabla se apoyan en básculas de baño. (Podemos suponer que el peso de la tabla actúa en su centro.) Escribe la indicación correcta de cada báscula.



2. Cuando Manuel se mueve hacia la izquierda, como se ve, la báscula más cercana a él indica 850 N. Escribe el peso que indica la báscula lejana.

3. Un camión de 12 toneladas está a la cuarta parte del cruce de un puente que pesa 20 toneladas. Una fuerza de 13 toneladas soporta el lado derecho del puente, como se indica. ¿Cuánta fuerza de apoyo hay en el extremo izquierdo?



4. Una caja de 1000 N descansa en una superficie horizontal, y está amarrada a un bloque de hierro de 500 N con una cuerda que pasa por una polea sin fricción, como se ve en la figura. La fricción entre la caja y la superficie basta para mantener en reposo al sistema. Las flechas indican las fuerzas que actúan sobre la caja y el bloque. Escribe la magnitud de cada fuerza.

5. Si la caja y el bloque de la pregunta anterior se mueven con rapidez constante, la tensión en la cuerda (es igual) (aumenta) (disminuye).

Entonces, el sistema en deslizamiento se encuentra en (equilibrio estático) (equilibrio dinámico).

¡Flechas lo ayudan!

Nombre _____ Fecha _____

Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

Capítulo 3 Movimiento rectilíneo

Rapidez en caída libre

1. La tía Minnie te da \$10 por segundo durante 4 segundos. ¿Cuánto dinero te dio en los 4 segundos? \$40



2. Una pelota dejada caer desde el reposo gana 10 m/s de rapidez por segundo. Después de caer 4 segundos, ¿qué rapidez tiene? 40 m/s
3. Tienes \$20, y el tío Harry te da \$10 en cada segundo durante 3 segundos. ¿Cuánto dinero tienes a los 3 segundos? \$50
4. Se lanza una pelota directamente hacia abajo, con una rapidez inicial de 20 m/s. Pasados 3 segundos, ¿qué rapidez tiene? 50 m/s
5. Tienes \$50 y le pagas a tía Minnie \$10/segundo. ¿En cuánto tiempo se te acaba tu dinero? 5 s
6. Lanzas una flecha directamente hacia arriba a 50 m/s. ¿Cuándo se le acabará la rapidez? 5 s
7. Entonces, ¿qué rapidez tendrá la flecha 5 segundos después de haberla lanzado? 0 m/s
8. ¿Cuál será su rapidez a los 6 segundos de haberla lanzado? ¿A los 7 segundos? 10 m/s 20 m/s

Distancia en caída libre

1. La rapidez es una cosa y la distancia es otra. ¿Dónde está la flecha que lanzaste hacia arriba a 50 m/s cuando se termina su rapidez? 125 m
2. ¿A qué altura estará la flecha a los 7 segundos después de haberla lanzado hacia arriba a 50 m/s? 105 m
3. (a) La tía Minnie deja caer una moneda en un pozo de los deseos, y dura 3 segundos cayendo hasta llegar al agua. ¿Qué rapidez tiene al llegar a ésta? 30 m/s
- (b) ¿Cuál es la rapidez promedio de la moneda durante su caída de 3 segundos? 15 m/s
- (c) ¿Qué tan abajo está la superficie del agua? 45 m
4. A la tía Minnie no se le cumplió su deseo, así que va a un pozo más profundo y lanza una moneda directamente hacia abajo, a 10 m/s. ¿Hasta dónde cae esa moneda en 3 segundos? 75 m

DESDE EL REPOSO,
 $v = 10t$
 $d = 5t^2$

$$v = \frac{v_0 + v}{2} = \frac{v_0 + (v_0 + 10t)}{2}$$

ENTONCES $d = vt$

¡Distingue entre "con qué rapidez", "hasta dónde" y "cuánto tiempo"!

¡Hewitt lo dibujó!

5

Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

Aceleración en caída libre

Una piedra dejada caer de lo alto de un acantilado aumenta su rapidez a medida que cae. Imagina que a la piedra se le colocan un "velocímetro" y un odómetro para indicar la rapidez y la distancia, a intervalos de un segundo. Tanto la rapidez como la distancia son cero cuando el tiempo = 0 (ve el dibujo). Observa que después de 1 segundo de caída, la indicación de rapidez es 10 m/s y la distancia (altura) caída es 5 m. No se muestran las indicaciones de los siguientes segundos, y quedan para que las lles. Así que traza la aguja del "velocímetro" y escribe la indicación correcta del odómetro para cada tiempo. Usa $g = 10 \text{ m/s}^2$ y no tengas en cuenta la resistencia del aire.



NECESITAS CONOCER:

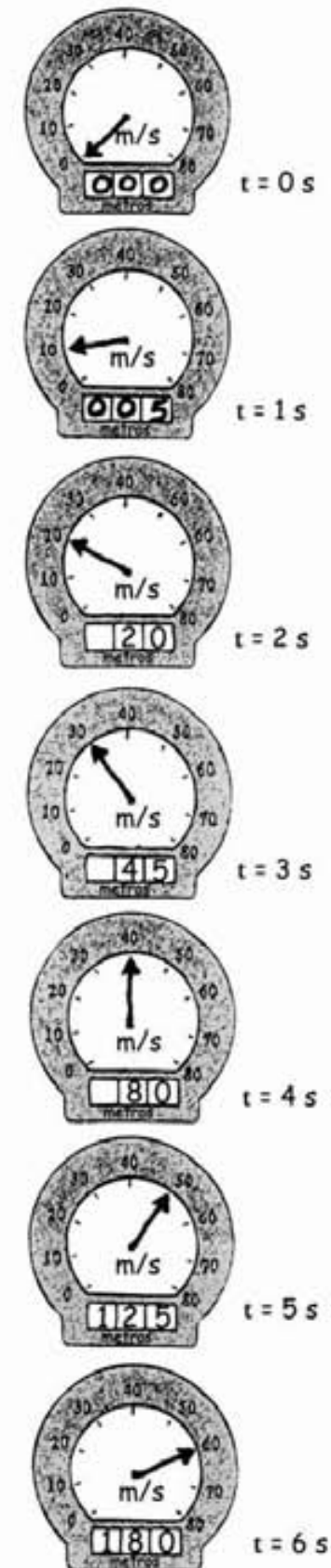
LA RAPIDEZ INSTANTÁNEA DE CAÍDA DESDE EL REPOSO:

$$v = gt$$

LA DISTANCIA DE CAÍDA (ALTURA) DESDE EL REPOSO:

$$d = \frac{1}{2}gt^2$$

1. La indicación del "velocímetro" aumenta la misma cantidad, 10 m/s cada segundo. Al aumento de rapidez por segundo se le llama Aceleración.
2. La distancia de caída aumenta de acuerdo con el cuadrado del Tiempo.
3. Si la piedra tarda 7 segundos en tocar el suelo, su rapidez al momento del impacto es 70 m/s, la altura total caída es 245 m y su aceleración de caída, justo antes del impacto es 10 m/s².



¡Hewitt lo dibujó!

6

Nombre _____ Fecha _____

Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

Capítulo 4 Segunda ley de Newton del movimiento

Fuerza y aceleración

1. Shelly, la patinadora, tiene una masa total de 25 kg, y está impulsada por el cohete.

- a. Llena la tabla I (sin tener en cuenta la resistencia del aire).

$$a = \frac{F}{25 \text{ kg}}$$

- b. Llena la tabla II para una resistencia constante de 50 N.

$$a = \frac{F - 50 \text{ N}}{25 \text{ kg}}$$

TABLA I

FUERZA	ACELERACIÓN
100 N	4 m/s ²
200 N	8 m/s ²
	10 m/s ²

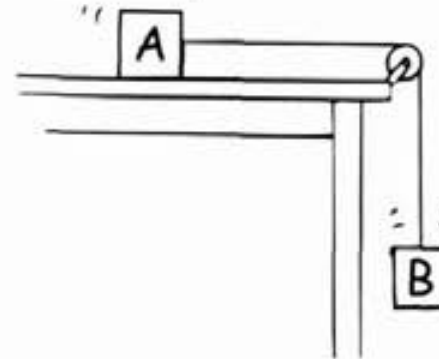
TABLA II

FUERZA	ACELERACIÓN
50 N	0 m/s ²
100 N	2 m/s ²
200 N	6 m/s ²

2. El bloque A está sobre una mesa horizontal sin fricción, y lo acelera la fuerza de una cuerda fija al bloque B. B cae verticalmente y arrastra a A en forma horizontal. Ambos bloques tienen la misma masa m . (No tengas en cuenta la masa de la cuerda.)

(Encierra en un círculo las respuestas correctas.)

- a. La masa del sistema [A + B] es (m) **(2m)**
- b. La fuerza que acelera a [A + B] es el peso de (A) **(B)** (A + B).
- c. El peso de B es ($mg/2$) **(mg)** ($2mg$).
- d. La aceleración de [A + B] es **(menor que g)** (g) (más que g).
- e. Usa $a =$ para indicar que la aceleración de [A + B] es una fracción de g . $a = \frac{mg}{2m} = g/2$



SI B CAYERA POR SÍ SÓLO SIN ARRASTRAR A A, ¿SU ACELERACIÓN NO SERÍA G?

SÍ, PORQUE LA FUERZA QUE LO ACELERA SÓLO ESTARÍA ACTUANDO SOBRE SU PROPIA MASA INO SOBRE EL DOBLE DE LA MASA!

PARA COMPRENDER MEJOR ESTO VE LOS PUNTOS 3 Y 4 SIGUIENTES!

iHewitt
lo dibujó!

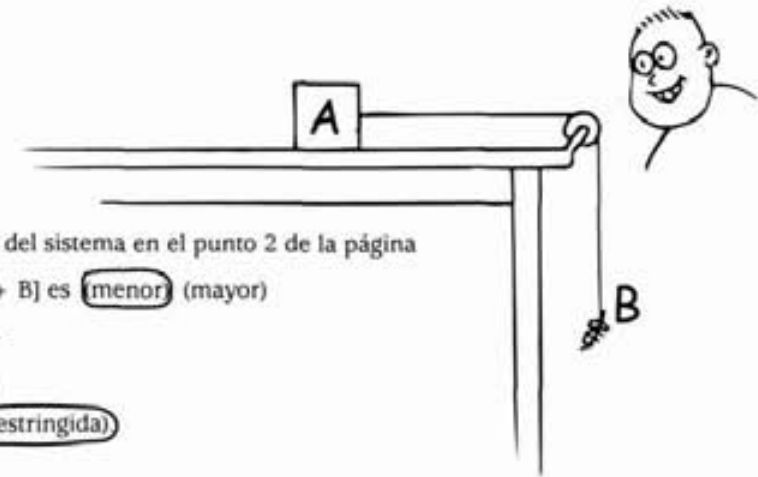
Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

Fuerza y aceleración (continuación)

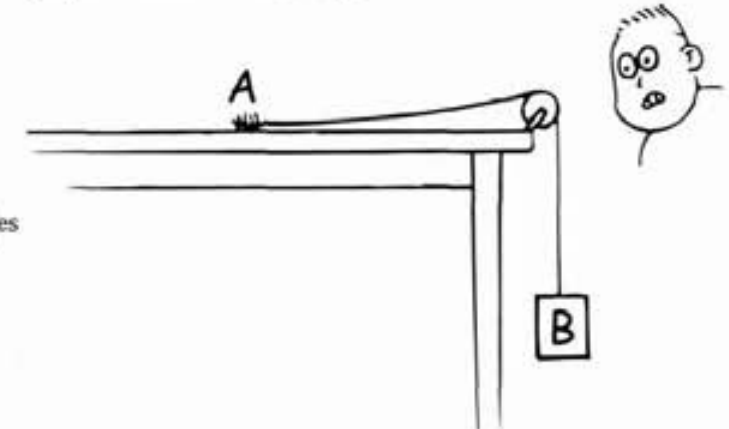
3. Imagina que A sigue siendo un bloque de 1 kg, pero que B es una pluma (o una moneda) con poca masa.

- a. En comparación con la aceleración del sistema en el punto 2 de la página anterior, aquí la aceleración de [A + B] es **(menor)** (mayor) y es **(cercana a cero)** (cercana a g).
- b. En este caso, la aceleración de B es (prácticamente la de caída libre) **(restringida)**



4. Imagina que A es una pluma o una moneda y que B tiene la masa de 1 kg.

- a. En este caso, la aceleración de [A + B] es (cercana a cero) **(cercana a g)**
- b. En este caso, la aceleración de B es **(prácticamente de caída libre)** (restringida).



5. Como resumen de los puntos 2, 3 y 4, cuando el peso de un objeto causa la aceleración de dos objetos, se ve que el intervalo de las aceleraciones posibles es

(entre cero y g) (entre cero e infinito) (entre g e infinito).

6. Una bola rueda cuesta abajo por una rampa de pendiente uniforme.

- a. La aceleración es (decreciente) **(constante)** (creciente).
- b. Si la rampa tuviera más pendiente, la aceleración sería **(mayor)** (la misma) (menor).
- c. Cuando la bola llega y alcanza la parte más baja y sigue rodando por la superficie horizontal lisa, (continúa acelerando) **(no acelera)**



iHewitt
lo dibujó!

Nombre _____

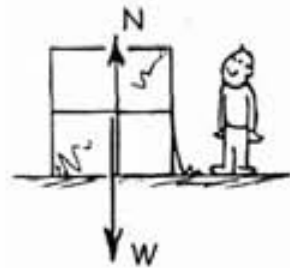
Fecha _____

Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

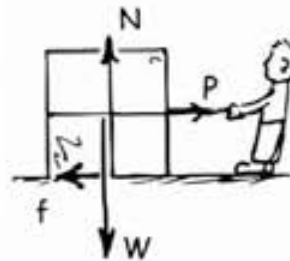
Capítulo 4 Segunda ley de Newton del movimiento

Fricción



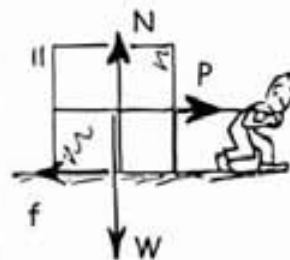
1. Una caja llena con delicioso alimento chatarra descansa sobre un piso horizontal. Sobre ella actúan sólo la gravedad y la fuerza de soporte del piso, que se indican con los vectores W del peso, y N de la fuerza normal.

- a. La fuerza neta sobre la caja es (cero) (mayor que cero).
b. La prueba es que no hay aceleración.



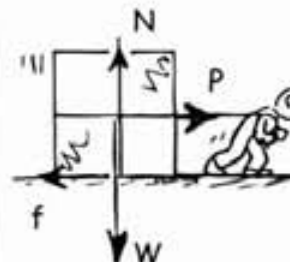
2. Se ejerce un tirón ligero P sobre la caja, no lo suficiente para moverla. Ahora está actuando una fuerza de fricción f .

- a. que es (menor que) (igual a) (mayor que) P .
b. La fuerza neta sobre la caja es (cero) (mayor que cero).



3. El tirón P aumenta hasta que la caja comienza a moverse. Es tal que se mueve con velocidad constante por el piso.

- a. La fricción f es (menor que) (igual a) (mayor que) P .
b. Velocidad constante quiere decir que la aceleración es (cero) (mayor que cero).
c. La fuerza neta sobre la caja es (menor que) (igual a) (mayor que) cero.



4. El tirón P aumenta más y ahora es mayor que la fricción f .
a. La fuerza neta sobre la caja es (menor que) (igual a) (mayor que) cero.
b. La fuerza neta actúa hacia la derecha, y entonces la aceleración actúa hacia (izquierda) (derecha).

5. Si la fuerza del tirón P es 150 N, y la caja no se mueve ¿cuál es la magnitud de f ? 150 N
6. Si la fuerza del tirón P es 200 N, y la caja no se mueve ¿cuál es la magnitud de f ? 200 N
7. Si la fuerza de fricción cinética es 250 N, ¿qué fuerza se necesita para mantener a la caja deslizándose a una velocidad constante? 250 N
8. Si la masa de la caja es 50 kg y la fricción cinética es 250 N ¿cuál es la aceleración de la caja cuando la fuerza del tirón es 250 N? 0 m/s² 300 N? 1 m/s² 500 N? 5 m/s²

¡Hewitt
lo dibujó!

9

Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

Caida y resistencia del aire

Bronco se lanza en paracaídas desde un helicóptero que se mantiene estacionario. Se indican varias etapas de su caída en las posiciones de la a a la f . De acuerdo con la segunda ley de Newton,

$$a = \frac{F_{\text{NET}}}{m} = \frac{W - R}{m}$$

determina la aceleración de Bronco en cada posición (en los espacios vacíos de la derecha). Necesitas saber que la masa m de Bronco es 100 kg, por lo que su peso W es 1000 N constante. La resistencia del aire R , que se indica, varía de acuerdo con la rapidez y el área de la sección transversal.

Encierra en un círculo las respuestas correctas.

1. Cuando la rapidez de Bronco es mínima, su aceleración es (mínima) (máxima)
2. ¿En cuál o cuáles posiciones tiene Bronco una aceleración hacia abajo?
(a) (b) (c) (d) (e) (f)
3. ¿En cuál o cuáles posiciones tiene Bronco una aceleración hacia arriba?
(a) (b) (c) (d) (e) (f)
4. Cuando Bronco tiene una aceleración hacia arriba, su velocidad (sigue siendo hacia abajo) (también hacia arriba).
5. ¿En cuál o cuáles posiciones la velocidad de Bronco es constante?
(a) (b) (c) (d) (e) (f)
6. ¿En cuál o cuáles posiciones tiene Bronco la velocidad terminal?
(a) (b) (c) (d) (e) (f)
7. ¿En cuál o cuáles posiciones la velocidad terminal es máxima?
(a) (b) (c) (d) (e) (f)
8. Si Bronco fuera más pesado, su velocidad terminal sería (mayor) (menor) (igual).



(a) $R = 0$
 $W = 1000 \text{ N}$
 $a = \underline{10 \text{ m/s}^2}$

(b) $R = 400 \text{ N}$
 $W = 1000 \text{ N}$
 $a = \underline{6 \text{ m/s}^2}$

(c) $R = 1000 \text{ N}$
 $W = 1000 \text{ N}$
 $a = \underline{0 \text{ m/s}^2}$

(d) $R = 1200 \text{ N}$
 $W = 1000 \text{ N}$
 $a = \underline{-2 \text{ m/s}^2}$

(e) $R = 2000 \text{ N}$
 $W = 1000 \text{ N}$
 $a = \underline{-10 \text{ m/s}^2}$

(f) $R = 1000 \text{ N}$
 $W = 1000 \text{ N}$
 $a = \underline{0 \text{ m/s}^2}$

Observa que la aceleración hacia abajo se toma como +. Si es -, entonces los signos - se vuelven +. De cualquier forma estará bien si es consistente

¡Hewitt
lo dibujó!

10

Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

Capítulo 5 Tercera ley de Newton del movimiento

Pares de acción y reacción

1. En el ejemplo siguiente, se muestran los pares de acción y reacción con las flechas (vectores) y se describen en palabras. En (a) a (g), traza la otra flecha (vector) y escribe la reacción a la acción dada. A continuación sugiere tu ejemplo en (h).

Ejemplo:



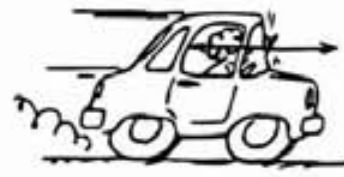
El puño golpea la pared.

La pared golpea al puño.



La cabeza golpea al balón.

(a) El balón golpea a la cabeza.



El parabrisas golpea al insecto.

(b) El insecto golpea al parabrisas.



El bat golpea la bola.

(c) La bola golpea al bat.



El dedo toca la nariz.

(d) La nariz toca el dedo.



La mano tira de la flor.

(e) La flor tira de la mano.



El atleta impulsa las pesas hacia arriba.

(f) Las pesas impulsan al atleta hacia abajo.



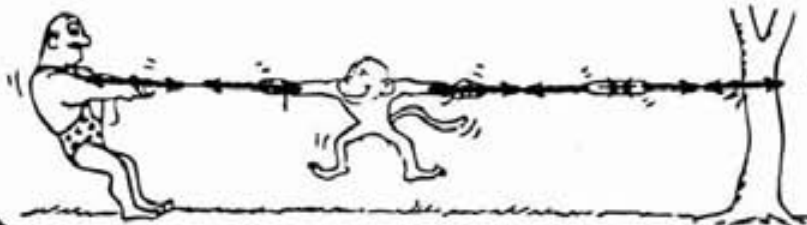
El aire comprimido empuja la pared del globo hacia fuera.

(g) La pared del globo empuja al aire comprimido hacia dentro.

Dibujo del estudiante

(h) La cosa A actúa sobre la cosa B;
La cosa B actúa sobre la cosa A.

2. Traza flechas que indiquen la cadena de al menos seis pares de fuerzas de acción y reacción.



NO PUEDES TOCAR SIN SER TOCADO... ES LA TERCERA LEY DE NEWTON

Hewitt lo dibujó!

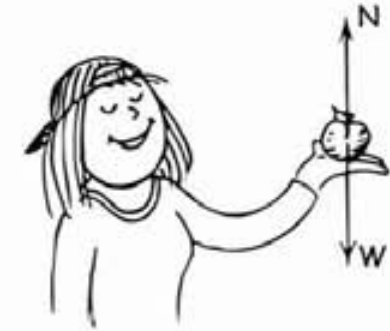
Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

Interacciones

3. Nellie Newton sujeta en reposo una manzana que pesa 1 newton, en la palma de la mano. Los vectores fuerza que se ven son las fuerzas que actúan sobre la manzana.

- a. Decir que el peso de la manzana es 1 N es decir que hay una fuerza gravitacional de 1 N ejercida sobre la manzana por (la Tierra) (la mano).
- b. La mano de Nellie sostiene la manzana con una fuerza normal N, que actúa en dirección opuesta a W. Se puede decir que N (es igual a W) (tiene la misma magnitud que W).



- c. Como la manzana está en reposo, la fuerza neta sobre ella es (cero) (distinta de cero).
- d. Como N es igual y opuesta a W, (se puede) (no se puede), decir que N y W forman un par de acción y reacción. La razón es porque la acción y la reacción siempre (actúan sobre el mismo objeto) (actúan sobre distintos objetos), y aquí se ve que N y W (actúan al mismo tiempo sobre la manzana) (actúan sobre distintos objetos).
- e. De acuerdo con la regla "si la ACCIÓN es A actuando sobre B, entonces la REACCIÓN es B actuando sobre A", si se dice que la acción es la Tierra tirando de la manzana hacia abajo, la reacción es (la manzana tirando hacia arriba sobre la Tierra) (N, la mano de Nellie alzando la manzana).
- f. Para enfatizar, se ve que N y W son iguales y opuestas entre sí (y forman un par de acción-reacción) (pero no forman un par acción-reacción).

PARA IDENTIFICAR UN PAR DE FUERZAS DE ACCIÓN Y REACCIÓN EN CUALQUIER CASO, IDENTIFICA PRIMERO EL PAR DE OBJETOS QUE INTERACTÚAN. ALGO ESTÁ INTERACTUANDO CON ALGO MÁS. EN ESTE CASO TODA LA TIERRA INTERACCIONA (GRAVITACIONALMENTE) CON LA MANZANA. ENTONCES, LA TIERRA TIRA DE LA MANZANA HACIA ABAJO (LLÁMALA ACCIÓN), MIENTRAS QUE LA MANZANA TIRA DE LA TIERRA HACIA ARRIBA (REACCIÓN).



EN TÉRMINOS SENCILLOS, LA TIERRA TIRA DE LA MANZANA (ACCIÓN); LA MANZANA TIRA DE LA TIERRA (REACCIÓN).



TODAVÍA MÁS SENCILLO: LA MANZANA Y LA TIERRA TIRAN ENTRE SÍ CON FUERZAS IGUALES Y OPUESTAS QUE FORMAN UNA SOLA INTERACCIÓN.

- g. Otro par de fuerzas es N [se indica] y la fuerza hacia abajo que ejerce la manzana contra la mano de Nellie [no se indica]. Este par de fuerzas (es) (no es) un par acción-reacción.
- h. Imagina que ahora Nellie empuja la manzana hacia arriba con una fuerza de 2N. La manzana (sigue en equilibrio) (acelera hacia arriba), y en comparación con W, la magnitud de N es (igual) (el doble) (ni es igual ni es el doble).
- i. Una vez que la manzana sale de la mano de Nellie, N es (cero) (todavía el doble de la magnitud de W) y la fuerza neta sobre la manzana es (cero) (sólo W) (todavía W - N, una fuerza negativa).

Hewitt lo dibujó!

Nombre _____ Fecha _____

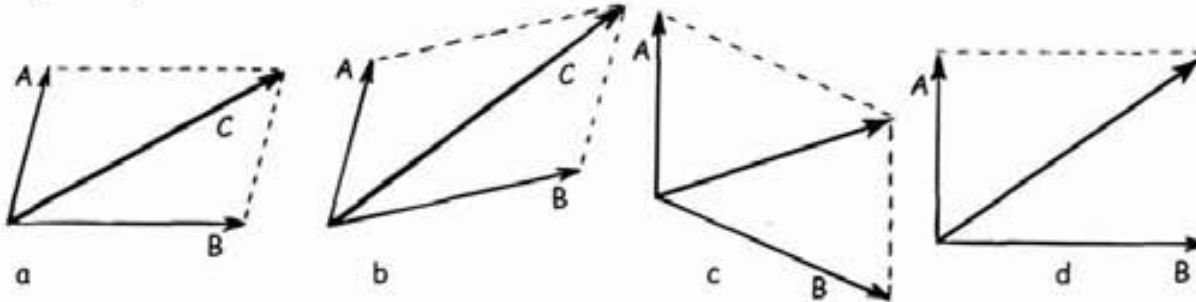
Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

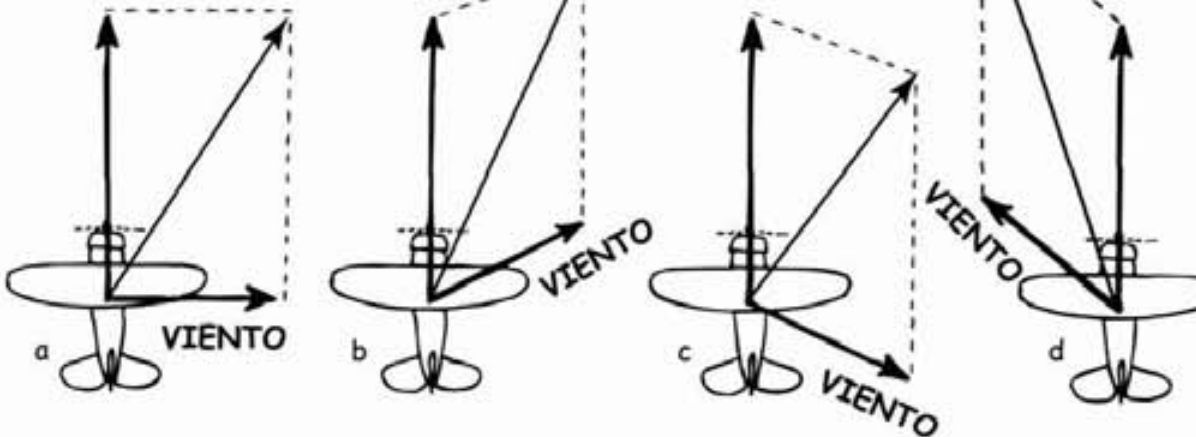
Capítulo 5 Tercera ley de Newton del movimiento

Vectores y la regla del paralelogramo

1. Cuando los vectores A y B forman un ángulo entre sí, se suman y producen la resultante C de acuerdo con la *regla del paralelogramo*. Observa que C es la diagonal de un paralelogramo en el que A y B son lados adyacentes. En los dos primeros diagramas, a y b, se muestra la resultante C. Traza la resultante C en los diagramas c y d. Observa que en el diagrama d se forma un rectángulo, que es un caso especial de un paralelogramo.



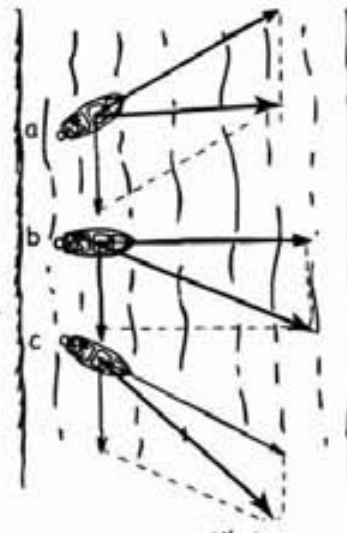
2. Abajo se ve un avión desde arriba, sobre el que sopla un viento en varias direcciones. Usa la regla del paralelogramo para indicar la rapidez y la dirección resultante en su trayectoria, para cada caso. ¿En cuál caso el avión viaja con más rapidez respecto al suelo? d ¿Con más lentitud? c



3. A la derecha vemos tres lanchas de motor cruzando un río, desde arriba. Todas tienen la misma rapidez en relación con el agua, y todas están sometidas al mismo flujo de agua.

Traza los vectores resultantes que indiquen la rapidez y la dirección de las lanchas.

- a. ¿Cuál de ellas toma la ruta más corta hasta la orilla opuesta? a
 b. ¿Cuál de ellas llega primero a la orilla opuesta? b
 c. ¿Cuál de ellas tiene mayor rapidez? c



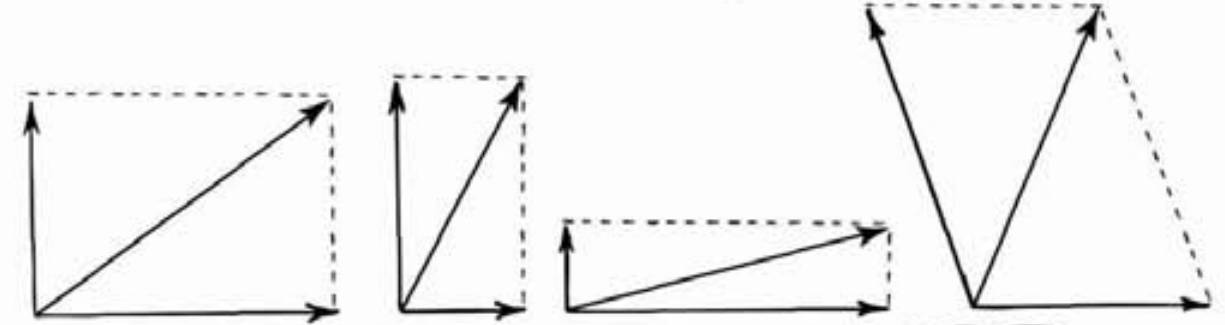
¡Hewitt lo dibujó!

Física CONCEPTUAL

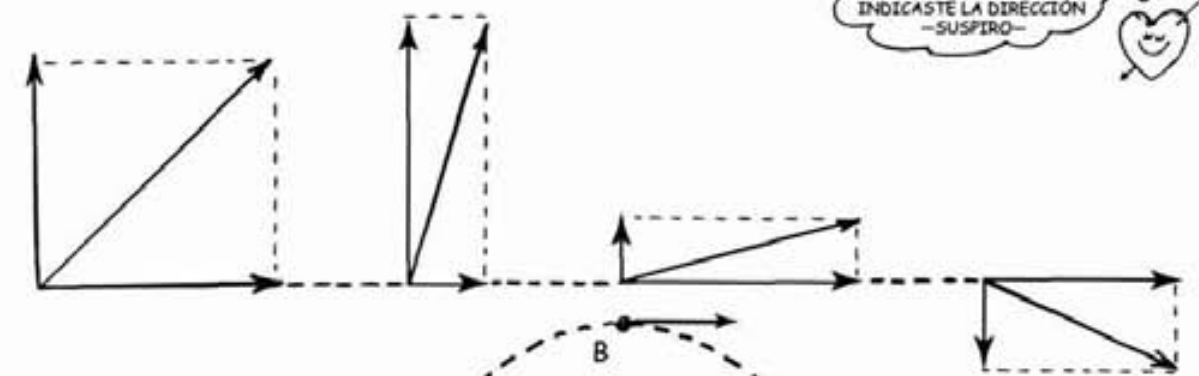
PÁGINA DE PRÁCTICA

Vectores velocidad y sus componentes

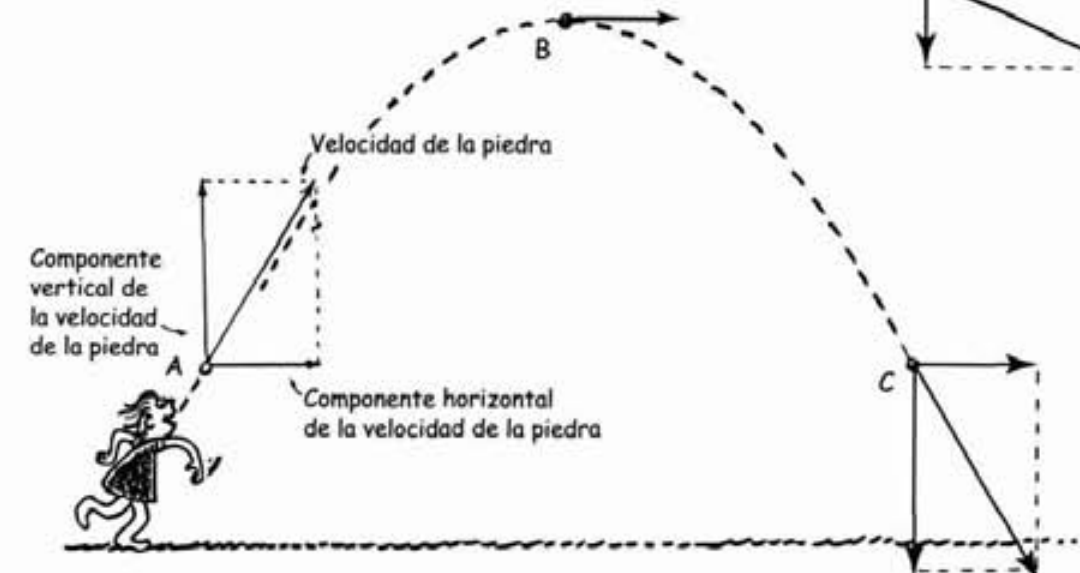
1. Traza las resultantes de los cuatro conjuntos de vectores que siguen.



2. Traza las componentes de los cuatro vectores que siguen.



YO SÓLO ERA UN ESCALAR
HASTA QUE LLEGASTE Y ME
INDICASTE LA DIRECCIÓN
—SUSPIRO—



3. Ella lanza la piedra que sigue la trayectoria indicada con línea punteada. El vector velocidad, con sus componentes horizontal y vertical, se indica en la posición A. Traza con cuidado los vectores velocidad aproximados con sus componentes en las posiciones B y C.

- a. Como no hay aceleración en la dirección horizontal, ¿cómo se compara la componente horizontal de la velocidad en las posiciones A, B y C? Es igual.
 b. ¿Cuál es el valor de la componente vertical de la velocidad en la posición B? 0 m/s
 c. ¿Cómo se compara la componente vertical de la velocidad en la posición C con la de la posición A?
Es igual y opuesta.

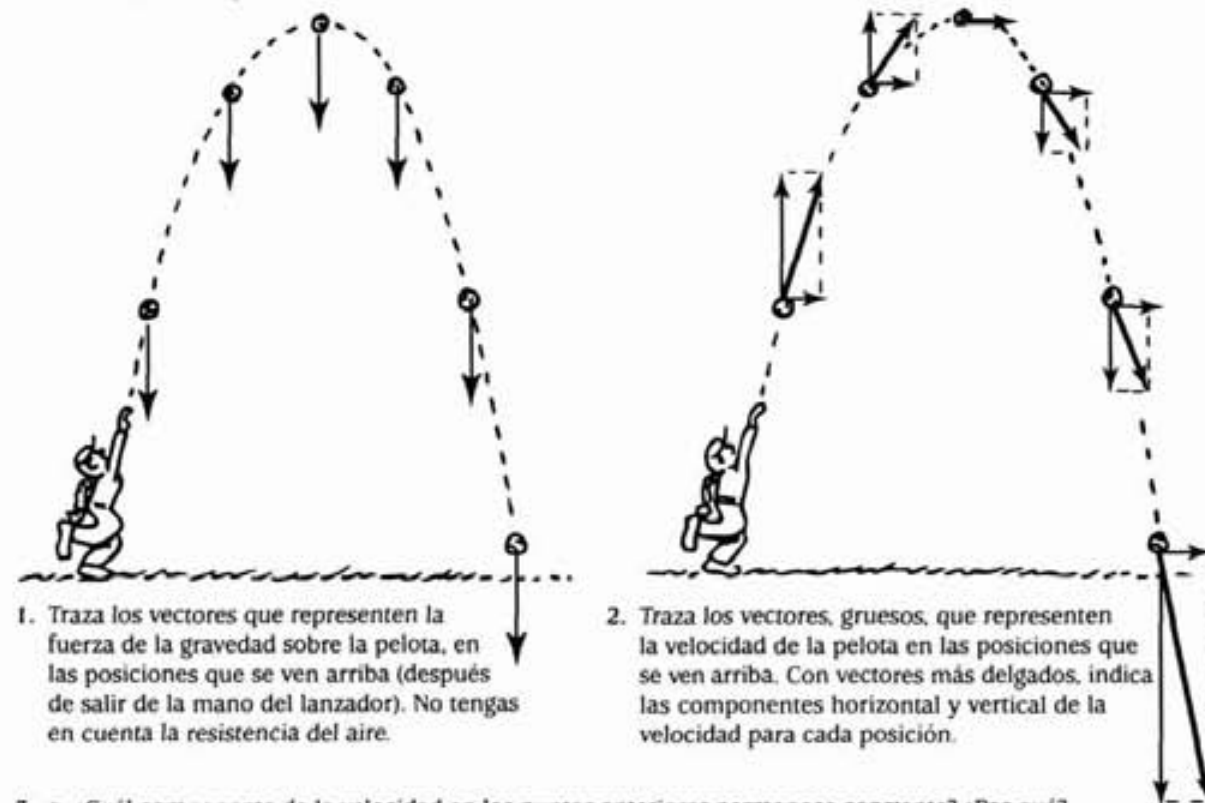
¡Hewitt lo dibujó!

Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

Capítulo 5 Tercera ley de Newton del movimiento

Vectores fuerza y velocidad



1. Traza los vectores que representen la fuerza de la gravedad sobre la pelota, en las posiciones que se ven arriba (después de salir de la mano del lanzador). No tengas en cuenta la resistencia del aire.
2. Traza los vectores, gruesos, que representen la velocidad de la pelota en las posiciones que se ven arriba. Con vectores más delgados, indica las componentes horizontal y vertical de la velocidad para cada posición.

3. a. ¿Cuál componente de la velocidad en los puntos anteriores permanece constante? ¿Por qué?

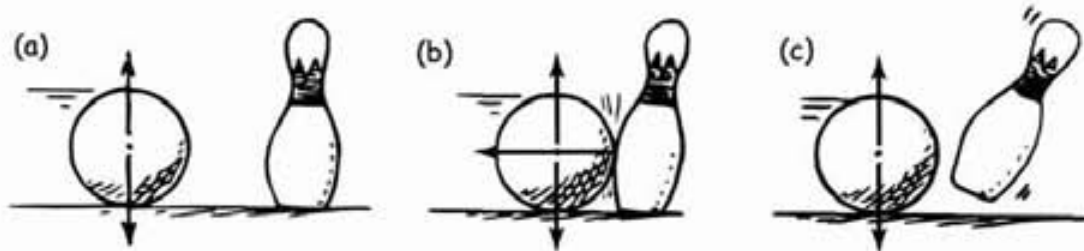
La componente horizontal es constante —No hay fuerza horizontal en la pelota.

- b. ¿Cuál componente de la velocidad cambia a lo largo de la trayectoria? ¿Por qué?

La componente vertical cambia por la gravedad en la dirección vertical.

4. Es importante hacer la distinción entre los vectores fuerza y velocidad. Los vectores fuerza se combinan con otros vectores fuerza, y los vectores velocidad se combinan con otros vectores velocidad. Los vectores velocidad ¿se combinan con vectores fuerza? No.

5. Todas las fuerzas sobre la bola: el peso hacia abajo y el apoyo de la mesa hacia arriba, se indican con vectores en su centro, antes de chocar con el pino (a). Traza los vectores de todas las fuerzas que actúan sobre la bola en (b) cuando choca con el bolo y en (c), después de haber chocado con el bolo.



Gracias a Howard Brand

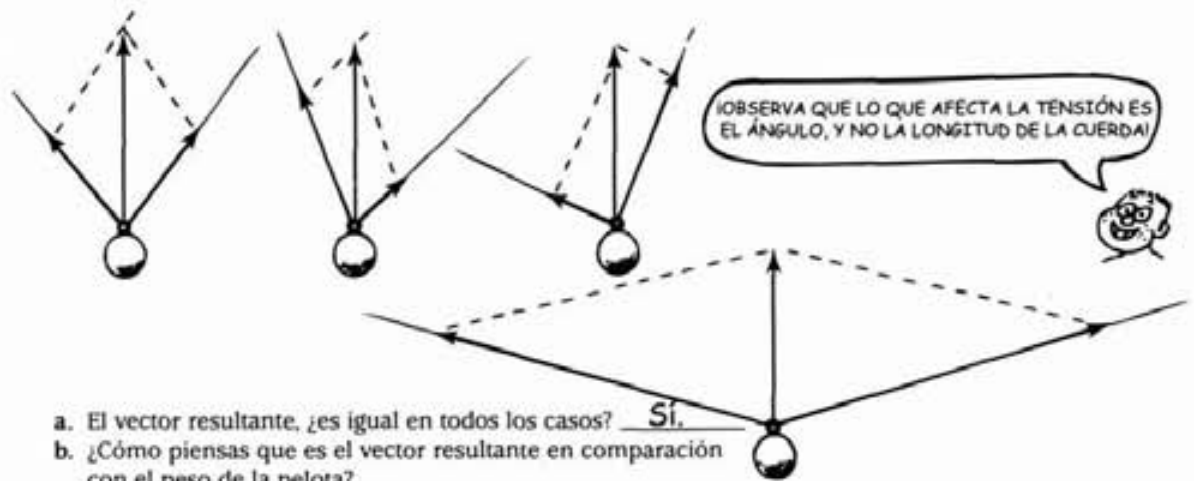
*Hewitt
lo dibujó!*

Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

Vectores fuerza y la ley del paralelogramo

1. La pelota pesada está sostenida en cada caso por dos tramos de cuerda. La tensión en cada cuerda se indica con los vectores. Usa la regla del paralelogramo para determinar la resultante de cada par de vectores.

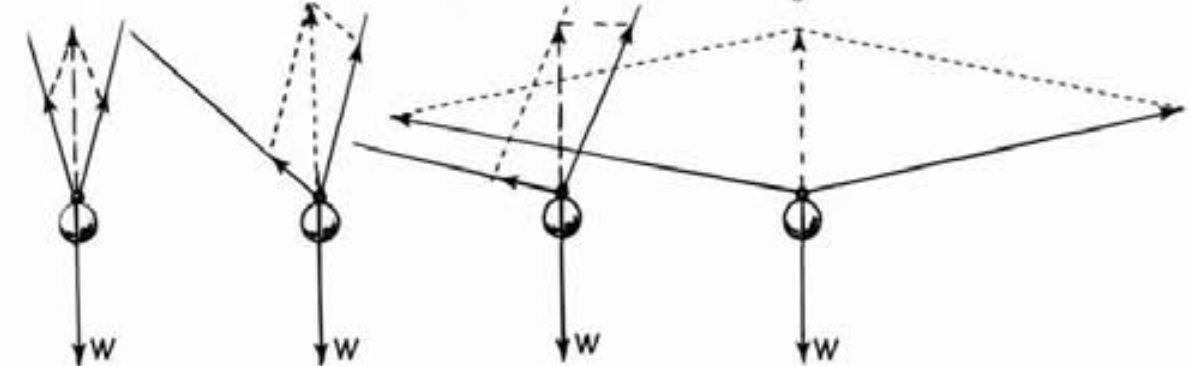


- a. El vector resultante, ¿es igual en todos los casos? Sí.
- b. ¿Cómo piensas que es el vector resultante en comparación con el peso de la pelota?

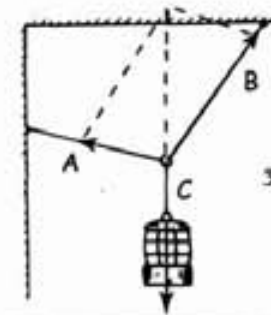
Es igual (pero con dirección opuesta).

2. Ahora hagamos lo contrario de arriba. Con más frecuencia se conoce el peso del objeto colgado, pero no se conocen las tensiones en las cuerdas. En cada uno de los casos de abajo, el peso de la pelota se indica con el vector W. Cada vector de líneas interrumpidas representa la resultante de las tensiones en el par de cuerdas. Observa que cada resultante es igual y opuesta a los vectores W (debe serlo, porque si no, la pelota no estaría en reposo).

- a. Traza paralelogramos en donde las cuerdas definan lados adyacentes, y los vectores en línea interrumpida sean las diagonales.
- b. ¿Cómo se comparan las longitudes relativas de los lados de cada paralelogramo con las tensiones de las cuerdas? Igual.
- c. Traza vectores de tensión en cuerda, indicando con claridad sus magnitudes relativas.



¡NO ES DE EXTRAÑAR QUE AL COLGARSE DE UNA CUERDA DE TENEDERO BIEN ESTIRADA, ÉSTA SE ROMPA!



3. Una linterna está colgada como se ve en la figura. Traza vectores que indiquen las tensiones relativas en las cuerdas A, B y C. ¿Aprecias una relación entre tus vectores A + B y el vector C? ¿Y entre los vectores A + C y el vector B?

Sí; $A + B = -C$ $A + C = -B$

*Hewitt
lo dibujó!*

Nombre _____ Fecha _____

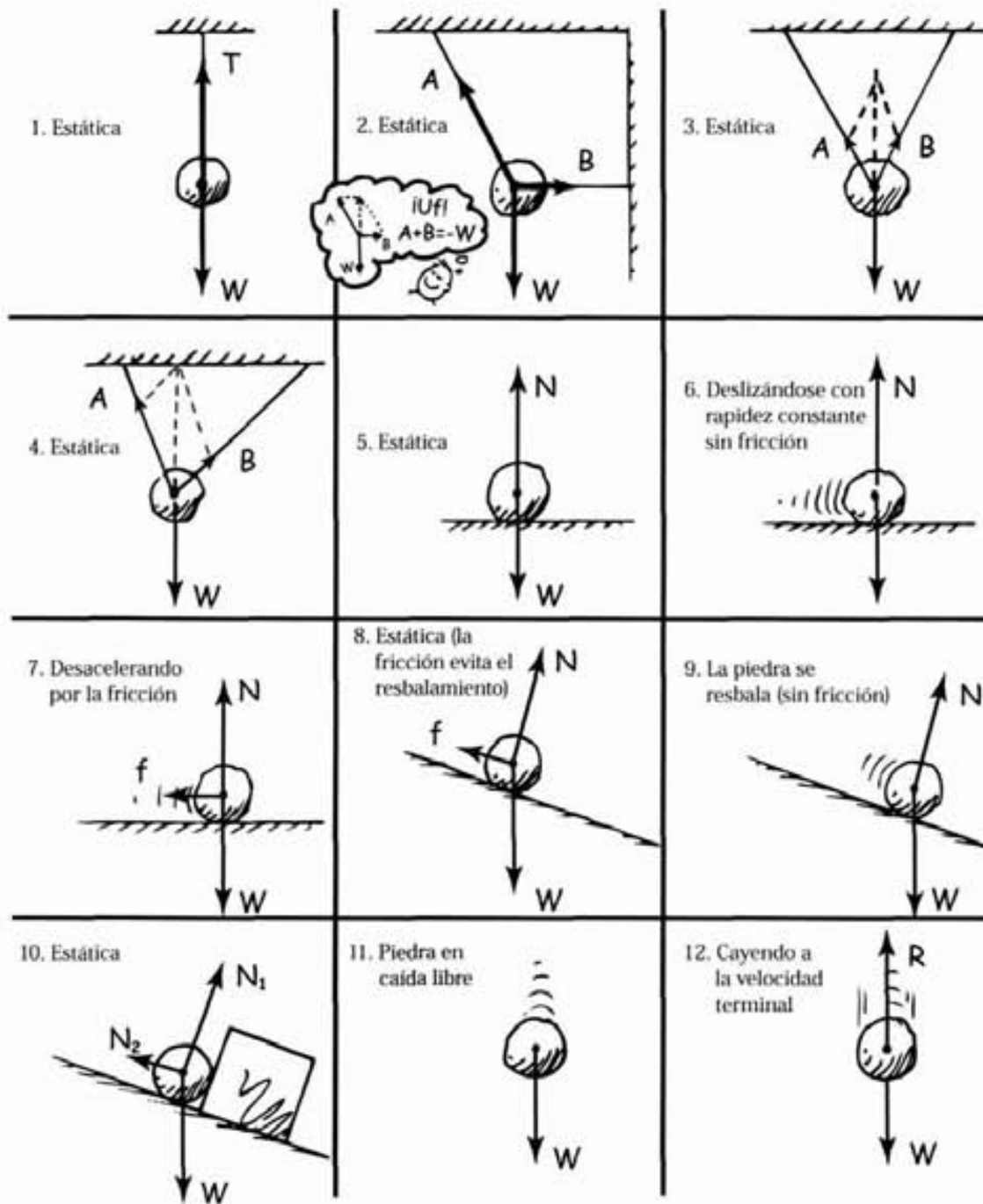
Física

CONCEPTUAL PÁGINA DE PRÁCTICA

Capítulo 5 Tercera ley de Newton del movimiento

Diagramas de vectores fuerza

En cada caso, sobre una piedra actúan una o más fuerzas. Traza un diagrama vectorial donde se indiquen con precisión todas las fuerzas que actúen sobre la piedra, y ninguna más. Usa una regla y hazlo a lápiz, para poder corregir los errores. Los dos primeros diagramas ya están resueltos, y son ejemplos. Demuestra, con la ley del paralelogramo en el caso 2, que la suma vectorial $A + B$ es igual y opuesta a W (esto es, que $A + B = -W$). Haz lo mismo en 3 y 4. Traza e identifica los vectores del peso y de las fuerzas normales de apoyo en los casos 5 a 10, y de las fuerzas adecuadas en 11 y 12.



Gracias a Jim Court

iHewitt
lo dibujó!

Nombre _____ Fecha _____

Física

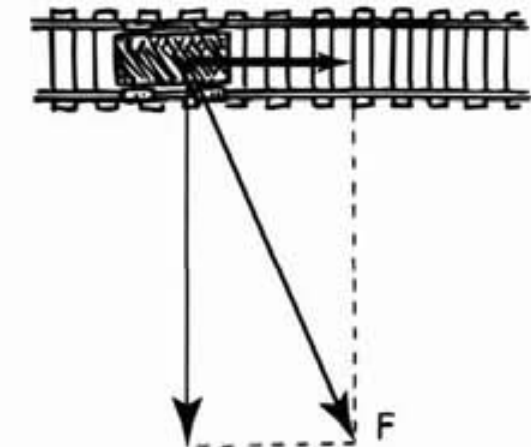
CONCEPTUAL PÁGINA DE PRÁCTICA

Apéndice D Más sobre vectores

Vectores y botes de vela

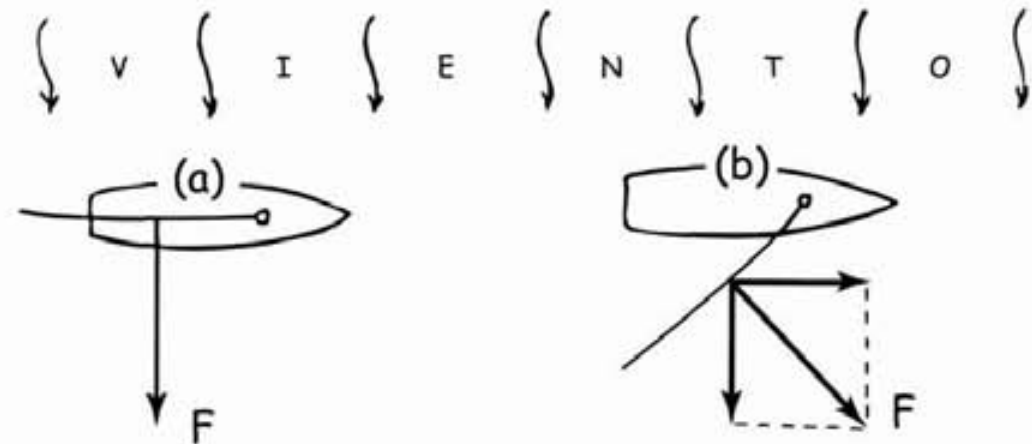
(¡No trates de resolverlo, sin antes haber estudiado el apéndice D del libro de texto!)

1. El esquema muestra una vista superior de un pequeño vagón de ferrocarril tirado por una cuerda. La fuerza F que ejerce la cuerda sobre el vagón tiene una componente a lo largo de la vía y otra perpendicular a ésta.



- a. Traza esas componentes en el esquema.
¿Cuál componente es mayor?
La componente perpendicular.
- b. ¿Cuál componente produce aceleración?
La componente paralela a la vía.
- c. ¿Cuál sería el efecto de tirar de la cuerda, si fuera perpendicular a la vía?
No hay aceleración.

2. Los esquemas siguientes representan vistas superiores simplificadas de botes de vela con viento de babor (perpendicular, desde la izquierda). El impacto del viento produce un vector FUERZA en cada caso, que se indica. ¡Aquí NO se consideran vectores velocidad!



- a. ¿Por qué la posición de la vela de arriba es inútil para impulsar al bote hacia adelante? (Relaciona esto con la pregunta 1c anterior. Si bien el tren está restringido por las vías al moverse en una dirección, el bote también lo está para moverse en una dirección, por su gran aleta vertical, que es la quilla.)
Como en 1c arriba, no hay componente paralela a la dirección del movimiento.
- b. Traza la componente de la fuerza paralela a la dirección del movimiento del bote (a lo largo de su quilla) y la componente de la fuerza perpendicular al movimiento del bote. ¿Se moverá hacia adelante el bote? (Relaciona esto con la pregunta 1b anterior.)
Sí, como en 1b arriba; hay una componente paralela a la dirección del movimiento.

iHewitt
lo dibujó!

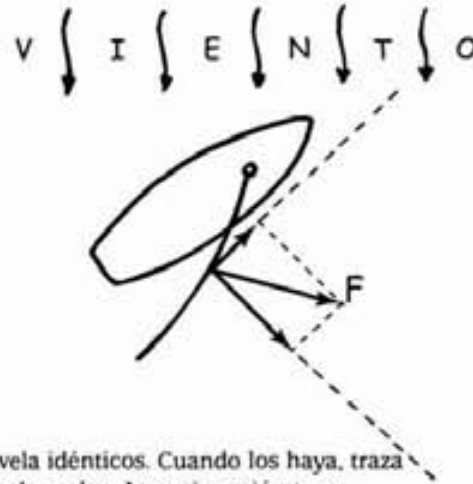
Física

CONCEPTUAL PÁGINA DE PRÁCTICA

3. El bote de la derecha forma un ángulo contra el viento. Traza el vector fuerza y sus componentes de avance y perpendicular.

- a. ¿Se moverá el bote hacia adelante y desafiará al viento?
¿Por qué?

Sí, porque hay una componente de la fuerza paralela a la dirección del movimiento.



4. El esquema que sigue es una vista superior de cinco botes de vela idénticos. Cuando los haya, traza los vectores fuerza que representen el impacto del viento sobre las velas. A continuación traza las componentes paralelas y perpendiculares a la quilla de cada bote.

- a. ¿Cuál bote viajará más rápido hacia adelante?

El bote 4 (normalmente le ganará al bote 1).

- b. ¿Cuál responderá menos al viento?

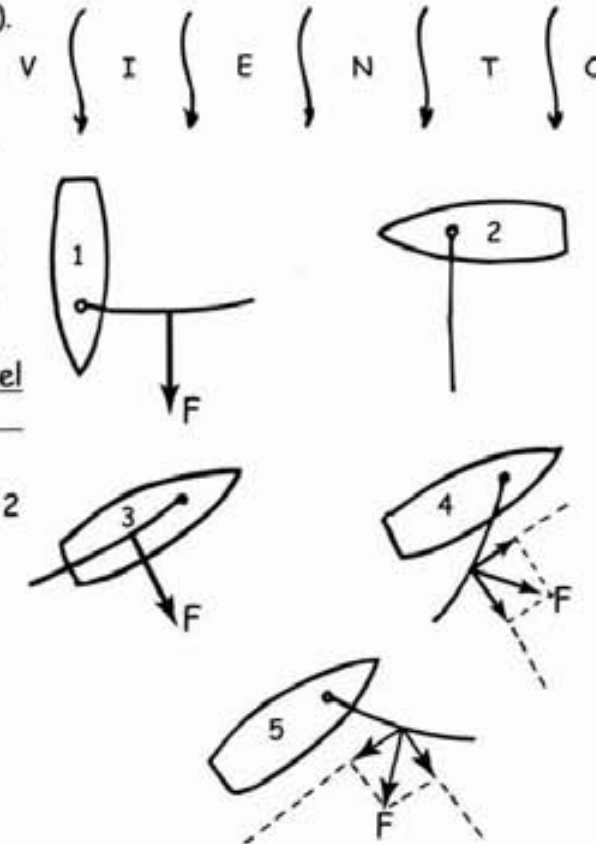
El bote 2 (o el bote 3)*.

- c. ¿Cuál se moverá hacia atrás?

El bote 5.

- d. ¿Cuál tendrá cada vez menos impacto del viento al aumentar su rapidez?

El bote 1 (cuando llegue a la rapidez del viento no habrá impacto).



* El viento no choca con la vela del bote 2 y no hay componente paralela a la quilla para el bote 3.



¡Hewitt lo dibujó!

Física

CONCEPTUAL PÁGINA DE PRÁCTICA

Capítulo 6 Cantidad de movimiento

Impulso y cantidad de movimiento

- Un automóvil que avanza tiene cantidad de movimiento. Si avanza con doble rapidez, su cantidad de movimiento es el doble.
- Hay dos automóviles; uno pesa el doble que el otro, y los dos bajan por una colina a la misma rapidez. En comparación con la del más ligero, la cantidad de movimiento del vehículo más pesado es el doble.

- La cantidad de movimiento del golpe de retroceso de una escopeta es (mayor que) (menor que) (igual que) la cantidad de movimiento de la bala que dispara.

La rapidez y aceleración de la bala es mayor.



- Si una persona sujeta firmemente un arma al disparar, la cantidad de movimiento de la bala es igual a la cantidad de movimiento de retroceso del (arma sola) (sistema de arma-hombre) (sólo del hombre).

- Imagina que vas en un autobús, a toda rapidez, en un bello día de verano, y que de repente la cantidad de movimiento de un molesto insecto cambia súbitamente al incrustarse en el parabrisas.

- En comparación con la fuerza que actúa sobre el insecto, ¿cuánta fuerza actúa sobre el autobús?
(mayor) (igual) (menor)

- El tiempo de impacto es igual para el insecto y el autobús. El impulso sobre el insecto, en comparación con el impulso sobre el autobús es
(mayor) (igual) (menor).

- Aunque la cantidad de movimiento del autobús es muy grande en comparación con la del insecto, el cambio de cantidad de movimiento del autobús, en comparación con el cambio de cantidad de movimiento del insecto es
(mayor) (igual) (menor).

- ¿Cuál tiene la mayor aceleración?
(autobús) (los dos igual) (insecto)

- En consecuencia, ¿cuál sufre el mayor daño?
(autobús) (los dos igual) (¡naturalmente que el insecto!)



¡Hewitt lo dibujó!

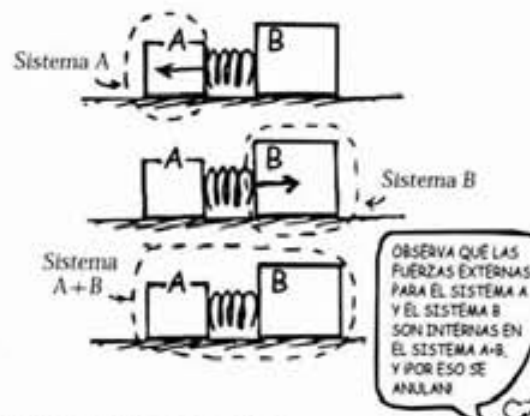
Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

Sistemas

1. Cuando se suelta el resorte comprimido, los bloques A y B se apartan. Aquí hay que examinar 3 sistemas, que se indican con las líneas punteadas cerradas: el sistema A, el sistema B y el sistema A + B. No tengas en cuenta las fuerzas verticales de gravedad y de soporte de la mesa.

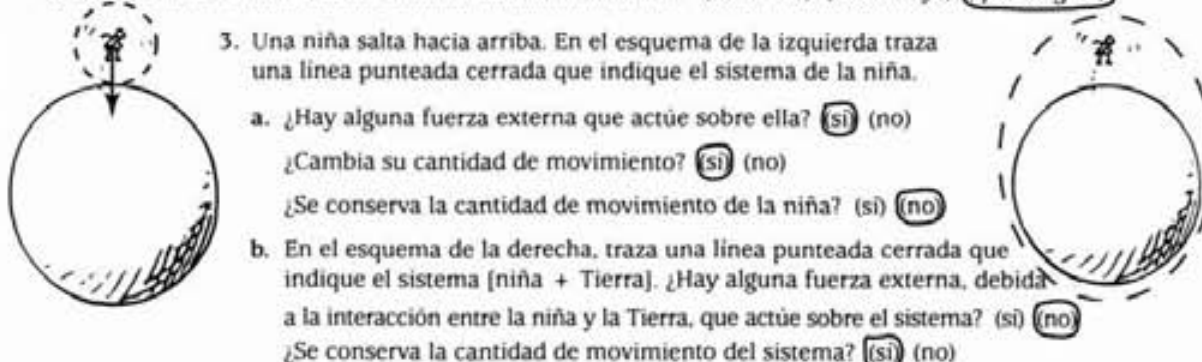
- ¿Actúa una fuerza externa sobre el sistema A? ☒ (si) ☐ (no)
¿Cambiará la cantidad de movimiento del sistema A? ☒ (si) ☐ (no)
- ¿Actúa una fuerza externa sobre el sistema B? ☒ (si) ☐ (no)
¿Cambiará la cantidad de movimiento del sistema B? ☒ (si) ☐ (no)
- ¿Actúa una fuerza externa sobre el sistema A + B? ☒ (si) ☐ (no)
¿Cambiará la cantidad de movimiento del sistema A + B? ☒ (si) ☐ (no)



2. La bola de billar A choca con la bola de billar B, que está en reposo. Aísla cada sistema con una línea punteada cerrada. Sólo traza los vectores fuerza externa que actúan sobre cada sistema.



- Al chocar, la cantidad de movimiento del sistema A ☐ (aumenta) ☒ (disminuye) ☐ (queda igual).
- Al chocar, la cantidad de movimiento del sistema B ☒ (aumenta) ☐ (disminuye) ☐ (queda igual).
- Al chocar, la cantidad de movimiento del sistema A + B ☒ (aumenta) ☐ (disminuye) ☒ (queda igual).



- Un bloque choca con una bola de jalea. Aísla 3 sistemas con sendas líneas punteadas cerradas y muestra la fuerza externa en cada uno. ¿En cuál sistema se conserva la cantidad de movimiento?
- Un camión choca con una pared. Aísla 3 sistemas, con sendas líneas punteadas cerradas e indica la fuerza externa en cada uno. ¿En cuál sistema se conserva la cantidad de movimiento?



Nombre _____

Fecha _____

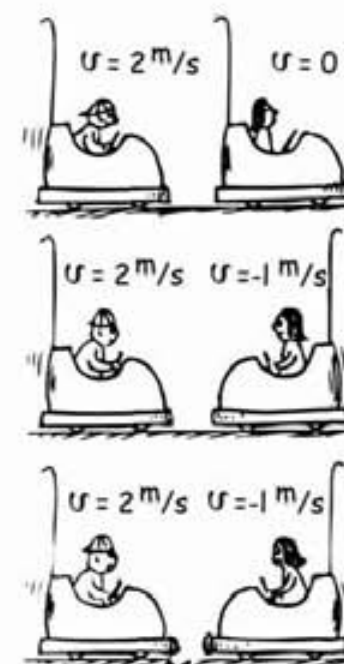
Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

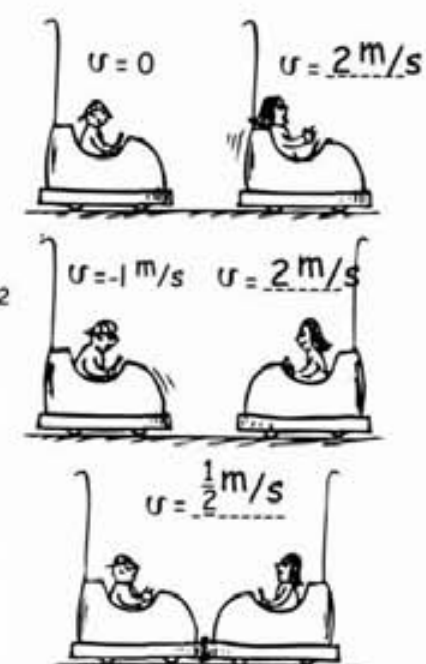
Capítulo 6 Cantidad de movimiento Conservación de la cantidad de movimiento

En el texto se explica la conservación de la cantidad de movimiento en pelotas que chocan, furgones y peces. Aquí examinaremos más choques. En la tabla de abajo anota los valores numéricos de la cantidad total de movimiento antes y después de los choques de los sistemas de dos cuerpos. También llena los espacios en la velocidad.

1. Los carros chocones son divertidos. Supón que cada carro con su ocupante tiene una masa de 200 k.



Cantidad de movimiento del sistema de dos coches	
ANTES	DESPUÉS
$(200) 2 + 0 = 400$	$0 + (200) 2 = 400$
$(200) 2 + 200 (-1) = 200$	$200 (-1) + (200) 2 = 200$
200	$(400) \frac{1}{2} = 200$



Defensa pegajosa

¡Esta vez se quedan pegados!

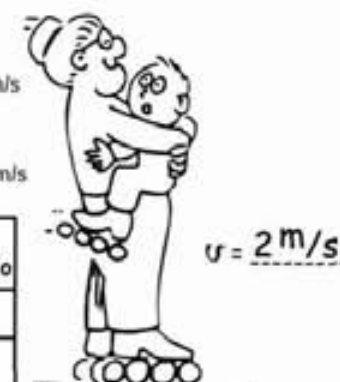
2. La abuela va como bolido y de repente llega con Ambrosio, que está en reposo y colocado directamente en el camino de ella. Más que chocar y tumbarlo, lo carga y continúa moviéndose sin "frenar".

DATOS

Masa de la abuela: 50 kg
Rapidez inicial de la abuela: 3 m/s
Masa de Ambrosio: 25 kg
Rapidez inicial de Ambrosio: 0 m/s



Cantidad de movimiento del sistema Abuela-Ambrosio	
ANTES	DESPUÉS
150	150



Cantidad de movimiento de la abuela + 0 = Cantidad de movimiento de la abuela y Ambrosio
 $50 (3) + 0 = (50 + 25) u$
 $150 = 75 u$
 $u = 2 \text{ m/s}$

¡Hewitt lo dibujó!

Nombre _____ Fecha _____

Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

Capítulo 7 Energía
Trabajo y energía

1. ¿Cuánto trabajo (energía) se necesita para subir un objeto que pesa 200 N a una altura de 4 m?

800 J

2. ¿Cuánta potencia se necesita para subir el objeto de 200 N a la altura de 4 m en 4 s?

200 W

3. ¿Cuál es la potencia de un motor que hace 60 000 J de trabajo en 10 s?

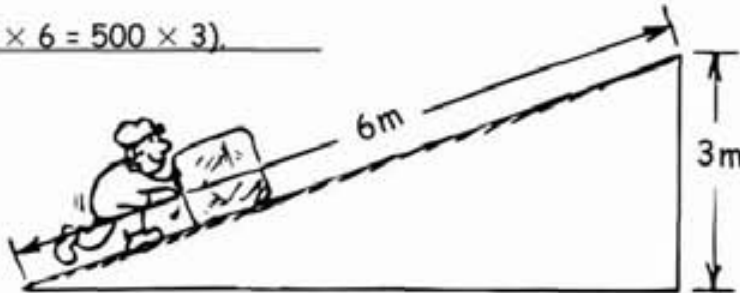
6 KW

4. El bloque de hielo pesa 500 newton.

- a. ¿Cuánta fuerza se necesita para empujarlo cuesta arriba por la rampa (sin tener en cuenta la fricción)?

250 N

- b. ¿Cuánto trabajo se requiere para empujarlo cuesta arriba por la rampa, en comparación con subirlo verticalmente 3 m?

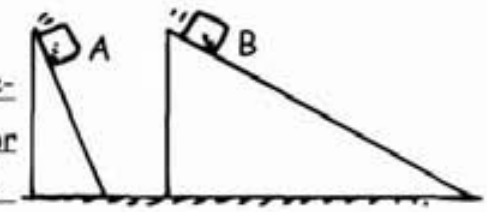
Igual ($250 \times 6 = 500 \times 3$).

5. Todas las rampas tienen 5 m de alto. Se sabe que la EC del bloque en el piso será igual a la pérdida de EP (conservación de la energía). Calcula la rapidez del bloque cuando llega al piso en cada caso. [Sugerencia: ¿recuerdas, en los capítulos anteriores cuánto tarda algo en caer 5 m de distancia vertical desde una posición de reposo (suponiendo que
- $g = 10 \text{ m/s}^2$
-)? ¿Y cuánto aumenta la rapidez de un objeto que cae durante este tiempo? Eso da la respuesta en el caso 1. Platica con tus compañeros sobre cómo la conservación de la energía da las respuestas en los casos 2 y 3.]

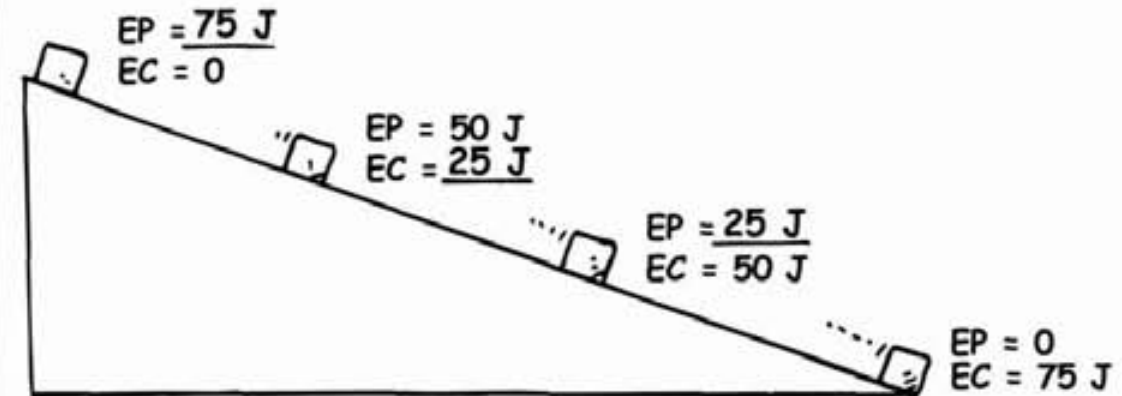
Caso 1: Rapidez = 10 m/s Caso 2: Rapidez = 10 m/s Caso 3: Rapidez = 10 m/s.La rapidez es igual, porque EC es igual; ¡pero el **TIEMPO** es distinto!¡Hewitt
lo dibujó!**Física** CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

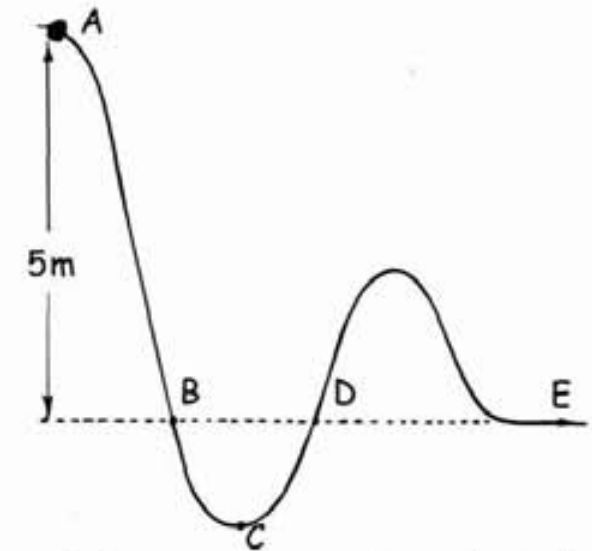
6. ¿Cuál bloque llega primero al pie de la rampa? Imagina que no hay fricción (¡cuidado!). Explica tu respuesta.

El bloque A, porque tiene mayor aceleración y menos distancia en la rampa. Entonces A tiene menor tiempo de deslizamiento... pero la misma rapidez.

7. La EC y la EP de un bloque que resbala libremente por una rampa se indican en un solo lugar del esquema. Escribe los valores que faltan.



8. Una gran bola de metal resbala por gravedad por un alambre sin fricción. Parte del reposo en la parte superior del alambre, como se ve en el esquema. ¿Con qué rapidez avanza al pasar por

El punto B? 10 m/sEl punto D? 10 m/sEl punto E? 10 m/s¿En qué punto tiene la rapidez máxima? C

9. En diversos lugares ventosos se usan conjuntos de generadores eólicos, para generar energía eléctrica. La energía generada ¿afecta la rapidez del viento? Los lugares atrás de los "molinos de viento" ¿serían más ventosos si los molinos no estuvieran? Comenta esto con tus compañeros, en términos de conservación de la energía.

Sí, por la conservación de la energía. La energía ganada por los molinos se toma del viento, así que el viento debe desacelerar. ¡Atrás de los molinos podría ser un poco más ventoso, si no hubiera molinos!¡Hewitt
lo dibujó!

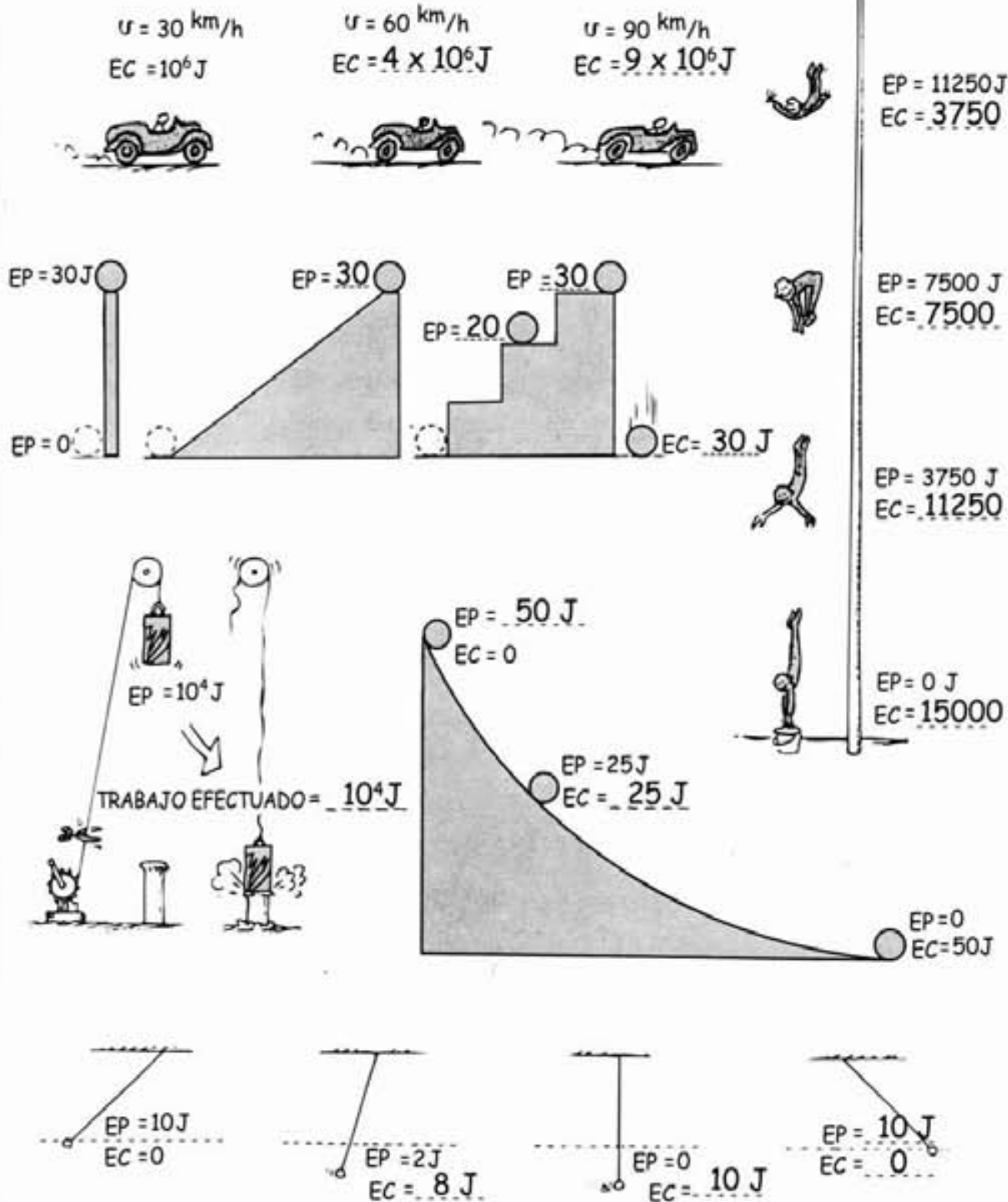
Nombre _____ Fecha _____

Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

Capítulo 7 Energía Conservación de la energía

1. Llena los espacios en blanco para los seis sistemas que se muestran.

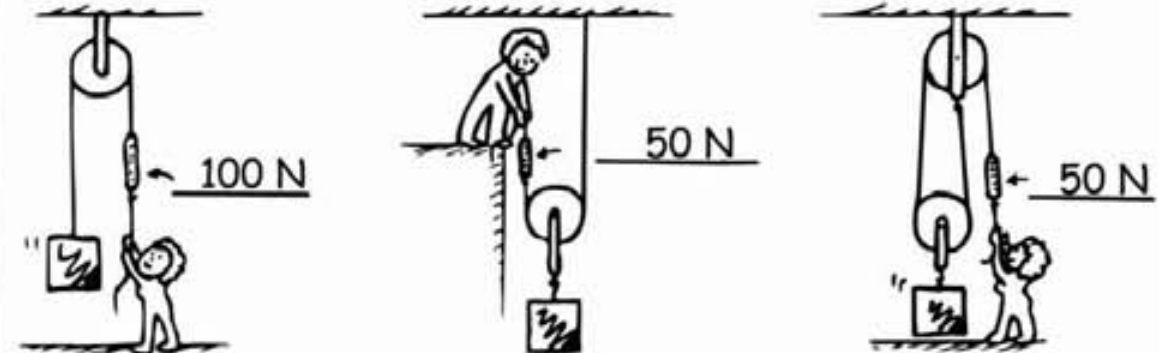


iHewitt
lo dibujó!

Física CONCEPTUAL

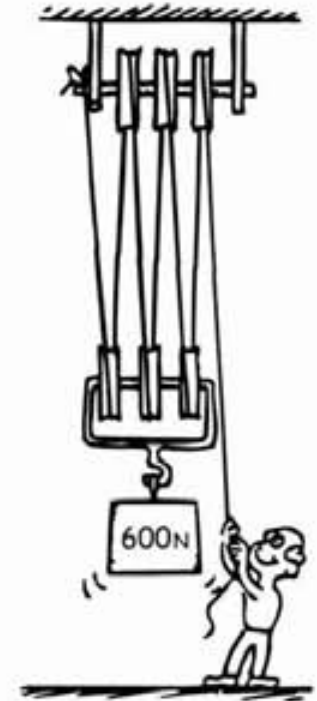
PÁGINA DE PRÁCTICA

2. La mujer sostiene una carga de 100 N con los sistemas de poleas sin fricción que se ven a continuación. Escribe las indicaciones de la báscula, para saber cuánta fuerza debe ejercer.



3. Un bloque de 600 N es subido con el sistema de poleas sin fricción que se ve en la figura.

- ¿Cuántos tramos de cuerda sostienen al peso de 600 N?
6
- ¿Cuál es la tensión en cada tramo?
100 N
- ¿Cuál es la tensión en el extremo que sostiene el señor?
100 N
- Si el señor baja 60 cm su extremo, ¿cuántos centímetros subirá el peso?
10 cm
- Si el hombre efectúa 60 joules de trabajo, ¿cuál será el aumento de EP del peso de 600 N?
Igual; 60 J.



4. ¿Por qué las pelotas no rebotan tanto en el segundo rebote como en el primero?

Durante cada rebote, algo de la energía mecánica de la
pelota se transforma en calor (y un poco de sonido) y
entonces la EP disminuye con cada rebote.

¿PUEDES VER CÓMO LA CONSERVACIÓN DE LA ENERGÍA
SE APLICA A TODOS LOS CAMBIOS EN LA NATURALEZA?

(¡Creo que SÍ!)



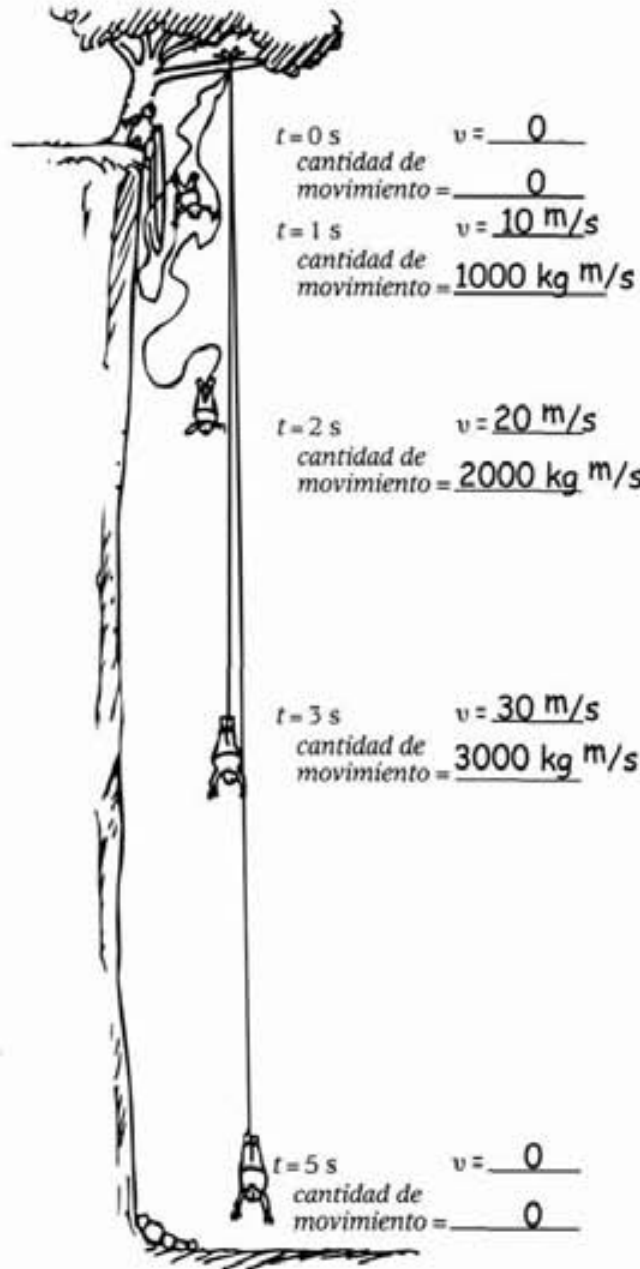
iHewitt
lo dibujó!

Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

Capítulo 7 Energía

Cantidad de movimiento y energía



- Bronco Brown quiere probar $Ft = \Delta mv$ con el salto de bungee. Se deja caer desde un acantilado alto y tiene caída libre durante 3 segundos. Entonces la cuerda del bungee comienza a estirarse y reduce su rapidez a cero en 2 segundos. Por fortuna, la cuerda se estira hasta lo máximo a muy corta distancia del suelo.
- Llena los espacios con las respuestas. La masa de Bronco es 100 kg. La aceleración de la caída libre es 10 m/s^2 .
- Expresa los valores en unidades SI (distancia en m, velocidad en m/s, cantidad de movimiento en kg·m/s, impulso en N·s y desaceleración en m/s^2).
- La distancia en caída libre de Bronco durante 3 s justo antes de que la cuerda del bungee comience a estirarse = 45 m
- Δmv durante el intervalo de 3 s de caída libre = 3000 kg m/s
- Δmv durante el intervalo de 2 s de desaceleración = 3000 kg m/s
- El impulso durante el intervalo de 2 s de desaceleración = 3000 N·s
- La fuerza promedio que ejerce la cuerda durante el intervalo de 2 s de la desaceleración = 1500 N
- ¿Y el trabajo y la energía? ¿Cuánta EC tiene Bronco 3 s después de haber saltado? = 45000 J
- ¿Cuánto disminuye la EP gravitacional durante esos 3 s? 45000 J

- k. ¿Cuáles son las dos clases de EP que están cambiando durante el intervalo de desaceleración?
Gravitacional y elástica.

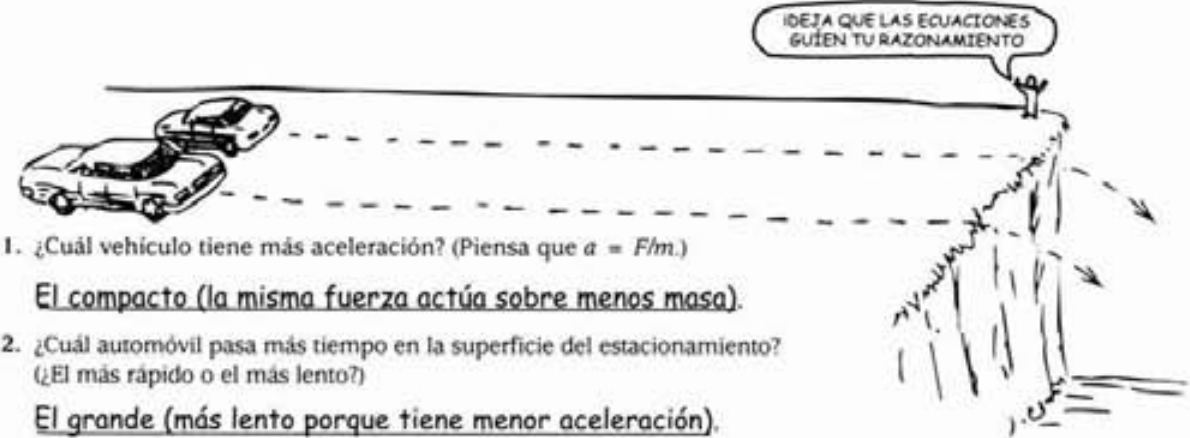
¡Hewitt lo dibujó!

Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

Energía y cantidad de movimiento

Un automóvil compacto y uno grande están inicialmente en reposo en un estacionamiento cerca del borde de un precipicio. Para simplificar, supondremos que el automóvil grande tiene dos veces la masa que el pequeño. A cada vehículo se le aplican fuerzas constantes iguales, y aceleran en distancias iguales (no tener en cuenta los efectos de la fricción). Cuando llegan al extremo del estacionamiento, de repente se quita la fuerza, y en adelante van por el aire y llegan al suelo. (Antes que nada, los automóviles son chatarra y ¡este es un experimento científico!)



1. ¿Cuál vehículo tiene más aceleración? (Piensa que $a = F/m$.)

El compacto (la misma fuerza actúa sobre menos masa).

2. ¿Cuál automóvil pasa más tiempo en la superficie del estacionamiento? (¿El más rápido o el más lento?)

El grande (más lento porque tiene menor aceleración).

3. ¿Cuál vehículo recibe mayor impulso impartido por la fuerza aplicada? (Recuerda que impulso = Ft .)
 Defiende tu respuesta.

El grande. La misma fuerza se aplica durante un tiempo más largo.

4. ¿Cuál vehículo tiene mayor cantidad de movimiento en el borde del precipicio? (Piensa en que $Ft = \Delta mv$.)
 Defiende tu respuesta.

El grande. Más impulso produce más cambio de cantidad de movimiento.

5. ¿Sobre cuál automóvil efectúa más trabajo la fuerza aplicada? (Piensa en que $W = Fd$.)
 Defiende tu respuesta en términos de la distancia recorrida.

Igual. Fuerza x distancia es igual para los dos.

6. ¿Cuál vehículo tiene mayor energía cinética en el borde del precipicio? (Piensa en que $W = \Delta EC$.)
 Tu respuesta ¿es consecuencia de tu explicación del punto 5? Sí.
 ¿Contradice tu respuesta al punto 3? No. ¿Por qué?

Los dos igual, porque el trabajo es el mismo. No hay contradicción, porque un impulso mayor no equivale a un trabajo mayor.

7. ¿Cuál vehículo pasa más tiempo en el aire, desde el borde del acantilado hasta llegar al suelo?

¡Los dos igual! (Ve en el capítulo 10 que los movimientos vertical y horizontal son independientes.)

8. ¿Cuál vehículo llega al suelo más lejos, horizontalmente, del borde del acantilado?

El compacto, que se mueve con más rapidez.

Desafío: Imagina que el vehículo más lento cae a una distancia horizontal de 10 m del borde. Entonces ¿a qué distancia horizontal cae el vehículo más rápido?

(14.1 m). El compacto se mueve $\sqrt{2}$ veces más rápido, por la EC igual en el borde del precipicio. $\frac{1}{2}(2m)v^2 = \frac{1}{2}MV^2$, entonces $V = \sqrt{2}v$; así, $\sqrt{2}$ más rapidez equivale a $\sqrt{2}$ más lejos en el mismo tiempo!

IMPULSO = Δ CANTIDAD DE MOVIMIENTO
 $Ft = \Delta mv$

TRABAJO = $Fd = \Delta EC = \Delta \frac{1}{2}mv^2$

DISTINGUIR ENTRE CANTIDAD DE MOVIMIENTO Y ENERGÍA CINÉTICA. ES FÍSICA DE ALTO NIVEL.

¡Hewitt lo dibujó!

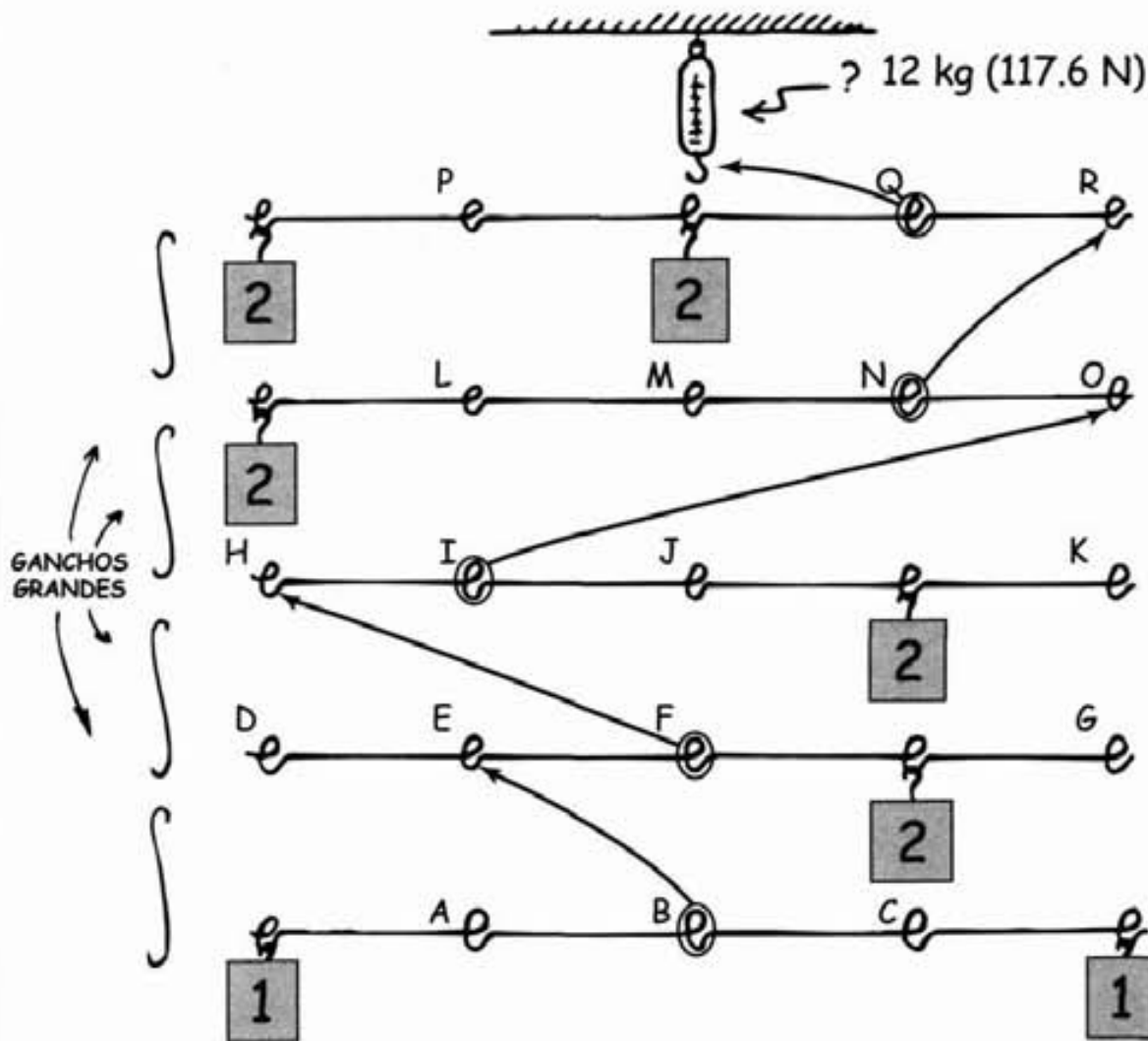
Nombre _____ Fecha _____

Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

Capítulo 8 Movimiento rotacional Momentos de torsión (torcas)

1. Aplica lo que sepas acerca de torcas, haciendo un móvil. Abajo se ven cinco brazos horizontales con masas fijas de 1 y 2 kg, y cuatro ganchos grandes con extremos que entran en las espiras de los brazos, con letras A a R. Debes imaginarte de cuál espira debes colgar el brazo para que cuando todo el sistema esté colgado de la báscula romana, quede como un móvil, con los brazos horizontales. Esto se hace mejor yendo de abajo para arriba. Pon círculos en las espiras donde deben fijarse los ganchos. Cuando el móvil esté terminado, ¿cuántos kilogramos indicará la báscula? (Imagina que los brazos horizontales y los ganchos grandes no tienen masa, en comparación con las masas de 1 y 2 kg.) En una hoja de papel, aparte, haz un diagrama de tu móvil terminado.



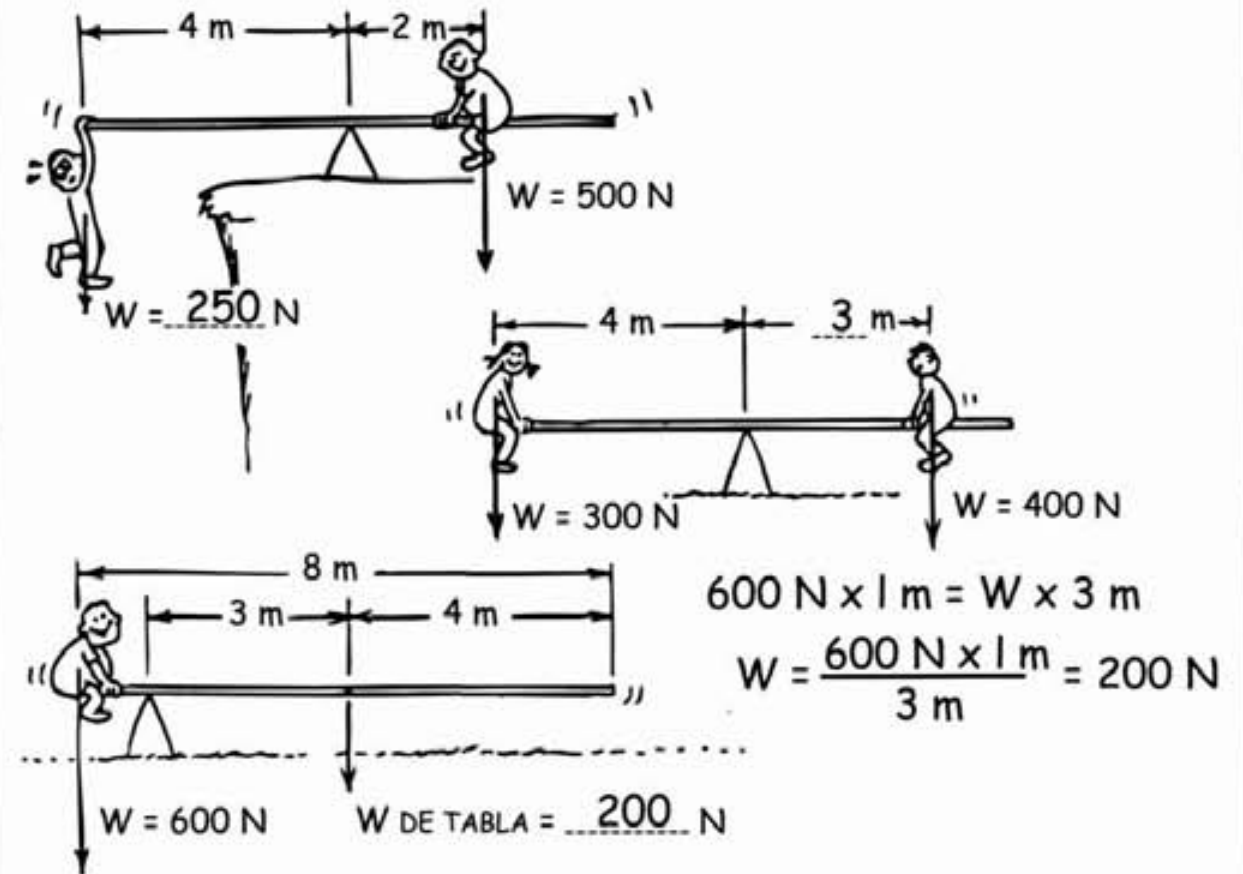
¡Avanza de abajo hacia arriba!

¡Hewitt lo dibujó!

Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

2. Completa los datos en los tres sube y baja que están en equilibrio.



3. La escoba está en equilibrio en su CG. Si cortas la escoba en el CG y pesas cada parte de ella, ¿cuál extremo pesará más?

El lado de la escoba pesa más.



4. Explica por qué cada extremo tiene (o no tiene) el mismo peso. (Sugerencia: compara esto con uno de los sistemas de sube y baja de arriba.)

El peso no es igual en ambos lados, pero ¡EL PAR DE TORSIÓN sí lo es!

Es como el sube y baja de arriba; el brazo de palanca más corto tiene más peso.

¡Hewitt lo dibujó!

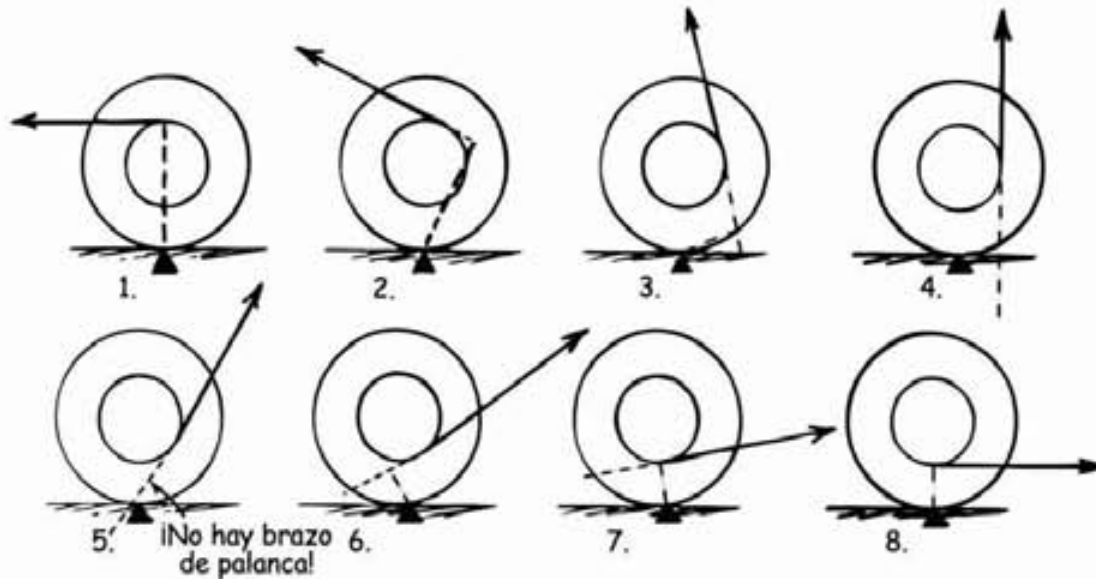
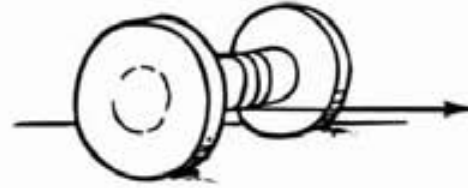
Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

Capítulo 8 Movimiento rotacional
Momento de torsión (torcas) y rotación

1. Tira del hilo suavemente, y el carrete rueda. La dirección de rodadura depende de la forma en que se aplique la torca.

En (1) y (2) abajo, la fuerza y el brazo de palanca se indican para la torca respecto al punto donde se tocan las superficies (indicado con el "punto de apoyo" triangular). El brazo de palanca es la línea interrumpida, distinta para cada posición del tirón.

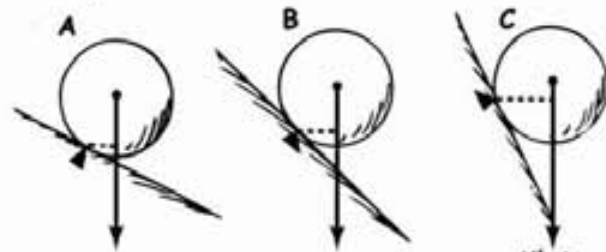


- Traza el brazo de palanca para las demás posiciones.
- El brazo de palanca es mayor cuando el hilo está (arriba) (abajo) del eje del carrete.
- Para determinado tirón, el momento de torsión (torca) es mayor cuando el hilo está (arriba) (abajo).
- Para el mismo tirón, la aceleración rotacional es mayor cuando el hilo está (arriba) (abajo) (no hay diferencia).
- ¿En qué posiciones rueda el carrete hacia la izquierda? 1,2,3,4
- ¿En qué posiciones rueda el carrete hacia la derecha? 6,7,8
- ¿En qué posición no rueda el carrete? 5
- ¿Por qué el carrete se desliza y no rueda en esta posición?

La línea de acción se prolonga hasta el punto de apoyo; si no hay brazo de palanca no hay par de torsión.

2. Todos sabemos que una pelota rueda hacia abajo por un plano inclinado. Pero son relativamente pocas las personas que saben que la razón por la que la pelota aumenta la rapidez de su rotación es porque hay torca. En el esquema A se ven los ingredientes de la torca actuando sobre la pelota: la fuerza de la gravedad y el brazo de palanca, respecto al punto donde las superficies se tocan.

- Traza los brazos de palanca para las posiciones B y C.
- A medida que el plano inclinado tiene más pendiente, el momento de torsión (aumenta) (disminuye).



iHewitt lo dibujó!

Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

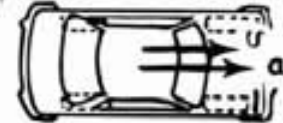
Aceleración y movimiento circular

La segunda ley de Newton, $a = F/m$ indica que la fuerza neta y su aceleración correspondiente siempre tienen la misma dirección. (Tanto la fuerza como la aceleración son cantidades vectoriales.) Pero la fuerza y la aceleración no siempre tienen la misma dirección de la velocidad (que es otro vector).

1. Te encuentras en un automóvil frente a un semáforo. Se enciende la luz verde y el conductor "opreme el acelerador".

- Tu cuerpo se inclina (hacia adelante) (nada) (hacia atrás).
- El vehículo acelera (hacia adelante) (nada) (hacia atrás).
- La fuerza sobre el vehículo actúa (hacia adelante) (nada) (hacia atrás).

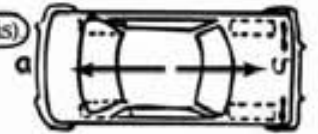
El esquema muestra la vista superior del vehículo. Observa las direcciones de los vectores velocidad y aceleración.



2. Estás al volante y llegas a un semáforo en alto. Pisas el freno.

- Tu cuerpo se inclina (hacia adelante) (nada) (hacia atrás).
- El vehículo acelera (hacia adelante) (nada) (hacia atrás).
- La fuerza sobre el vehículo actúa (hacia adelante) (nada) (hacia atrás).

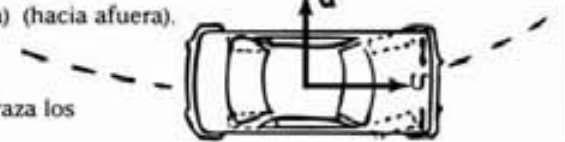
El esquema muestra la vista superior del vehículo. Traza los vectores velocidad y aceleración.



3. Continúas manejando y tomas una curva cerrada hacia la izquierda, con rapidez constante.

- Tu cuerpo se inclina (hacia dentro) (nada) (hacia afuera).
- La dirección de la aceleración del vehículo es (hacia dentro) (ninguna) (hacia afuera).
- La fuerza sobre el vehículo actúa (hacia dentro) (nada) (hacia afuera).

El esquema muestra la vista superior del vehículo. Traza los vectores velocidad y aceleración.



4. En general, las direcciones de inclinación y aceleración, y en consecuencia las direcciones de inclinación y fuerza son (iguales) (no se relacionan) (opuestas).



5. La dirección de movimiento de la piedra que da vueltas siempre cambia.

- Si se mueve con más rapidez, su dirección cambia (más rápido) (más lento).
- Esto indica que cuando aumenta la rapidez, la aceleración (aumenta) (disminuye) (permanece igual).

6. Imagina dar vueltas a la piedra con un cordón más corto, esto es, con radio más pequeño.

- Para determinada rapidez, la razón con que cambia la dirección de la piedra es (menor) (mayor) (igual).
- Esto indica que cuando disminuye el radio, la aceleración (aumenta) (disminuye) (queda igual).

Gracias a Jim Harper

iHewitt lo dibujó!

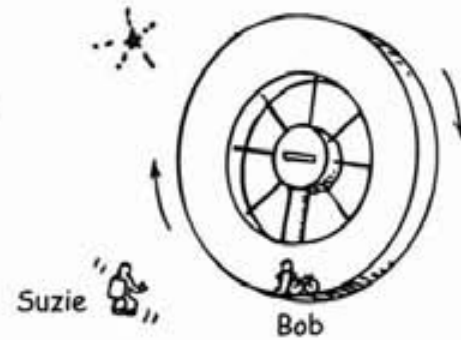
Nombre _____ Fecha _____

Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

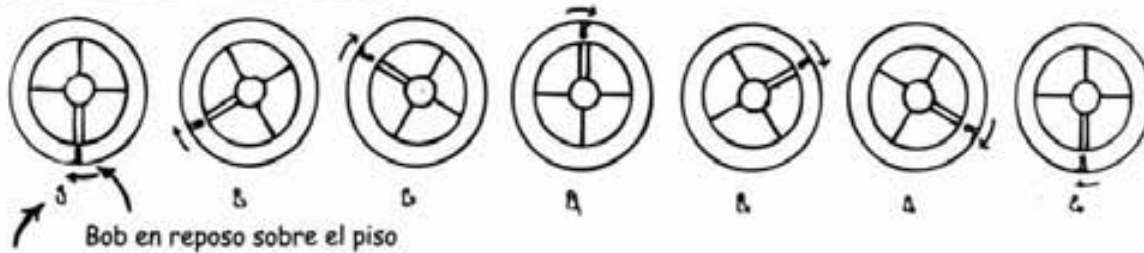
Capítulo 8 Movimiento rotacional
Gravedad simulada y marcos de referencia

Suzie Spacewalker y Bob Biker están en el espacio exterior. En un hábitat giratorio, donde la fuerza centrífuga sobre los pies es una fuerza normal de apoyo que se siente como peso. Bob siente la gravedad normal de la Tierra. Suzie está suspendida afuera, en un estado de ingravidez, inmóvil en relación con las estrellas y con el centro de masa del hábitat.



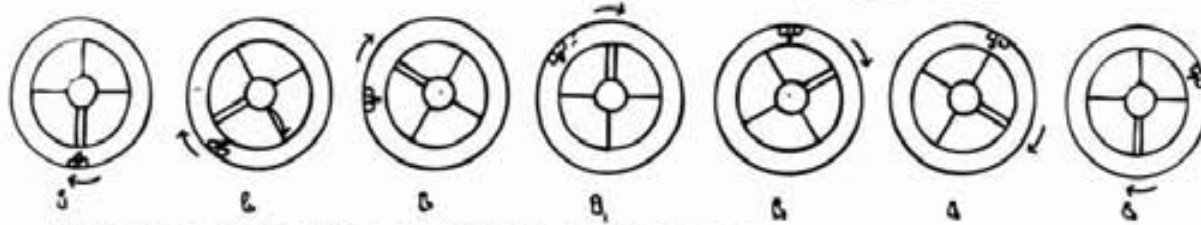
1. Suzie ve que Bob está girando en el sentido de las manecillas del reloj, en trayectoria circular y a una rapidez lineal de 30 km/h. Suzie y Bob están de frente entre sí, y desde el punto de vista de Bob, él está en reposo y ve que ella se mueve

(en sentido de las manecillas del reloj) (en sentido contrario al de las manecillas del reloj).



Bob en reposo sobre el piso
Suzie suspendida en el espacio

2. El hábitat giratorio le parece a Bob como su hogar, hasta que monta en su bicicleta. Al avanzar en sentido contrario al de rotación del hábitat, Suzie lo ve que se mueve (más rápido) (más lento).



Bob en bicicleta en sentido contrario a las manecillas del reloj

3. Al aumentar la indicación del "velocímetro" de su bicicleta, la rapidez de rotación de Bob

(disminuye) (queda igual) (aumenta) y la fuerza normal que se siente como peso

(disminuye) (queda igual) (aumenta). Entonces, la fricción entre los neumáticos y el piso

(disminuye) (queda igual) (aumenta).

4. Sin embargo, cuando Bob aumenta su rapidez hasta 30 km/h, según el velocímetro de su bicicleta, Suzie lo ve que
(se mueve a 30 km/h) (está inmóvil) (se mueve a 60 km/h).



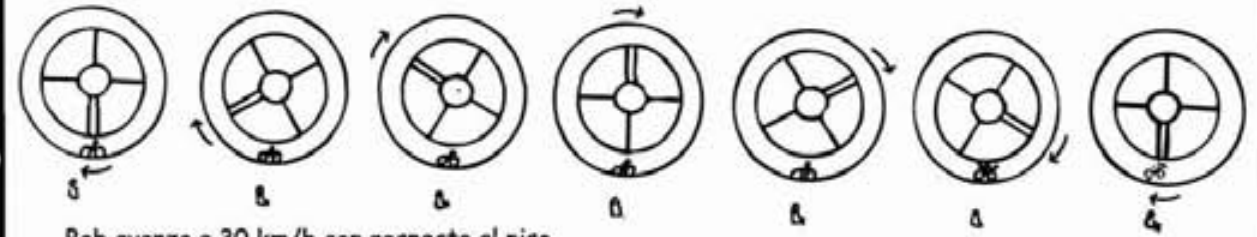
Gracias a Bob Becker

*I Hewitt
lo dibujó!*

35

Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA



Bob avanza a 30 km/h con respecto al piso

5. Al despegarse un poco del piso mientras conduce a 30 km/h, y sin tener en cuenta los efectos del viento, Bob

(se desplaza hacia el techo, flotando, mientras el piso corre bajo él a 30 km/h)

(cae como lo haría en la Tierra)

(choca con el piso con mayor fuerza)

y se encuentra

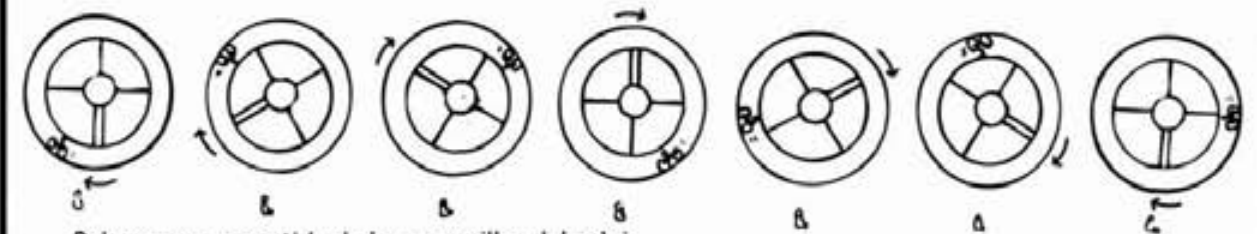
(en el mismo marco de referencia que Suzie)

(como si avanzara sobre la superficie terrestre a 30 km/h)

(presionado más contra el asiento de su bicicleta).

6. Bob maniobra de regreso a su estado inicial, girando en reposo respecto al hábitat, parado junto a su bicicleta. Pero no durante mucho tiempo. Suzie le pide que avance en dirección opuesta, en sentido de las manecillas del reloj y en la misma dirección que la del hábitat.

Ahora Suzie lo ve moviéndose (más rápido) (más lento).



Bob avanza en sentido de las manecillas del reloj

7. A medida que Bob aumenta su rapidez, la fuerza normal de apoyo que siente como peso

(disminuye) (queda igual) (aumenta)

8. Cuando el "velocímetro" de Bob llega a 30 km/h, Suzie lo ve que se mueve

(a 30 km/h) (no se mueve) (a 60 km/h)

y Bob se encuentra

(sin peso, como Suzie)

(igual que si manejara a 30 km/h en la superficie de la Tierra)

(más oprimido contra el asiento de su bicicleta)

A continuación, Bob va al boliche. ¡Tú decides si el juego depende de en qué dirección rueda la bola!

*I Hewitt
lo dibujó!*

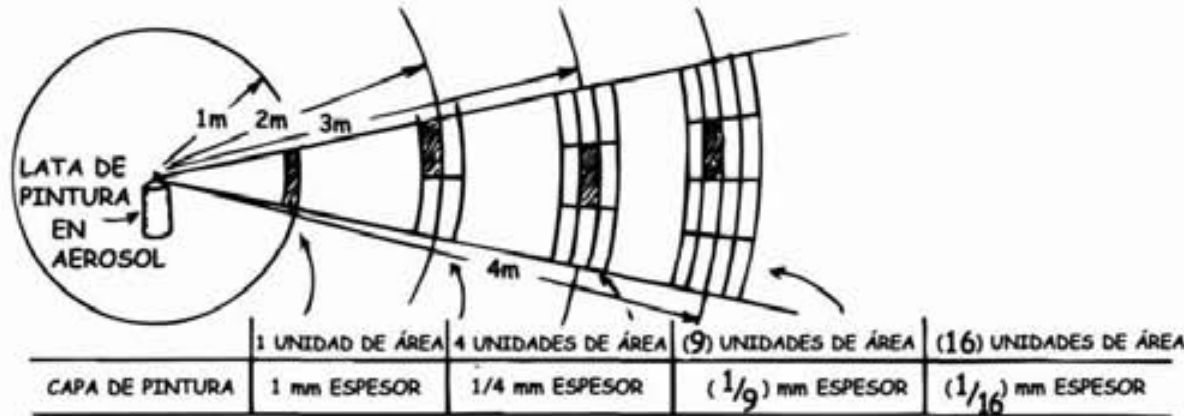
36

Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

Capítulo 9 Gravedad**Ley del inverso del cuadrado**

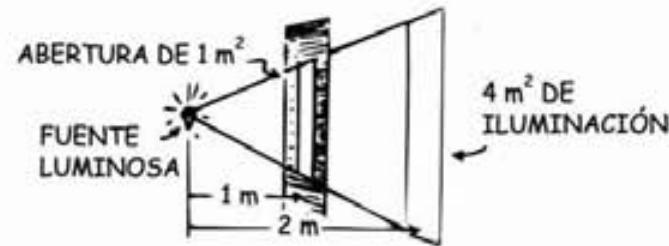
1. La pintura rociada se aleja radialmente de la boquilla de la lata, en líneas rectas. Como la gravedad, la intensidad de la aspersión obedece a una ley del inverso del cuadrado. Completa el diagrama y la tabla llenando los espacios vacíos.



2. Una pequeña fuente luminosa está a 1 m de una abertura de 1 m² de área, e ilumina a una pared que está detrás. Si la pared está a 1 m de la abertura (a 2 m de la fuente luminosa), el área iluminada cubre 4 m². ¿Cuántos metros cuadrados se iluminarán si el muro está a

5 m de la fuente? 25 m²

10 m de la fuente? 100 m²



3. Si nos paramos en una báscula y vemos que somos atraídos hacia la Tierra con una fuerza de 500 N, entonces pesamos 500 N. Hablando con propiedad, pesamos 500 N con relación a la Tierra. ¿Cuánto pesa la Tierra? Si volteamos la báscula y repetimos la medición, podemos decir que la Tierra y nosotros somos atraídos mutuamente con una fuerza de 500 N y en consecuencia (en relación con nosotros, toda la Tierra de 6 000 000 000 000 000 000 000 000 kg pesa 500 N! El peso, a diferencia de la masa, es una cantidad relativa.

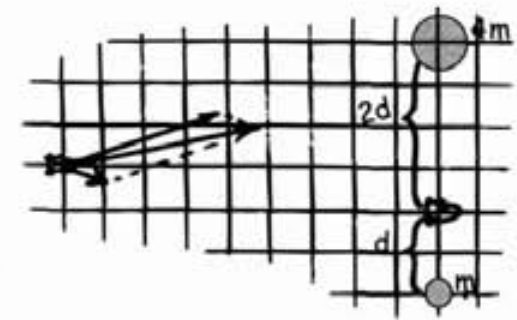


¡Hewitt lo dibujó!

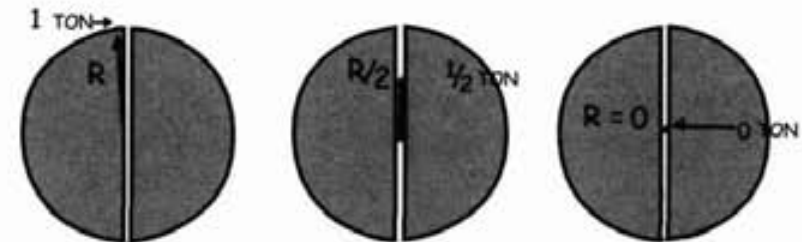
Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

4. La nave es atraída hacia el planeta y también hacia la luna de éste. El planeta tiene cuatro veces la masa de su luna. La fuerza de atracción de la nave hacia el planeta se indica con un vector.



- a. Con cuidado traza otro vector que muestre la atracción de la nave espacial hacia la luna. A continuación usa el método del paralelogramo, del capítulo 3, y traza la fuerza resultante.
- b. Determina el lugar, entre el planeta y su luna (a lo largo de la línea punteada) donde las fuerzas de gravitación se cancelen. Haz un esquema de la nave en ese lugar.
5. Imagina un planeta con densidad uniforme, que tiene un túnel recto que va del polo norte, pasa por el centro y llega al polo sur. En la superficie del planeta, cierto objeto pesa 1 tonelada.
- a. Escribe la fuerza gravitacional del objeto cuando está a la mitad de su camino hacia el centro, y después en el centro.

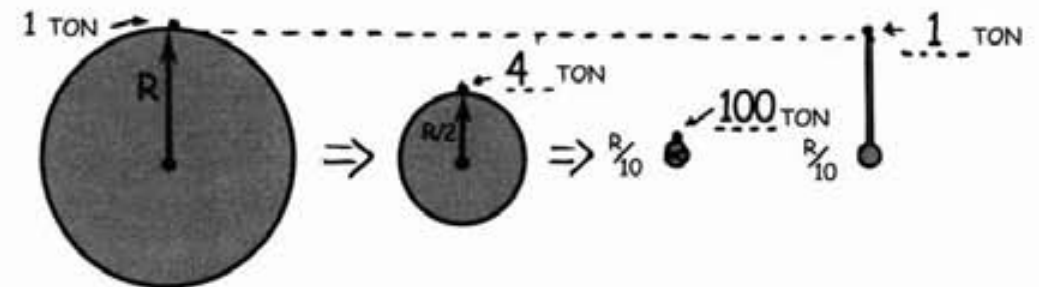


- b. Describe el movimiento que sentirías si cayeras en el túnel.

De ida y vuelta (en movimiento armónico simple).

6. Imagina otro objeto que pese 1 tonelada en la superficie de un planeta, justo antes de que ese planeta se colapse gravitacionalmente.

- a. Escribe el peso del objeto sobre la superficie del planeta que se contrae, para los valores indicados del radio.



- b. Cuando el planeta se ha colapsado hasta 1/10 de su radio inicial, se construye una escalera para poner el peso tan alejado del centro como estaba originalmente. Escribe su peso en esa posición.

¡Hewitt lo dibujó!

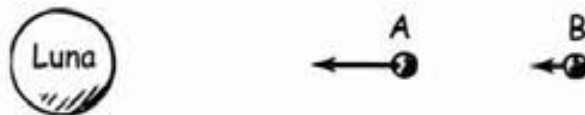
Nombre _____ Fecha _____

Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

Capítulo 9 Gravedad
Mareas en nuestros océanos

1. Imagina dos porciones de agua, A y B, con masas iguales, que están inicialmente en reposo en el campo gravitacional de la Luna. El vector indica la fuerza gravitacional de la Luna sobre A.



- Traza un vector fuerza debida a la gravedad de la Luna en B.
- La fuerza sobre B ¿es mayor o menor que la fuerza sobre A? Menor.
- ¿Por qué? Porque está más alejada.
- Las porciones aceleran hacia la Luna. ¿Cuál tiene mayor aceleración? (A) (B)
- Debido a las distintas aceleraciones, al paso del tiempo
(A se adelanta cada vez más a B) (A y B aumentan su rapidez en forma idéntica) y la distancia entre A y B
(aumenta) (queda igual) (disminuye).
- Si A y B estuvieran unidas con una banda de goma, al pasar el tiempo la banda
(se estiraría) (no se estiraría).
- Este (estiramiento) (no estiramiento) se debe a la (diferencia) (no diferencia) de los tirones gravitatorios de la Luna.
- Las dos porciones terminarán por chocar con la Luna. Para que estén en órbita en torno a la Luna, y no chocar con ella, las porciones se deberían mover
(alejándose de la Luna) (tangencialmente) Entonces, sus aceleraciones consistirán en cambios de
(rapidez) (dirección)



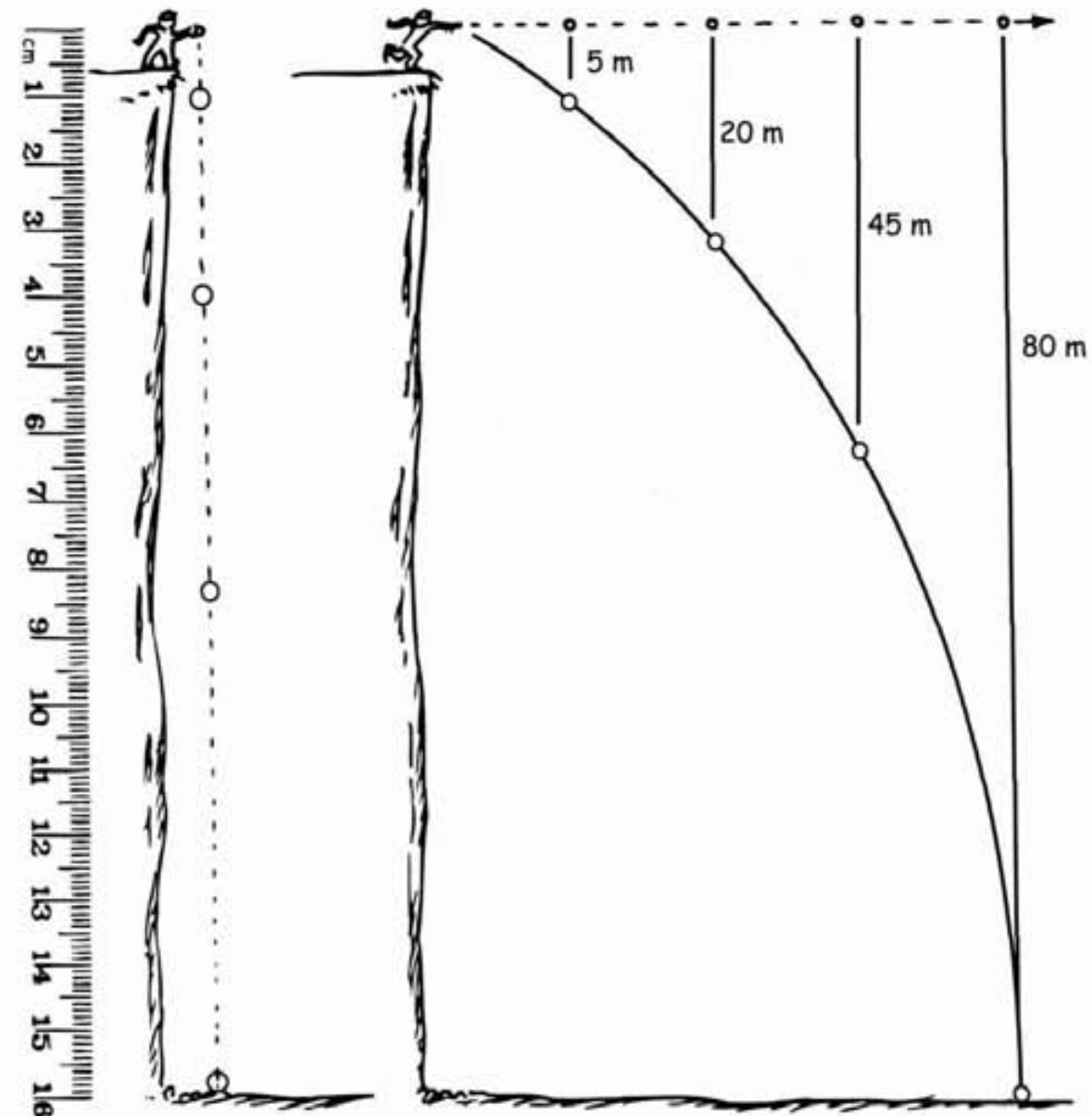
- Ahora imagina las mismas dos porciones de agua que están en lados opuestos de la Tierra.
 - Por las diferencias en la atracción de la Luna sobre las porciones, tienden a
(alejarse entre si) (acercarse entre si).
 - Este alejamiento ¿produce las mareas? (Si) (No)
 - Si la Tierra y la Luna estuvieran más cercanas, la fuerza gravitacional entre ellas sería
(mayor) (igual) (menor), y la diferencia entre las fuerzas gravitacionales entre las partes cercana y lejana del océano sería (mayor) (igual) (menor).
 - Como la órbita de la Tierra en torno al Sol es ligeramente elíptica, la Tierra y el Sol están más cerca en diciembre que en junio. Si se tiene en cuenta la fuerza solar de marea, en un promedio mundial, las mareas son mayores en (diciembre) (junio) (no hay diferencia).

iHewitt
lo dibujó!

Nombre _____ Fecha _____

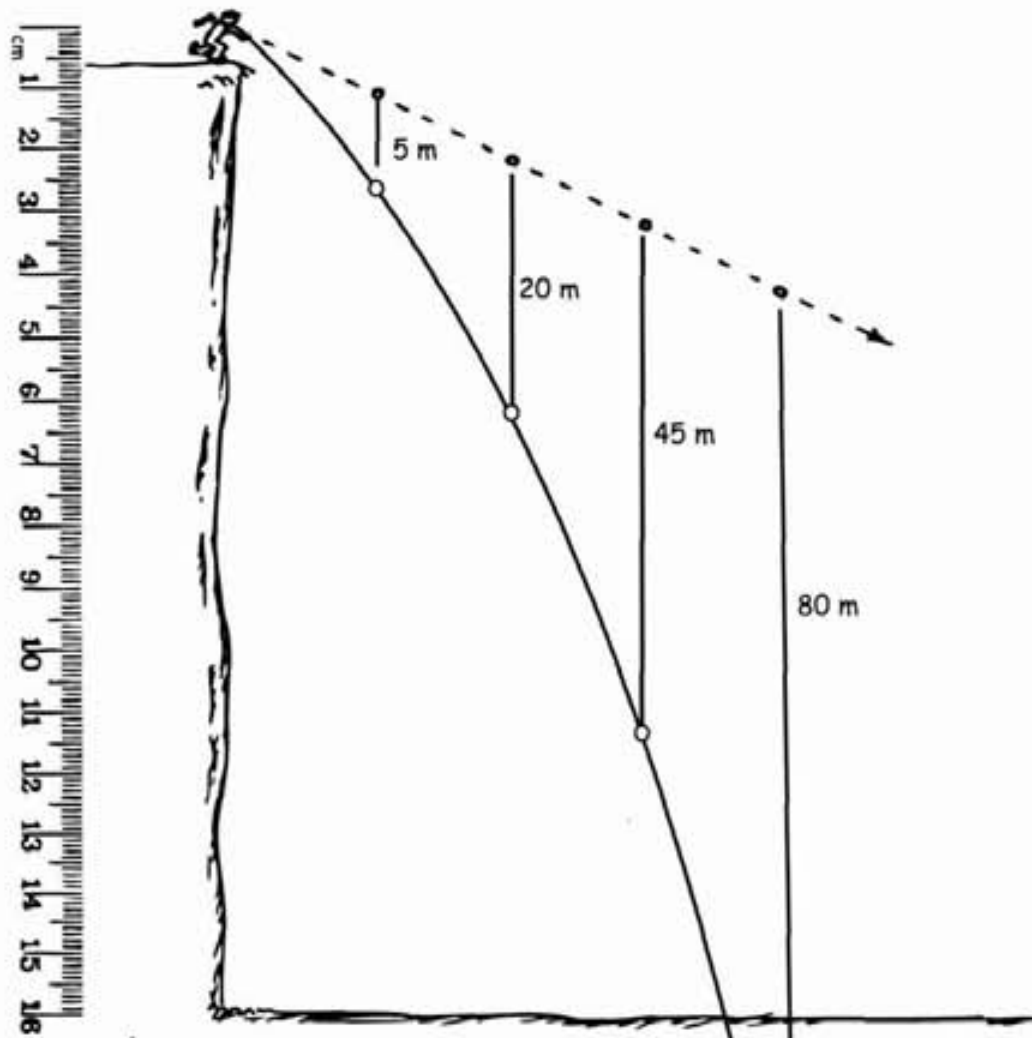
Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

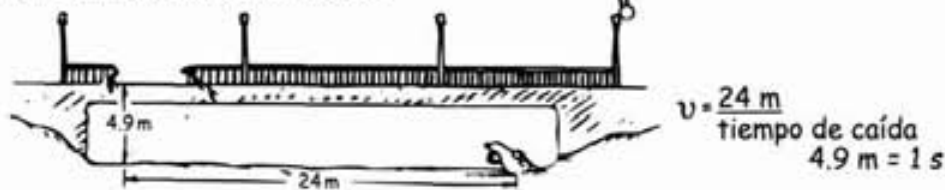
Capítulo 10 Movimiento de proyectiles y de satélites
Independencia de las componentes horizontal y vertical del movimiento

- Arriba a la izquierda: con la escala de 1 cm: 5 m que se ve a la izquierda, traza las posiciones de la pelota que cae a intervalos de 1 segundo. No tengas en cuenta la resistencia del aire, y toma $g = 10 \text{ m/s}^2$. Estima la cantidad de segundos que está en el aire la pelota.
4 segundos.
- Arriba a la derecha: las cuatro posiciones de la pelota lanzada *sin gravedad* son a intervalos de 1 segundo. Con la escala horizontal de 1 cm: 5 m, traza con cuidado las posiciones de la pelota con gravedad. No tengas en cuenta la resistencia del aire y toma $g = 10 \text{ m/s}^2$. Une las posiciones con una curva uniforme que indique la trayectoria de la pelota. ¿Cómo se afecta el movimiento en dirección vertical debido al movimiento en dirección horizontal?
Sólo el movimiento vertical es afectado por la gravedad. El movimiento horizontal es independiente.

iHewitt
lo dibujó!



- Esta vez la pelota se lanza en dirección oblicua, por debajo de la horizontal. Usa la misma escala de 1 cm: 5 m y traza con cuidado las posiciones de la pelota al caer por debajo de la línea interrumpida. Une las posiciones con una curva uniforme. Estima la cantidad de segundos que permanece la pelota en el aire: 3.5 s.
- Ahora imagina que eres investigador de accidentes y te piden indicar si el automóvil iba muy rápido al chocar con la barandilla del puente e ir a parar al lodo, como se ve en la figura. El límite de velocidad sobre el puente es de 55 mph = 24 m/s. ¿Cuál es tu veredicto?

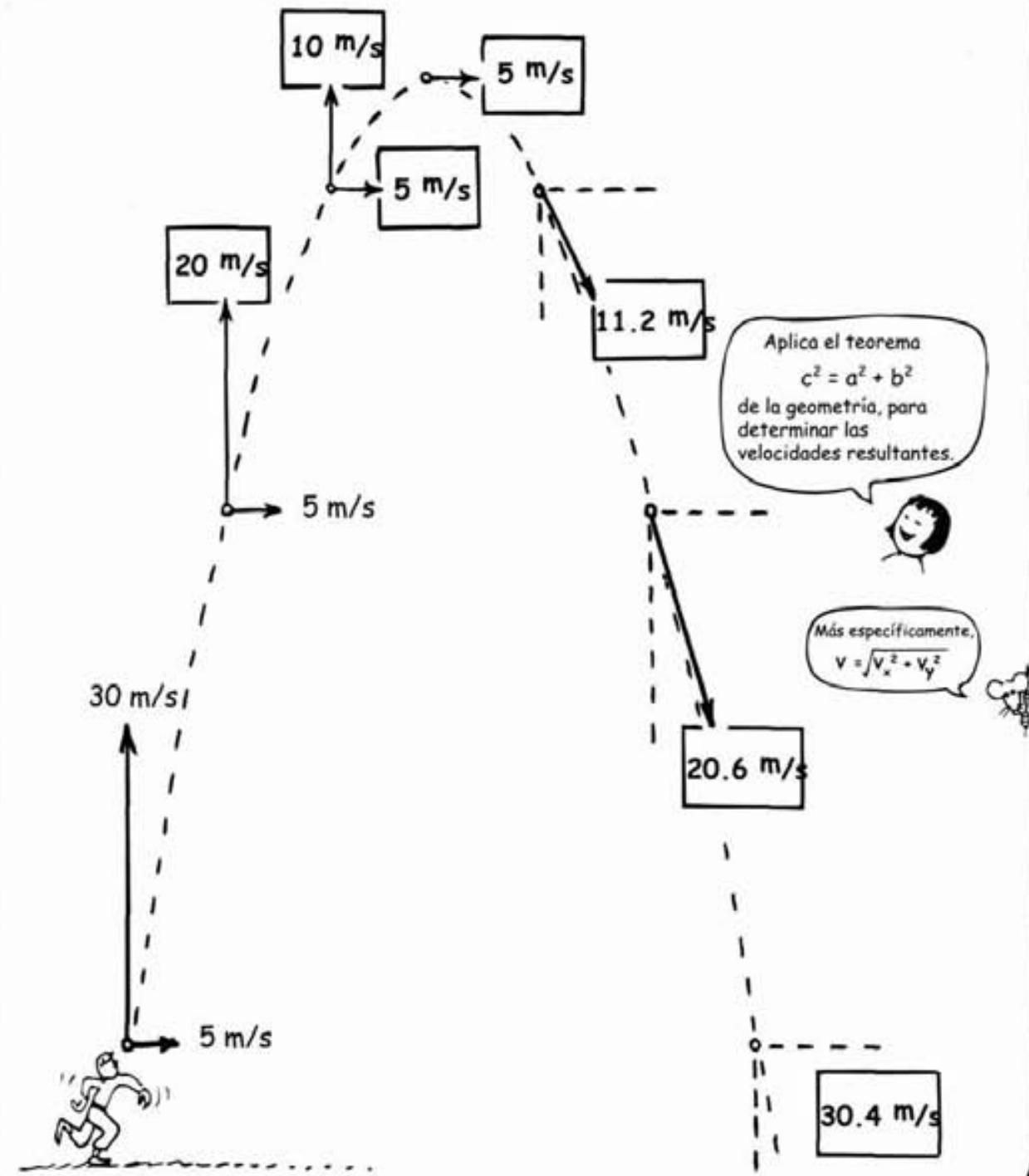


A 24 m/s después de salirse del puente, por lo que debe haber ido más rápido antes de golpear con la barandilla. ¡El conductor iba muy rápido!

¡Hewitt lo dibujó!

Capítulo 10 Movimiento de proyectiles y de satélites
Pelota arrojada

Una pelota arrojada hacia arriba tiene componentes iniciales de velocidad de 30 m/s vertical y 5 m/s horizontal. La posición de la pelota se muestra a intervalos de 1 s. La resistencia del aire es despreciable y $g = 10 \text{ m/s}^2$. Escribe los valores de las componentes de la velocidad en los cuadros, cuando asciende, y las velocidades resultantes calculadas en el descenso.



¡Hewitt lo dibujó!

Nombre _____ Fecha _____

Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

Capítulo 10 Movimiento de proyectiles y de satélites

Satélite en órbita circular

1. La figura A muestra la "Montaña de Newton", tan alta que su cumbre está arriba de la resistencia de la atmósfera. Se dispara el cañón y la bala llega al suelo, tal como se indica.

- Traza la trayectoria que tendría la bala si saliera disparada con mayor rapidez.
- Repite lo anterior con una rapidez mayor, pero menor que 8 km/s.
- Entonces traza la trayectoria orbital que tomaría si su rapidez fuera de 8 km/s.
- ¿Qué forma tiene la curva de 8 km/s?

Círculo.

- ¿Cuál sería la forma de la trayectoria orbital si la bala fuera disparada con una rapidez aproximada de 9 km/s?

Elipse.

2. La figura B muestra un satélite en órbita circular.

- En cada una de las cuatro posiciones traza un vector que represente la *fuerza* gravitacional sobre el satélite.
- Identifica los vectores fuerza con F .
- A continuación, en cada posición traza un vector que represente la *velocidad* del satélite en esa posición e identifícalo con V .
- Los cuatro vectores F ¿tienen la misma longitud? ¿Por qué?

Sí; el satélite está a la misma distancia; es la misma fuerza.

- Los cuatro vectores V ¿tienen la misma longitud? ¿Por qué?

Sí; en la órbita circular, $F \perp v$, por lo que no hay componente de fuerza a lo largo de v que cambie la rapidez v .

- ¿Cuál es el ángulo entre los vectores F y V ? 90°

- ¿Hay alguna componente de F a lo largo de V ? No ($F \perp v$).

- ¿Qué te indica eso acerca del trabajo que efectúa la fuerza de gravedad sobre el satélite?

No efectúa trabajo, porque no hay componente de la fuerza a lo largo de la trayectoria.

- La EC del satélite en la figura B ¿permanece constante o varía? Constante.

- La EP del satélite ¿permanece constante o varía?

Permanece constante.



Figura A

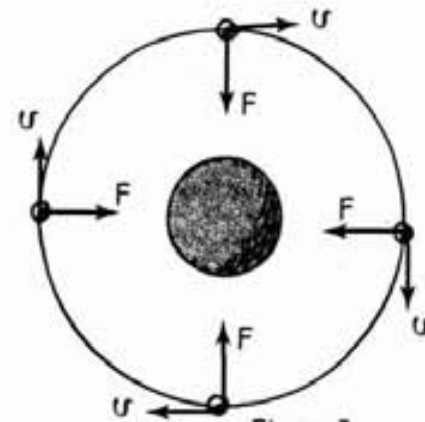


Figura B

Hewitt
lo dibujó!

Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

Satélite en órbita elíptica

- Repite el procedimiento de la órbita circular, trazando vectores F y V en cada posición, con su identificación correcta. Indica magnitudes iguales con longitudes iguales, magnitudes mayores con longitudes mayores, pero no te preocupes porque la escala sea exacta.

- ¿Todos tus vectores F tienen la misma magnitud? ¿Por qué?

No, la fuerza decrece cuando la distancia a la Tierra aumenta.

- ¿Todos tus vectores V tienen la misma magnitud? ¿Por qué?

No. Cuando la EC decrece (su satélite se aleja de la Tierra), la rapidez decrece. Cuando la EC aumenta (más cerca de la Tierra) la rapidez aumenta.

- El ángulo entre los vectores F y V ¿siempre es igual, o varía?

Varía.

- ¿Hay lugares donde hay un componente de F a lo largo de V ?

Sí (en todos los lugares excepto en el apogeo y el perigeo).

- ¿Se efectúa trabajo sobre el satélite cuando hay una componente de F a lo largo y en la misma dirección de V , y en caso afirmativo, aumenta o disminuye la EC del satélite?

Sí, y aumenta la EC del satélite.

- Cuando hay un componente de F a lo largo y contrario a la dirección de V ¿aumenta o disminuye la EC del satélite?

Disminuye la EC del satélite.

- ¿Qué puedes decir acerca de la suma $EC + EP$ a lo largo de la órbita?

Constante (de acuerdo con la conservación de la energía).

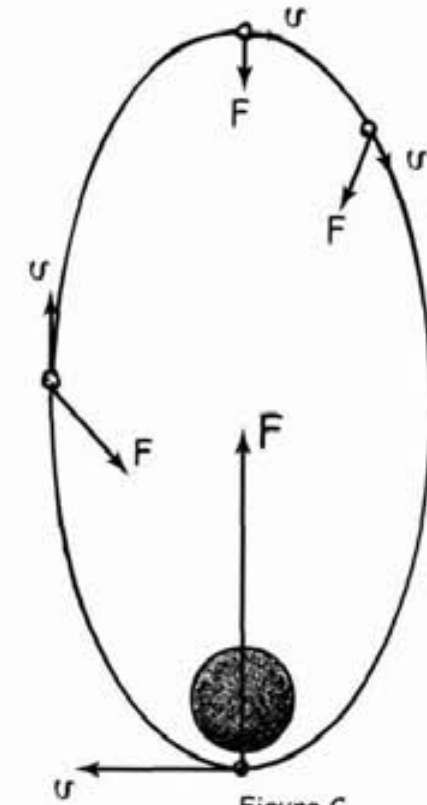


Figura C

Ten mucho cuidado al poner los vectores velocidad y fuerza en el mismo diagrama. no se aconseja (porque se puede trazar la resultante de los vectores) ¡cuidado!



Hewitt
lo dibujó!

Nombre _____ Fecha _____

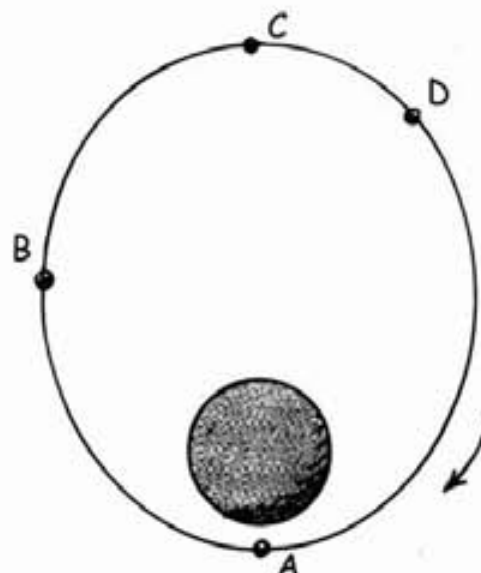
Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

Repaso de mecánica

1. El esquema muestra la trayectoria elíptica que describe un satélite en torno a la Tierra. ¿En cuál de las posiciones marcadas A a D (pon I, para "igual siempre") el satélite experimenta el o la mayor...

- fuerza gravitacional? A
- rapidez? A
- cantidad de movimiento? A
- energía cinética? A
- energía potencial gravitacional? C
- energía total (EC + EP)? S
- aceleración? A $a = \frac{F}{m}$
- cantidad de movimiento angular? S



2. Contesta las preguntas anteriores para un satélite en órbita circular.

- a. S b. S c. S d. S e. S f. S g. S h. S

3. ¿En cuál o cuáles posiciones la fuerza de gravedad no efectúa momentáneamente trabajo sobre el satélite? ¿Por qué?

A y C, porque no hay componentes de fuerza en dirección del movimiento.

4. El trabajo cambia la energía. Deja que la ecuación del trabajo $W = Fd$ guíe tu razonamiento a continuación. Defiende tus respuestas en términos de $W = Fd$.

- a. ¿En qué posición harán el mayor trabajo los motores de un cohete que impulsen al satélite durante algunos minutos hacia adelante, y le comunican el máximo cambio de energía cinética? (Sugerencia: imagina dónde se recorrerá la mayor distancia durante la aplicación de un empuje de varios minutos.)

A, donde la fuerza actúa durante la distancia máxima.

- b. ¿En qué posición hará la menor cantidad de trabajo sobre el satélite un empuje hacia adelante, de varios minutos, de sus cohetes, y le comunicará el mínimo aumento de energía cinética?

C, donde la fuerza actúa sobre la distancia más corta.

- c. ¿En qué posición unos retrocohetes (que impulsan en sentido contrario a la dirección del movimiento del satélite) harán el máximo trabajo sobre el satélite y cambian más su energía cinética?

A, el "trabajo más negativo". La mayor EC está donde la fuerza actúa sobre la distancia más larga.

iHewitt
lo dibujó!

Nombre _____ Fecha _____

Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

Capítulo 11 La naturaleza atómica de la materia
Átomos y núcleos atómicos

LOS ÁTOMOS SE CLASIFICAN POR SU NÚMERO ATÓMICO, QUE ES IGUAL A LA CANTIDAD DE **protones** EN EL NÚCLEO.



PARA TRANSFORMAR LOS ÁTOMOS DE UN ELEMENTO EN ÁTOMOS DE OTRO, SE DEBEN AGREGAR O QUITAR **protones**!



Usa la tabla periódica de tu libro para contestar las preguntas siguientes:

1. Cuando se oprimen entre sí núcleos atómicos de hidrógeno y litio (fusión nuclear) el elemento que se produce es

Berilio.

2. Cuando se funde un par de núcleos atómicos de litio, el elemento que se produce es

Carbono.

3. Cuando se funde un par de núcleos atómicos de aluminio, el elemento que se produce es

Hierro.

4. Cuando el núcleo de un átomo de nitrógeno absorbe un protón, el elemento que resulta es

Oxígeno.

5. ¿Qué elemento se produce cuando un núcleo de oro gana un protón?

Mercurio.

6. ¿Qué da como resultado un producto más valioso: *aumentar* o *quitar* protones de núcleos de oro?

Al restar se produce el platino, que es más valioso.

(Al sumar un protón se produce mercurio).

7. ¿Qué elemento se produce cuando un núcleo de uranio expulsa una partícula elemental formada por dos protones y dos neutrones?

Torio.

8. Si un núcleo de uranio se rompe en dos pedazos (fisión nuclear) y uno de ellos es zirconio (número atómico 40), el otro pedazo es el elemento

Telurio (número atómico 52).

9. ¿Qué tiene más masa, una molécula de nitrógeno (N_2) o una molécula de oxígeno (O_2)?

Una molécula de oxígeno.

10. ¿Qué tiene mayor cantidad de átomos, un gramo de helio o un gramo de neón?

Un gramo de helio.

iHewitt
lo dibujó!

Nombre _____ Fecha _____

Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

Capítulo 12 Sólidos
Escalamiento

1. Un cubo tiene $1\text{ cm} \times 1\text{ cm} \times 1\text{ cm}$ (más o menos como un cubo de azúcar). Su volumen es de 1 cm^3 . La superficie de una de sus caras es de 1 cm^2 . La superficie total del cubo es de 6 cm^2 , porque tiene 6 caras. Ahora imagina un cubo escalado en un factor de 2, de modo que tiene $2\text{ cm} \times 2\text{ cm} \times 2\text{ cm}$.

a. ¿Cuál es la superficie total de cada cubo?

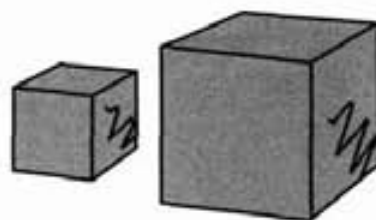
1er cubo 6 cm^2 ; 2do cubo 24 cm^2

b. ¿Cuál es el volumen de cada cubo?

1er cubo 1 cm^3 ; 2do cubo 8 cm^3

c. Compara la relación de superficie entre volumen, para cada cubo.

1er cubo: $\frac{\text{superficie}}{\text{volumen}} = \frac{6}{1}$; 2do cubo: $\frac{\text{superficie}}{\text{volumen}} = \frac{3}{1}$



2. Ahora imagina un tercer cubo, escalado en un factor de 3, por lo que mide $3\text{ cm} \times 3\text{ cm} \times 3\text{ cm}$.

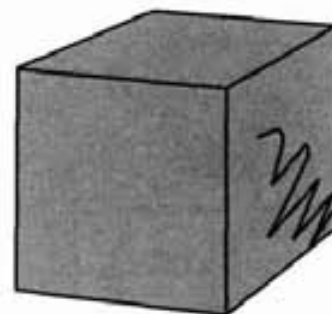
a. ¿Cuál es la superficie total? 54 cm^2

b. ¿Cuál es su volumen? 27 cm^3

c. ¿Cuál es su relación de superficie entre volumen?

$\frac{\text{superficie}}{\text{volumen}} = \frac{2}{1}$

54
27



3. Cuando el tamaño de un cubo se escala con determinado factor (2 y 3 en los ejemplos anteriores), el área aumenta con el cuadrado del factor, y el volumen aumenta con el cubo del factor.

4. La relación de superficie entre volumen, ¿aumenta o disminuye cuando las cosas se escalan a mayor tamaño?

La relación disminuye.

5. ¿Se aplica también a otras formas la regla para escalar cubos? Sí.
¿Serían distintas tus respuestas si comenzáramos con una esfera de 1 cm de diámetro y la escaláramos a una esfera de 2 cm de diámetro, y después de 3 cm ? No; las mismas relaciones.

6. Los efectos del escalamiento son benéficos para algunas criaturas y perjudiciales para otras. Pon (B) si son benéficos o (P) si son perjudiciales en cada uno de los siguientes casos:

- a. un insecto que se cae de un árbol B b. Un elefante que se cae del mismo árbol D
c. un pez pequeño que se trata de comer a uno grande D d. un pez grande a caza de uno pequeño B
e. un ratón hambriento D f. un insecto que se cae al agua D

iHewitt
lo dibujó!**Física** CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

Escalamiento de círculos

1. Llena la tabla.

CÍRCULOS		
RADIO	CIRCUNFERENCIA	ÁREA
1 cm	$2\pi(1\text{ cm}) = 2\pi\text{ cm}$	$\pi(1\text{ cm})^2 = \pi\text{ cm}^2$
2 cm	$2\pi(2\text{ cm}) = 4\pi\text{ cm}$	$\pi(2\text{ cm})^2 = 4\pi\text{ cm}^2$
3 cm	$2\pi(3\text{ cm}) = 6\pi\text{ cm}$	$\pi(3\text{ cm})^2 = 9\pi\text{ cm}^2$
10 cm	$2\pi(10\text{ cm}) = 20\pi\text{ cm}$	$\pi(10\text{ cm})^2 = 100\pi\text{ cm}^2$

LA CIRCUNFERENCIA DE UN CÍRCULO ES $C = 2\pi r$

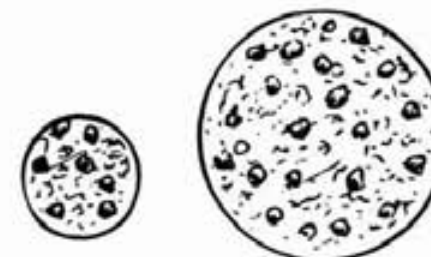
Y EL ÁREA DE UN CÍRCULO ES, $A = \pi r^2$



2. De acuerdo con tu tabla, cuando el radio del círculo sube al doble, su área aumenta en un factor de 4. Cuando el radio aumenta en un factor de 10, el área aumenta en un factor de 100.

3. Imagina una pizza redonda que cuesta \$5.00. Otra pizza del mismo grosor tiene el doble del diámetro. ¿Cuánto debe costar la pizza mayor?

\$ 25.00



4. *Cierto o falso:* si el radio de un círculo aumenta en cierto factor, digamos que 5, entonces el área aumenta de acuerdo con el cuadrado del factor, en este caso 5^2 , o sea 25. Cierto.

Entonces, si aumentas el radio de un círculo en un factor de 10, su área aumentará en un factor de 100.

5. (Aplicación) Imagina que crías pollos y gastas \$50 en la compra de tela de alambre para cercar el gallinero. Para contener la mayor cantidad de pollos en el interior, debes hacer que la forma del gallinero sea (cuadrada) (circular) (cualquiera, porque las dos encierran la misma área).

iHewitt
lo dibujó!

Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

Capítulo 13 Líquidos Principio de Arquímedes I

1. Un globo que está lleno con 1 litro de agua (1000 cm^3) está en equilibrio, en un recipiente de agua, como se ve en la figura 1.

a. ¿Cuál es la masa del litro de agua?

1 kg

b. ¿Cuál es el peso del litro de agua?

9.8 N (o 10 N)

c. ¿Cuál es el peso del agua que desplaza el globo?

9.8 N

d. ¿Cuál es la fuerza de flotación sobre el globo?

9.8 N

e. Haz un esquema de un par de vectores en la figura 1: uno para el peso del globo y el otro para la fuerza de flotación que actúa sobre él. ¿Cómo se comparan los tamaños y las direcciones de tus vectores?

Vectores de igual magnitud y dirección opuesta.

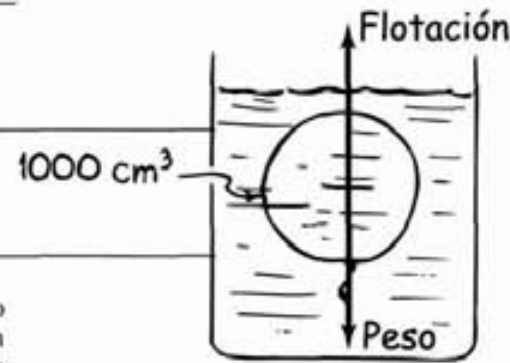
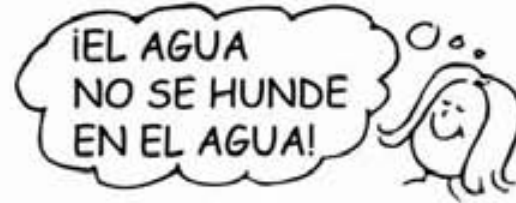


Figura 1

2. Como experimento mental, imagina que pudiéramos sacar el agua del globo pero que siguiera teniendo el mismo tamaño de 1 litro. Entonces, el interior del globo estaría al vacío.

a. ¿Cuál es la masa del litro de nada?

0 kg

b. ¿Cuál es el peso del litro de nada?

0 N

c. ¿Cuál es el peso del agua desplazada por el globo de masa despreciable?

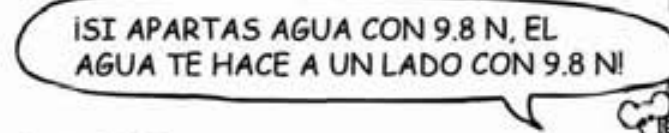
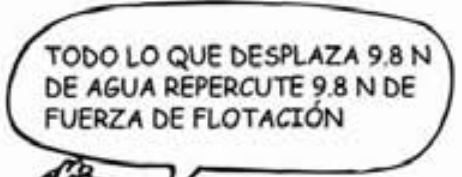
9.8 N

d. ¿Cuál es la fuerza de flotación sobre el globo de masa despreciable?

9.8 N

e. ¿En qué dirección aceleraría el globo de masa despreciable?

Hacia arriba.



¡Hewitt lo dibujó!

Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

3. Imagina que el globo se sustituye con una pieza de 0.5 kilogramo de madera, que tiene exactamente el mismo volumen de 1000 cm^3 , como se ve en la figura 2. La madera se mantiene en la misma posición sumergida, bajo la superficie del agua.

a. ¿Qué volumen de agua es desplazado por la madera?

$1000 \text{ cm}^3 = 1 \text{ L}$

b. ¿Cuál es la masa de agua desplazada por la madera?

1 kg

c. ¿Cuál es el peso del agua desplazada por la madera?

9.8 N

d. ¿Cuánta fuerza de flotación ejerce sobre la madera el agua que la rodea?

9.8 N

e. Cuando se saca la mano ¿cuál es la fuerza neta sobre la madera?

Fuerza neta = fuerza de flotación - peso de la madera = $9.8 \text{ N} - 4.9 \text{ N} = 4.9 \text{ N}$ (hacia arriba).

f. ¿En qué dirección acelera la madera cuando se suelta? Hacia arriba.

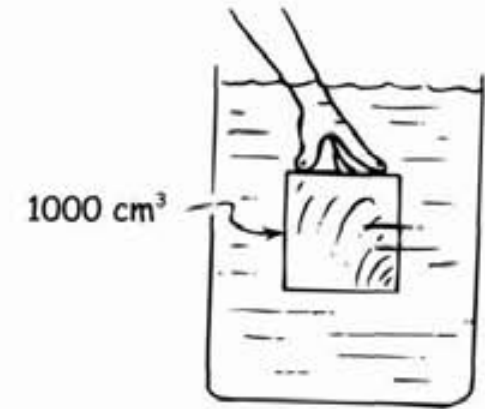


Figura 2



4. Repite las partes (a) a (f) del punto anterior para una piedra de 5 kg que tiene el mismo volumen (1000 cm^3), como se ve en la figura 3. Imagina que la piedra está colgada dentro del agua mediante un cordón.

a. 1000 cm^3 (igual)

b. 1 kg (igual)

c. 9.8 N (igual)

d. 9.8 N (igual)

e. 39 N hacia abajo*

f. Hacia abajo.

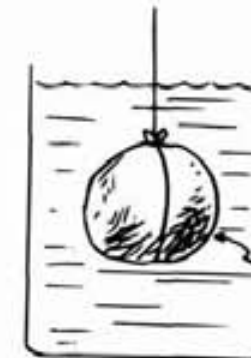


Figura 3



*Fuerza neta = fuerza de flotación - peso de la piedra = $9.8 \text{ N} - 49 \text{ N} = -39 \text{ N}$ (hacia abajo).

¡Hewitt lo dibujó!

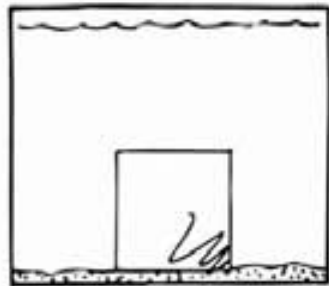
Nombre _____ Fecha _____

Física CONCEPTUAL

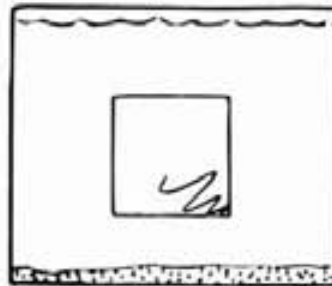
PÁGINA DE PRÁCTICA

Capítulo 13 Líquidos
Principio de Arquímedes II

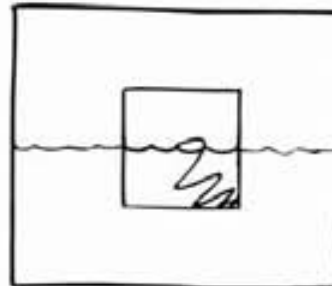
1. En los tres primeros casos se indican los niveles del agua. Traza los niveles correctos de agua en los casos (d) y (e), y sugiere tu propio caso en (f).



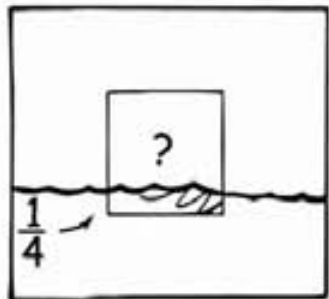
(a) Más denso que el agua



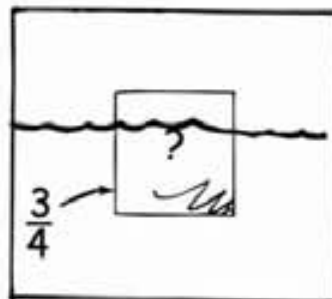
(b) Igual densidad que el agua



(c) La mitad de densidad que el agua



(d) 1/4 de la densidad del agua



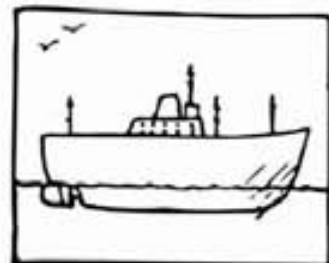
(e) 3/4 de la densidad del agua



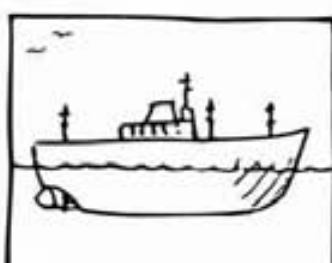
(f) _____ de la densidad del agua

2. Si el peso de un barco es de 100 millones de N, el agua que desplaza pesa 100 millones de N.
Si se pone a bordo la carga que pesa 1000 N, el barco se hundirá hasta desplazar 1000 N de agua más.

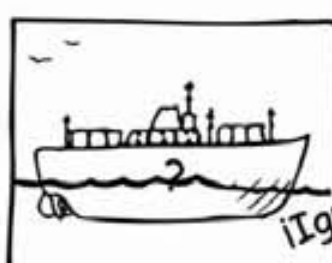
3. Los dos primeros esquemas de abajo muestran la línea de flotación de un barco vacío y uno con carga. Indica la línea de flotación correcta en el tercer esquema.



(a) Barco vacío



(b) Barco cargado con 50 toneladas de hierro



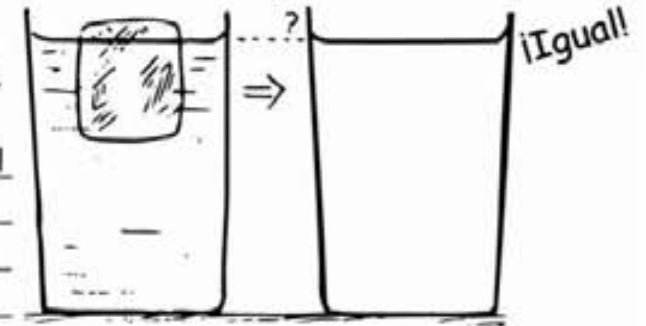
(c) Barco cargado con 50 toneladas de espuma de estireno

¡Hewitt
lo dibujó!**Física** CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

4. Éste es un vaso de agua helada, con un cubito de hielo que flota en ella. Traza el nivel del agua cuando se haya fundido el cubito (el nivel ¿bajará, subirá o quedará igual?).

Queda igual. El volumen del agua con el mismo peso del cubo de hielo es igual al volumen de la parte sumergida del cubo. También es el volumen del agua al fundirse el hielo.



5. El globo lleno de aire tiene lastre, por lo que se hunde en el agua. Cerca de la superficie, el globo tiene cierto volumen. Dibuja el globo en el fondo (dentro del cuadrado de líneas punteadas) e indica si es mayor, menor o del mismo tamaño.

- a. Como el globo con lastre se hunde, ¿cómo se compara su densidad conjunta con la densidad del agua?

La densidad del globo es mayor.

- b. A medida que se hunde el globo con lastre, su densidad ¿aumenta, disminuye o permanece igual?

La densidad aumenta (porque el volumen disminuye).

- c. Como el globo con lastre se hunde, ¿cómo se compara la fuerza de flotación ejercida sobre él con su peso?

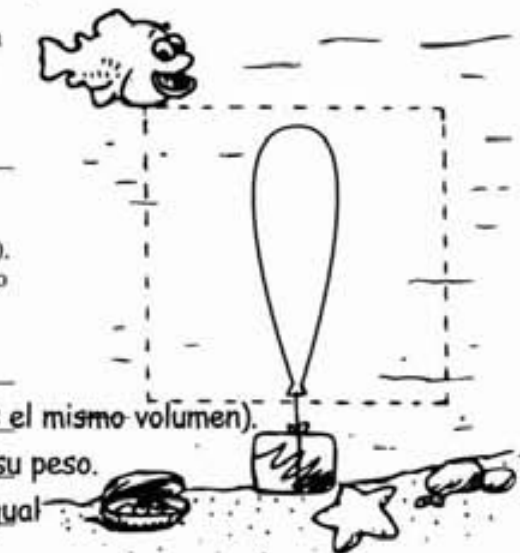
La fuerza de flotación es menor que el peso.

- d. A medida que se sigue hundiendo el globo con lastre, la fuerza de flotación ejercida sobre él, ¿aumenta, disminuye o permanece igual?

La fuerza de flotación disminuye (porque el volumen disminuye).

6. ¿Cuáles serían tus respuestas a las preguntas (a), (b), (c) y (d) si se tratara de una piedra y no de un globo lleno de aire?

- a. La densidad de la piedra es mayor.
b. La densidad permanece constante (es el mismo volumen).
c. La fuerza de flotación es menor que su peso.
d. La fuerza de flotación permanece igual (el volumen permanece igual).

¡Hewitt
lo dibujó!

Nombre _____ Fecha _____

Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

Capítulo 14 Gases
Presión de un gas

1. Una diferencia principal entre un líquido y un gas es que cuando el líquido se somete a presión, su volumen

(aumenta) (disminuye) (no cambia apreciablemente)

y su densidad

(aumenta) (disminuye) (no cambia apreciablemente)

Cuando un gas se somete a presión, su volumen

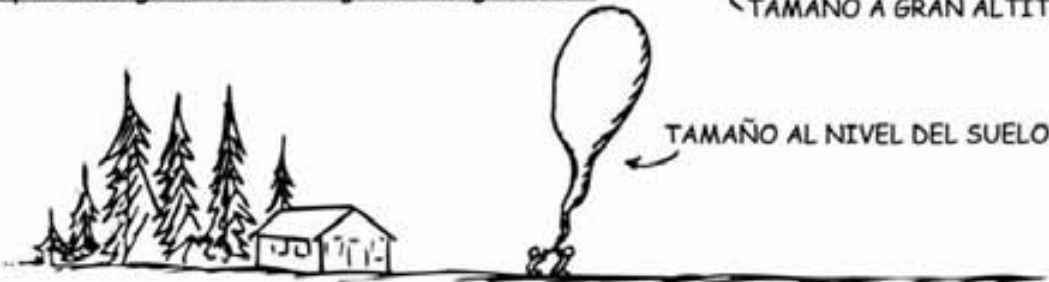
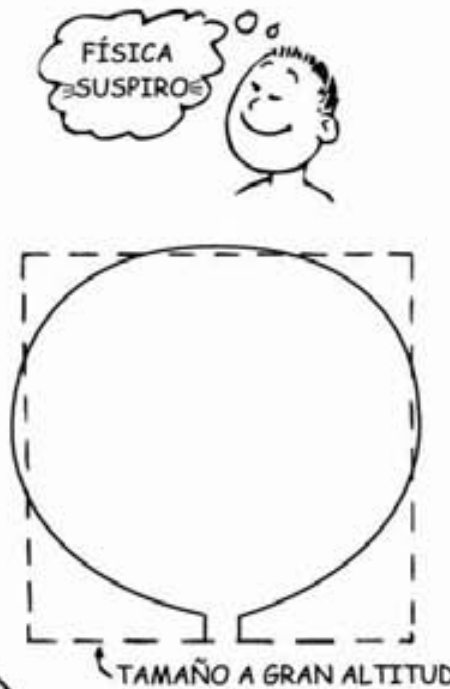
(aumenta) (disminuye) (no cambia apreciablemente)

y su densidad

(aumenta) (disminuye) (no cambia apreciablemente).

2. El esquema muestra el lanzamiento de un globo meteorológico al nivel del suelo. Haz un esquema del mismo globo meteorológico cuando está a gran altura en la atmósfera. En otras palabras ¿qué es distinto acerca de su tamaño, y por qué?

El globo se agranda al subir. La presión atmosférica tiende a comprimir las cosas —hasta los globos. Más presión a nivel del suelo más compresión. Menos compresión a grandes alturas globo más grande.



3. Un globo lleno de hidrógeno que pesa 10 N debe desplazar 10 N de aire para flotar en él.
Si desplaza menos de 10 N, será impulsado hacia arriba con menos de 10 N y bajará.
Si desplaza más de 10 N de aire, subirá.

4. ¿Por qué la caricatura tiene sentido para los físicos y no para quienes no saben de física? ¿Qué fenómeno físico ha sucedido?

Según el principio de Bernoulli, más movimiento de aire sobre la parte superior curva del paraguas causa una reducción de la presión del aire (como en una ala de avión). Es probable que eso cause una fuerza hacia arriba que voltee al revés el paraguas.

iHewitt
lo dibujó!

Nombre _____ Fecha _____

Física CONCEPTUAL

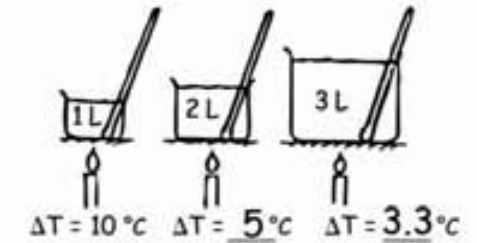
PÁGINA DE PRÁCTICA

Capítulo 15 Temperatura, calor y expansión
Medición de temperaturas

1. Llena la tabla:

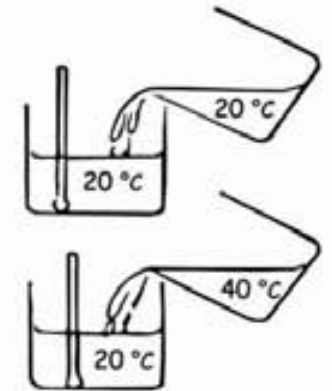
TEMPERATURA DEL HIELO QUE FUNDE	0 °C	32 °F	273 K
TEMPERATURA DEL AGUA HIRVIENTE	100 °C	212 °F	373 K

2. Imagina que en una estufa calientas un litro de agua, y elevas su temperatura 10 °C. Si suministras la misma energía a dos litros, ¿cuánto subirá la temperatura? ¿Y con tres litros? Anota tus respuestas en los espacios del dibujo a la derecha.



3. Un termómetro está en un recipiente a medio llenar con agua a 20 °C.

- a. Cuando se agrega un volumen igual de agua a 20 °C, la temperatura de la mezcla será
(10 °C) (20 °C) (40 °C).
- b. Cuando se agrega igual volumen de agua a 40 °C, la temperatura de la mezcla será
(20 °C) (30 °C) (40 °C).
- c. Cuando se agrega una pequeña cantidad de agua a 40 °C, la temperatura de la mezcla será
(20 °C) (entre 20 °C y 30 °C) (30 °C) (más de 30 °C).



4. Un trozo de hierro al rojo vivo se sumerge en una cubeta de agua fría. Marca con C (cierto) o con F (falso) las siguientes afirmaciones; no tengas en cuenta la transferencia de calor a la cubeta.

- a. La disminución de temperatura del hierro es igual al aumento de temperatura del agua. F
- b. La cantidad de calor que pierde el hierro es igual a la cantidad de calor que gana el agua. C
- c. El hierro y el agua llegan a la misma temperatura. C
- d. La temperatura final del hierro y del agua es el promedio de sus temperaturas iniciales. F



Física

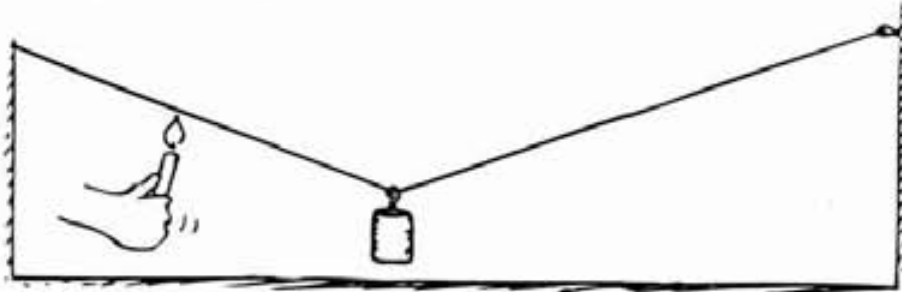
CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

Expansión térmica

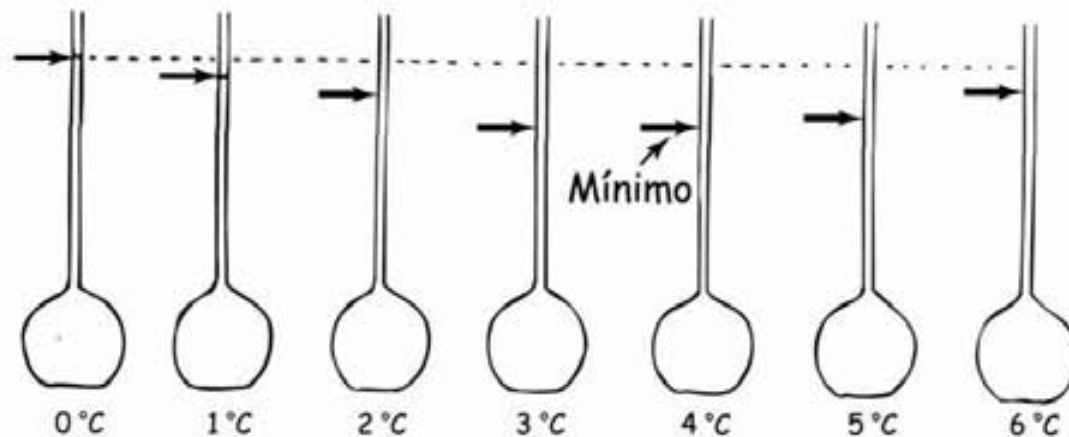
1. La pesa cuelga sobre el piso, en el alambre de cobre. Cuando una llama se mueve a lo largo del alambre y lo calienta, ¿qué sucede con la altura de la pesa? ¿Por qué?

La altura disminuye al alargarse el alambre.

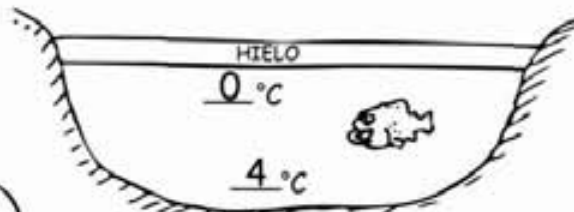


2. Los niveles del agua a 0°C y 1°C se ven abajo, en los dos primeros matraces. A estas temperaturas hay una suspensión microscópica en el agua. Hay un poco más de suspensión a 0°C que a 1°C . Al calentarse el agua, algo de los sólidos se disgregan al fundirse, y el nivel del agua baja en el tubo. Es la causa de que el nivel del agua sea un poco menor en el matraz de 1°C . Calcula y traza aproximadamente los niveles del agua a las otras temperaturas que se indican. ¿Qué tiene de importante el nivel del agua al llegar a 4°C ?

Como el agua tiene densidad máxima a 4°C , el nivel del agua es mínimo a 4°C .



3. El diagrama de la derecha muestra un estanque cubierto de hielo. Indica las temperaturas probables del agua en la parte superior y en el fondo del estanque.



¿QUÉ PESARÁ MÁS, 1 LITRO DE HIELO O 1 LITRO DE AGUA?
Agua (más densa)

Hewitt lo dibujó!

Nombre _____

Fecha _____

Física

CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

Capítulo 16 Transferencia de calor

Transmisión de calor

1. Los extremos de las dos varillas de latón se ponen en la llama. Escribe C (cierto) o F (falso) en lo siguiente.

- a. El calor sólo se conduce por la varilla A. F
b. El calor sólo se conduce por la varilla B. F
c. El calor se conduce por igual en las varillas A y B. C
d. La idea de que el "calor sube" se aplica a la transferencia de calor por convección y no por conducción. C



- 2.



¿Por qué un pájaro esponja sus plumas para mantenerse caliente en un día frío?

Las plumas esponjadas aprisionan aire que funciona como aislante.

3. ¿Por qué un saco de dormir relleno con plumas de ganso te mantiene caliente en una noche fría? ¿Por qué no calienta si las plumas están mojadas?

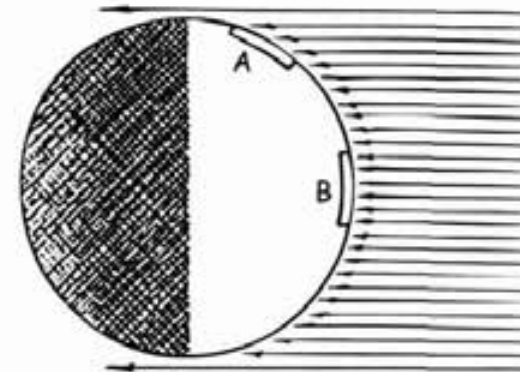
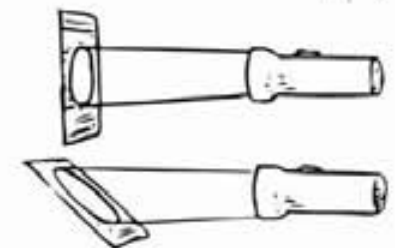
Como en el #2. Cuando el agua sustituye al aire aprisionado, se reduce el aislamiento.

4. ¿Qué tiene que ver la convección con las ranuras de una pantalla de lámpara de escritorio?

El aire caliente sube y pasa por los agujeros, sin quedar aprisionado.



5. La calidez de las regiones ecuatoriales y la frigidez de las regiones polares de la Tierra, se pueden comprender con la luz de una linterna que llega a una superficie. Si llega perpendicularmente, la energía luminosa está más concentrada, porque abarca una superficie menor; si llega formando un ángulo, la energía se reparte en una superficie mayor. Entonces, la energía por unidad de área es menor en el segundo caso.



Las flechas representan los rayos de luz del lejano Sol, cuando llegan a la Tierra. Se muestran dos áreas de igual tamaño. El área A, cerca del polo Norte, y el área B, cerca del ecuador. Cuenta los rayos que llegan a cada área y explica por qué B es más cálida que A.

3 en A, 6 en B. El área B recibe doble calor solar que el área A, por lo que es más cálida.

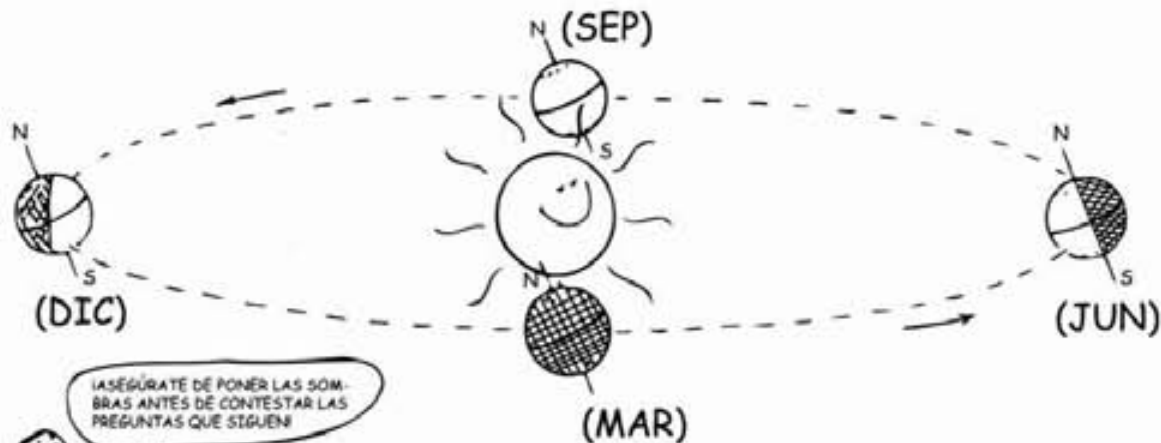
Hewitt lo dibujó!

Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

6. Las estaciones del año en la Tierra, se deben a la inclinación de 23.5° del eje de rotación diaria de ésta, cuando recorre su órbita alrededor del Sol. Cuando la Tierra está en el lugar de la derecha, en el esquema de abajo (no está a escala), el hemisferio norte se inclina hacia el Sol, y la luz solar que le llega es intensa (hay más rayos por unidad de área). La luz solar que llega al hemisferio sur es más débil (hay menos rayos por unidad de área). Los días en el Norte son más cálidos, y la luz del día dura más. Lo puedes ver imaginando a la Tierra cuando da un giro completo en 24 horas.

En el esquema haz lo siguiente: 1) sombrea la parte de la Tierra que está en la noche, en todas las posiciones, como ya se hizo en la parte izquierda. 2) Indica cada posición con su mes correspondiente: marzo, junio, septiembre o diciembre.



- a. Cuando la Tierra está en alguna de las posiciones que se ven, durante un giro de 24 horas, un lugar en el ecuador recibe luz solar la mitad del tiempo, y oscuridad la otra mitad.
Eso quiere decir que las regiones cercanas al ecuador reciben siempre unas 12 horas de luz solar y 12 horas de oscuridad.
- b. ¿Puedes ver que en la posición de junio, las regiones más hacia el Norte tienen más horas de luz diurna y noches más cortas? Los lugares al norte del círculo ártico (línea de puntos en el hemisferio norte) siempre ven al Sol, al girar la Tierra, por lo que reciben luz diurna 24 horas por día.
- c. ¿Cuántas horas de luz y oscuridad hay en regiones al sur del círculo antártico (línea de puntos en el hemisferio sur)?
Cero horas de luz, o 24 horas de oscuridad por día.
- d. Seis meses después, cuando la Tierra está en su posición de diciembre, ¿la situación en el antártico es igual o se invierte?
Al revés; más luz solar por área en diciembre en el hemisferio sur.
- e. ¿Por qué América del Sur y Australia tienen clima cálido en diciembre y no en junio?
En diciembre, el hemisferio sur se inclina hacia el Sol y tiene más luz solar por unidad de área que en junio.

FÍSICA
=SI=¡Hazlo
lo dibujo!

Nombre _____

Fecha _____

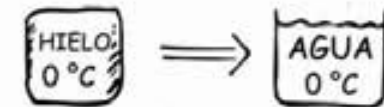
Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

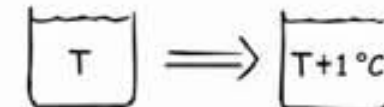
Capítulo 17 Cambio de fase
Hielo, agua y vapor

Toda la materia puede existir en las fases sólida, líquida o gaseosa. La fase sólida existe a temperaturas relativamente bajas; la fase líquida a temperaturas mayores y la fase gaseosa a temperaturas todavía más altas. El agua es el ejemplo más común, no sólo por su abundancia, sino también porque las temperaturas de las tres fases son comunes. Estudia "Energía y cambios de fase" en tu libro, y luego contesta lo siguiente:

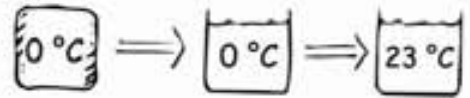
1. ¿Cuántas calorías se necesitan para transformar 1 g de hielo a 0°C en agua a 0°C ?

80

2. ¿Cuántas calorías se necesitan para cambiar 1°C la temperatura de 1 gramo de agua?

1

3. ¿Cuántas calorías se necesitan para fundir 1 g de hielo a 0°C y transformarlo en agua a una temperatura ambiente de 23°C ?

 $80 \text{ CAL} + 23 \text{ CAL} = 103 \text{ CAL}$ 

4. Un trozo de 50 g de hielo a 0°C se coloca en un vaso de vidrio que contiene 200 g de agua a 20°C .

- a. ¿Cuánto calor se necesita para fundir el hielo? 4000 CAL

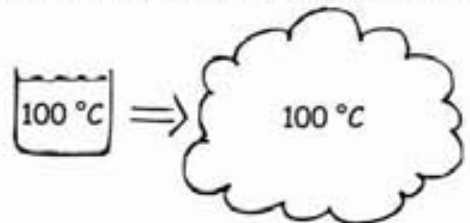
Como hay 50 g de hielo y se requieren 80 CAL por gramo, el calor necesario es $50 \text{ g} \times (80 \text{ CAL/g}) = 4000 \text{ CAL}$.

- b. ¿Cuánto cambiaría la temperatura del agua si cediera esa cantidad de calor al hielo? 20°C
200 g de agua desprenden 200 CAL por cada 1°C de disminución de temperatura, entonces $4000 \text{ CAL} / 200 \text{ CAL/}^\circ\text{C} = 20^\circ\text{C}$.

- c. ¿Cuál será la temperatura final de la mezcla? (Sin tener en cuenta el calor absorbido por el vidrio, o emitido al aire ambiente.) 0°C



5. ¿Cuántas calorías se necesitan para cambiar 1 g de agua hirviendo a 100°C , en vapor a 100°C ?

540 CAL

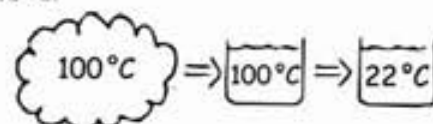
6. Escribe la cantidad de calorías en cada paso del esquema de abajo, para cambiar el estado de 1 gramo de hielo a 0°C en vapor a 100°C .

¡Hazlo
lo dibujo!

Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

7. Se condensa un gramo de vapor a 100 °C, y el agua se enfría a 22 °C.

a. ¿Cuánto calor se desprende cuando se condensa el vapor? 540 CAL

b. ¿Cuánto calor se desprende cuando el agua se enfría de 100 °C a 22 °C?

78 CAL (ya que el agua se enfría 100° - 22° = 78 °C).c. ¿Cuánto calor se desprende en total? 618 CAL

8. En un radiador de vapor, se condensan 1000 g de vapor a 100 °C y el agua se enfría a 90 °C.

a. ¿Cuánto calor se desprende cuando se condensa el vapor?

540.000 CAL

b. ¿Cuánto calor se desprende cuando el agua se enfría de 100 °C a 90 °C?

10.000 CAL

c. ¿Cuánto calor se desprende en total?

550.000 CAL

9. ¿Por qué es difícil preparar té en una montaña elevada?

El agua hierve a menor temperatura y no pasa de esa temperatura.

10. ¿Cuántas calorías cede 1 g de vapor a 100 °C que se condensa y forma agua a 100 °C?

540 CAL

11. ¿Cuántas calorías cede 1 g de vapor de 100 °C que se condensa y el agua baja su temperatura a 22 °C?

540 + (100 - 22) = 618 CAL

12. ¿Cuántas calorías desprende un radiador doméstico, cuando se condensan 1000 g de vapor a 100 °C y forman agua a 90 °C?

1000 (540 + [100 - 10]) = 550.000 CAL

13. Para obtener agua del suelo, así sea en un desierto caluroso, escarba un agujero de medio metro de ancho y medio metro de profundidad. Coloca una taza en el fondo. Extiende un trozo de plástico sobre el agujero y sujeta el material con piedras a su alrededor. Con una piedra oprime el centro del plástico para que adquiera una forma cónica. ¿Por qué se juntará agua en la taza? (¡La física te puede salvar la vida, si algún día te encuentras atrapado en un desierto!)



El agua evaporada del suelo queda atrapada y se condensa en la cara inferior del plástico, y escurre a la taza. (Por la noche, la condensación del aire se acumula en la cara superior del plástico.)

¡Hewitt lo dibujó!

Nombre _____

Fecha _____

Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

Capítulo 17 Cambio de fase
Evaporación

1. ¿Por qué sientes más frío cuando nadas en una alberca en un día con viento?

El agua se evapora del organismo con más rapidez y lo enfría a uno.

2. ¿Por qué sientes fría tu piel al frotarla con un poco de alcohol?

El alcohol se evapora con rapidez y al hacerlo lo enfría a uno.

3. Explica en forma breve, desde un punto de vista molecular, por qué la evaporación es un proceso de enfriamiento.

Las moléculas más energéticas y rápidas escapan al aire. La energía que se llevan reduce la EC promedio de las moléculas que quedan.



4. Cuando se evapora rápidamente agua caliente, el resultado puede ser dramático. Imagina 4 g de agua hirviendo repartida sobre una gran superficie, de modo que se evapore rápidamente 1 g. Además, imagina que la superficie y los alrededores están muy fríos, y todas las 540 calorías de la evaporación provinieron de los 3 g restantes de agua.



a. ¿Cuántas calorías se toman de cada gramo de agua?

540 CAL = 180 CAL
3

b. ¿Cuántas calorías se desprenden cuando 1 g de agua a 100 °C se enfría a 0 °C?

100 CAL

c. ¿Cuántas calorías se desprenden cuando 1 g de agua a 0 °C se transforma en hielo a 0 °C?

80 CAL

d. Cuando se evaporó rápidamente 1 g de agua, ¿qué sucede, en este caso, con los 3 g restantes del agua hirviendo?

¡El agua que queda se congela! (Cada gramo de agua desprende 180 CAL al enfriar y congelarse.)

¡Hewitt lo dibujó!

Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

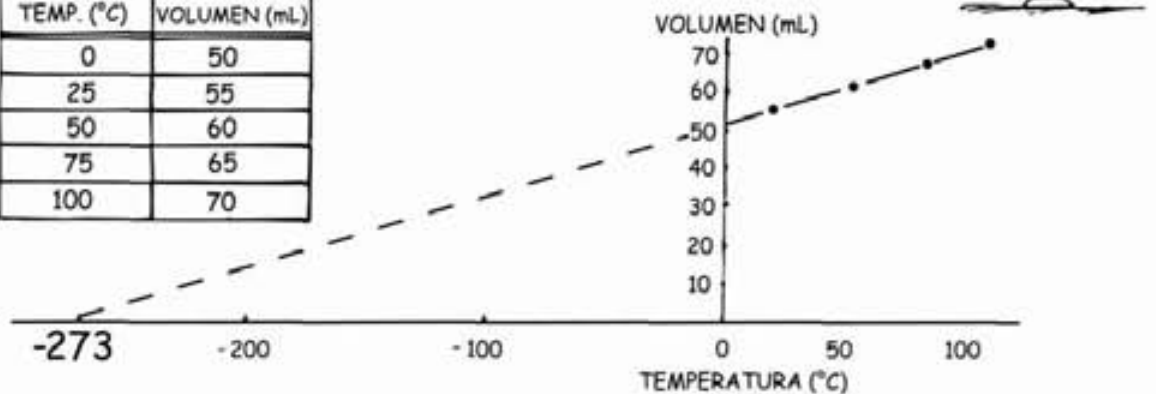
Capítulo 18 Termodinámica
Cero absoluto

Una masa de aire es contenida de modo que el volumen puede cambiar, pero la presión permanece constante. La tabla I muestra volúmenes de aire a diversas temperaturas cuando el aire es calentado lentamente.

1. Grafica los datos de la tabla I y une los puntos.

Tabla I

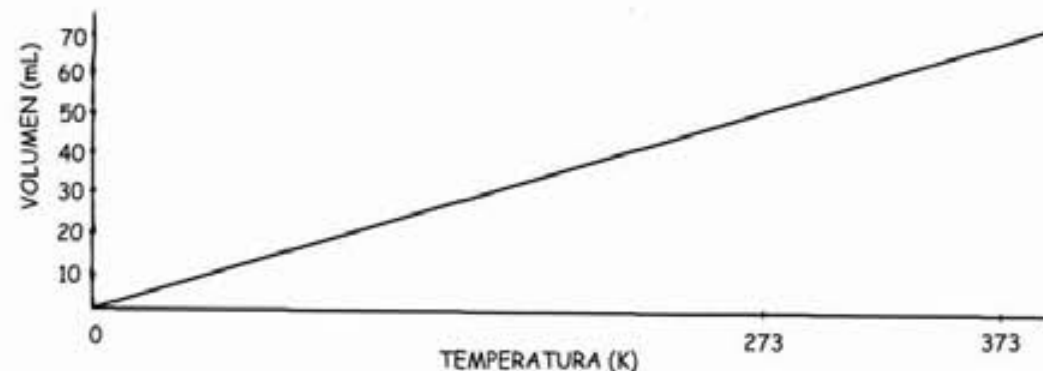
TEMP. (°C)	VOLUMEN (mL)
0	50
25	55
50	60
75	65
100	70



2. La gráfica muestra cómo varía el volumen de aire con la temperatura, a presión constante. La línea recta quiere decir que el aire se dilata uniformemente con la temperatura. Con tu gráfica podrás predecir lo que sucederá con el volumen del aire al enfriarlo.

Extrapolando (prolongando) la línea recta de tu gráfica para determinar la temperatura a la cual el volumen del aire sería cero. Marca este punto en tu gráfica. Estima esa temperatura: -273 °C

3. Aunque el aire se volvería líquido antes de llegar a esta temperatura, este procedimiento parece indicar que hay un límite inferior de lo frío que puede estar un objeto. Es el cero absoluto de temperatura. Con experimentos cuidadosos se demuestra que el cero absoluto está a -273 °C.
4. En la ciencia se mide la temperatura en *kelvin*, y no en grados Celsius o centígrados, y el cero absoluto es cero kelvin. Si volvieras a indicar las temperaturas en el eje horizontal de la gráfica de la pregunta 1 para que esas temperaturas fueran en kelvin ¿tu gráfica se vería como la de abajo? Sí.

iHewitt
lo dibujó!**Física** CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

El interior caliente de nuestra Tierra

Los científicos del siglo XIX encaraban un gran misterio. Los volcanes indicaban que la Tierra está fundida bajo su corteza. La penetración de ésta por medio de perforaciones y de las minas, demostró que la temperatura de la Tierra aumenta a mayor profundidad. Los científicos sabían que el calor fluye desde el interior hacia la superficie. Supusieron que la fuente del calor interno de la Tierra era el residuo de su fiero nacimiento. Las mediciones de la rapidez de enfriamiento indicaban que la Tierra era relativamente joven, de unos 25 a 30 millones de años. Pero la evidencia geológica indicaba que la Tierra es más vieja. El problema no se resolvió, sino hasta el descubrimiento de la radiactividad. Se vio que el interior se mantiene caliente por la energía de la desintegración radiactiva. Hoy sabemos que la edad de la Tierra es de unos 4500 millones de años; bastante antigua.



Todas las rocas contienen huellas de minerales radiactivos. Los minerales del granito común desprenden energía a una tasa de 0.03 J/kg/año. El granito de la superficie terrestre transfiere esta energía a los alrededores, prácticamente a medida que se genera, por lo que el granito no se siente caliente al tocarlo. Pero, ¿si se aislara una muestra de granito? Es decir, imagina que se retenga el aumento de energía interna debido a la radiactividad. Entonces se calentaría. ¿Cuánto? Lo vamos a calcular, usando 790 joules/kilogramo-kelvin como el calor específico del granito.

Calcular:

1. ¿Cuántos joules se requieren para aumentar 1000 K la temperatura de 1 kg de granito?

$$Q = cm \Delta T = (790 \text{ J/kg}^\circ\text{C})(1 \text{ kg})(1000^\circ\text{C}) = 790,000 \text{ J.}$$

2. ¿Cuántos años se tardaría el decaimiento radiactivo en un kilogramo de granito en producir esos joules?

$$790,000 \text{ J} / 0.03 \text{ J/kg años} \times 1 \text{ kg} = 26.3 \text{ millones de años.}$$

Contestar:

1. ¿Cuántos años tardaría un trozo de 1 kg de granito, aislado térmicamente, en aumentar 1000 K su temperatura?

Los mismos 26.3 millones de años.

2. ¿Cuántos años tardaría un trozo de 1 millón de kilogramos de granito, aislado térmicamente, en aumentar 1000 K su temperatura?

Lo mismo (debido a que hay más radiaciones).

3. ¿Por qué el interior de la Tierra permanece fundido y caliente?

Debido a la radiactividad.

4. La roca tiene mayor temperatura de fusión a grandes profundidades. ¿Por qué?

Mayor presión (como el agua en una olla de presión).

5. ¿Por qué la Tierra no se sigue calentando hasta fundirse?

El interior no está perfectamente aislado —el calor pasa a la superficie.

6. Cierto o falso: la energía producida por la radiactividad terrestre al final se transforma en radiación terrestre.



Un tostador eléctrico permanece caliente al suministrarle energía eléctrica y no se enfría, sino hasta que se desconecta. De igual modo, ¿crees que la fuente de energía que hoy mantiene caliente a la Tierra de repente se puede desconectar algún día, como un tostador eléctrico? ¿O que disminuirá en forma gradual durante un largo tiempo?

iHewitt
lo dibujó!

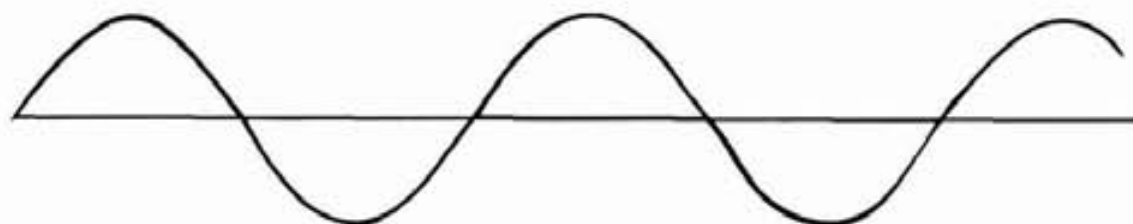
Nombre _____ Fecha _____

Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

Capítulo 19 Vibraciones y ondas
Fundamentos de vibraciones y ondas

1. Abajo está el trazo de una senoide que representa una onda transversal. Con una regla, mide la longitud de onda y la amplitud de la onda.



(a) Longitud de onda = 6 cm (b) Amplitud = 1.3 cm

2. Un niño en un columpio hace una oscilación completa, ida y vuelta, cada 2 segundos. La frecuencia de la oscilación es

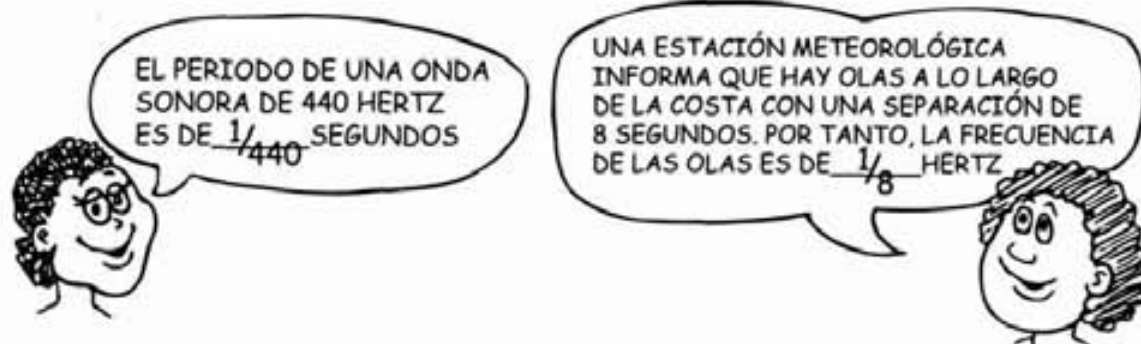
(0.5 hertz) (1 hertz) (2 hertz)

y el periodo es

(0.5 segundo) (1 segundo) (2 segundos)



3. Completa los enunciados.



4. El molesto ruido de un mosquito lo produce al batir las alas a una tasa promedio de 600 aleteos por segundo.

- a. ¿Cuál es la frecuencia de las ondas sonoras?

600 Hz

- b. ¿Cuál es la longitud de onda? (Suponiendo que la rapidez del sonido es de 340 m/s.)

0.57 m

$$\lambda = \frac{340 \text{ m/s}}{600 \text{ Hz}}$$



*Hewitt
lo dibujó!*

Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

5. Una ametralladora dispara 10 balas por segundo. La rapidez de las balas es de 300 m/s.



- a. ¿Cuál es la distancia entre las balas en el aire? 30 m
b. ¿Qué sucede con esa distancia entre las balas al aumentar la frecuencia de tiro?

Disminuye la distancia entre las balas.

6. Imagina a un generador de onda que produzca 10 pulsos por segundo. La rapidez de las ondas es de 300 cm/s.

- a. ¿Cuál es la longitud de esas ondas? 30 cm
b. ¿Qué sucede con la longitud de onda si aumenta la frecuencia de los pulsos?

λ disminuye, igual que disminuye la distancia entre las balas en el #5.

7. El pájaro de la derecha ve las ondas que pasan. Si por el poste pasa la parte de la onda entre dos crestas cada segundo ¿cuál es la rapidez de la onda?

$$v = f \lambda = 2 \times 1 \text{ m} = 2 \text{ m/s}$$

¿Cuál es su periodo?

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{2} = 0.5 \text{ s}$$



8. Si la distancia entre las crestas, en la pregunta anterior, fuera 1.5 metros, y por el poste pasan dos crestas cada segundo ¿cuál sería la rapidez de la onda?

$$v = f \lambda = 2 \times 1.5 = 3 \text{ m/s}$$

¿Cuál sería su periodo?

Igual (0.5 s).

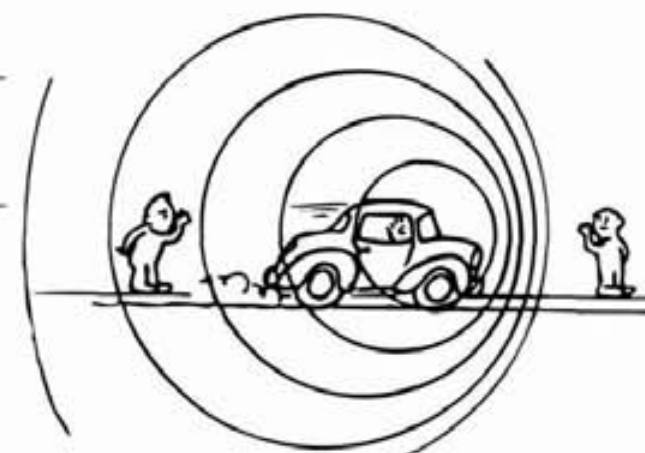
9. Cuando un automóvil se acerca a un escucha, el sonido de su bocina parece relativamente

(grave) (normal) (agudo)

y cuando el automóvil se aleja del escucha, su bocina parece

(grave) (normal) (aguda).

10. Los cambios de altura del efecto Doppler se debe a cambios de (rapidez de la onda) (frecuencia de la onda).



*Hewitt
lo dibujó!*

Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

Capítulo 19 Vibraciones y ondas
Ondas de choque

La onda de choque en forma de cono que produce un avión supersónico es, en realidad, el resultado de las ondas sonoras esféricas superpuestas, como indican los círculos traslapados de la figura 18.19 de tu libro de texto. Los esquemas (a), (b), (c), (d) y (e) a la izquierda muestran el crecimiento "animado" de sólo una de las muchas ondas sonoras esféricas (que se ve como un círculo en expansión, en el esquema bidimensional). El círculo se origina cuando el avión está en la posición indicada en (a). El esquema (b) muestra el crecimiento del círculo y la posición del avión cierto tiempo después. En (c), (d) y (e) se muestran momentos posteriores. Observa que el círculo crece y el avión se aleja hacia la derecha. También observa que el avión se mueve adelante de la onda sonora. Esto se debe a que el avión se mueve con más rapidez que el sonido.

Con un examen cuidadoso se ve lo rápidamente que se mueve el avión en comparación con la rapidez del sonido. El esquema (e) muestra que en el mismo tiempo que el sonido recorre desde O hasta A, el avión se ha movido desde O hasta B —en este caso, al doble de distancia. Lo puedes comprobar con una regla.

Encierra la respuesta en un círculo.

1. Revisa los esquemas (b) y (d). El avión, ¿ha recorrido el doble de distancia que el sonido, en el mismo tiempo, también en estos esquemas?

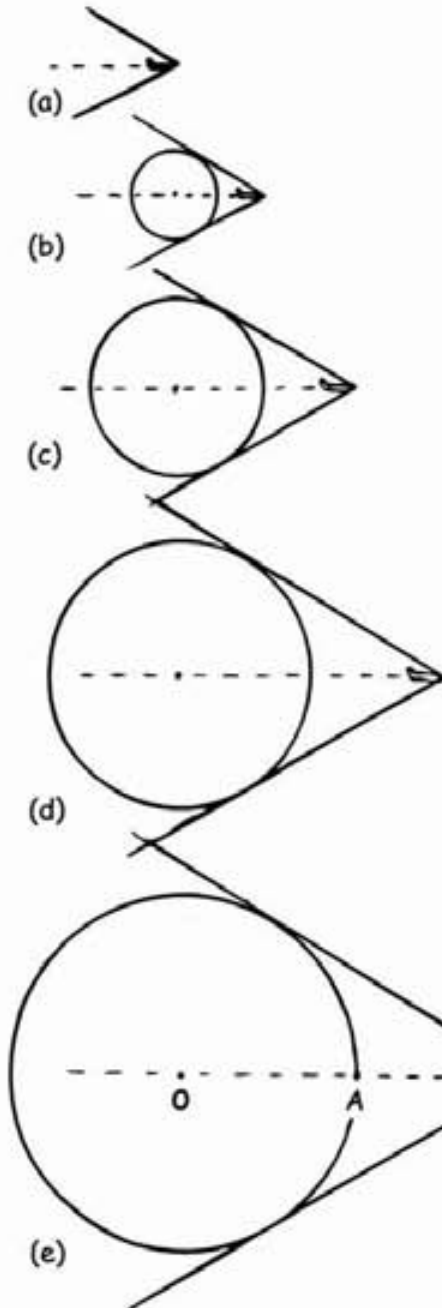
☒ (sí) ☐ (no)

2. Para mayores rapidezces, el ángulo de la onda de choque sería

(más amplio) (igual) ☒ (más angosto)

EN EL TIEMPO EN QUE EL SONIDO VIAJA DE O A A, EL AVIÓN RECORRE DOBLE DISTANCIA ... DE O A B

QUIERE DECIR QUE VUELA AL DOBLE DE LA RAPIDEZ DEL SONIDO!

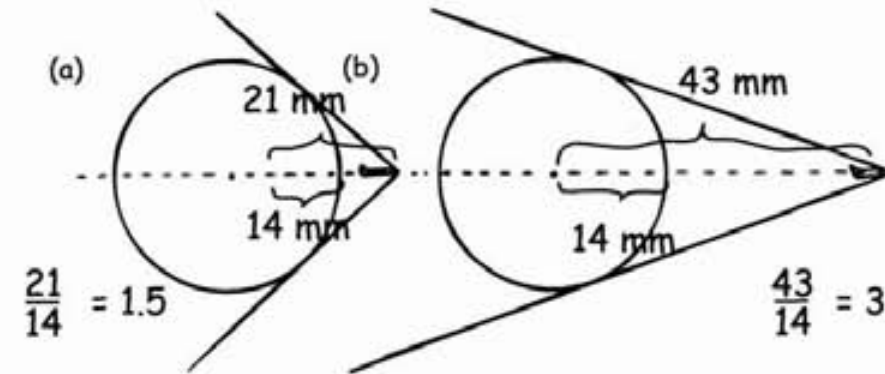


*Hewitt
lo dibujó!*

Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

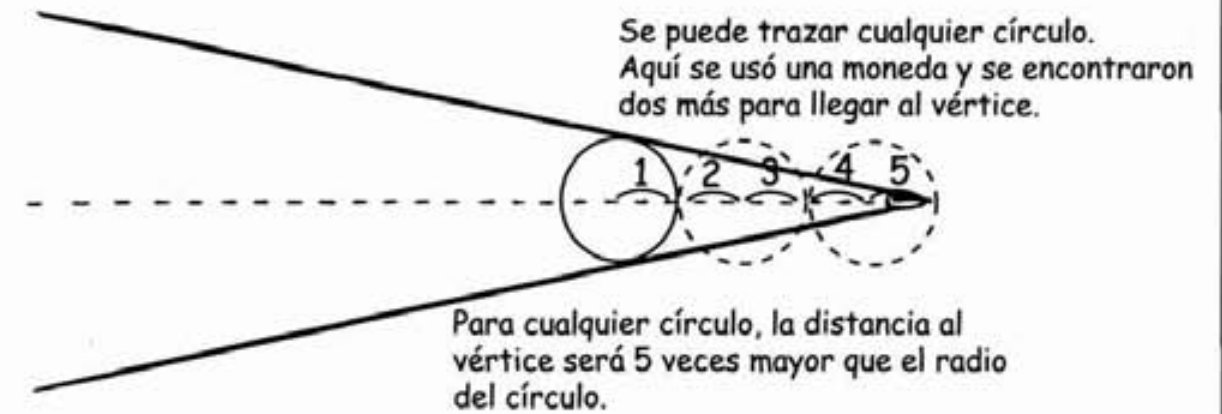
3. Usa una regla para estimar la rapidez del avión que produce las ondas de choque en los dos esquemas siguientes.



El avión (a) viaja más o menos a 1.5 veces la rapidez del sonido.

El avión (b) viaja más o menos a 3.0 veces la rapidez del sonido.

4. Traza tu propio círculo (en cualquier lugar) y estima la rapidez del avión que produce la onda de choque que se ve a continuación.



La rapidez es aproximadamente 5 veces la rapidez del sonido.

5. En el espacio de abajo traza la onda de choque formada por un misil supersónico que viaja a cuatro veces la rapidez del sonido.



*Hewitt
lo dibujó!*

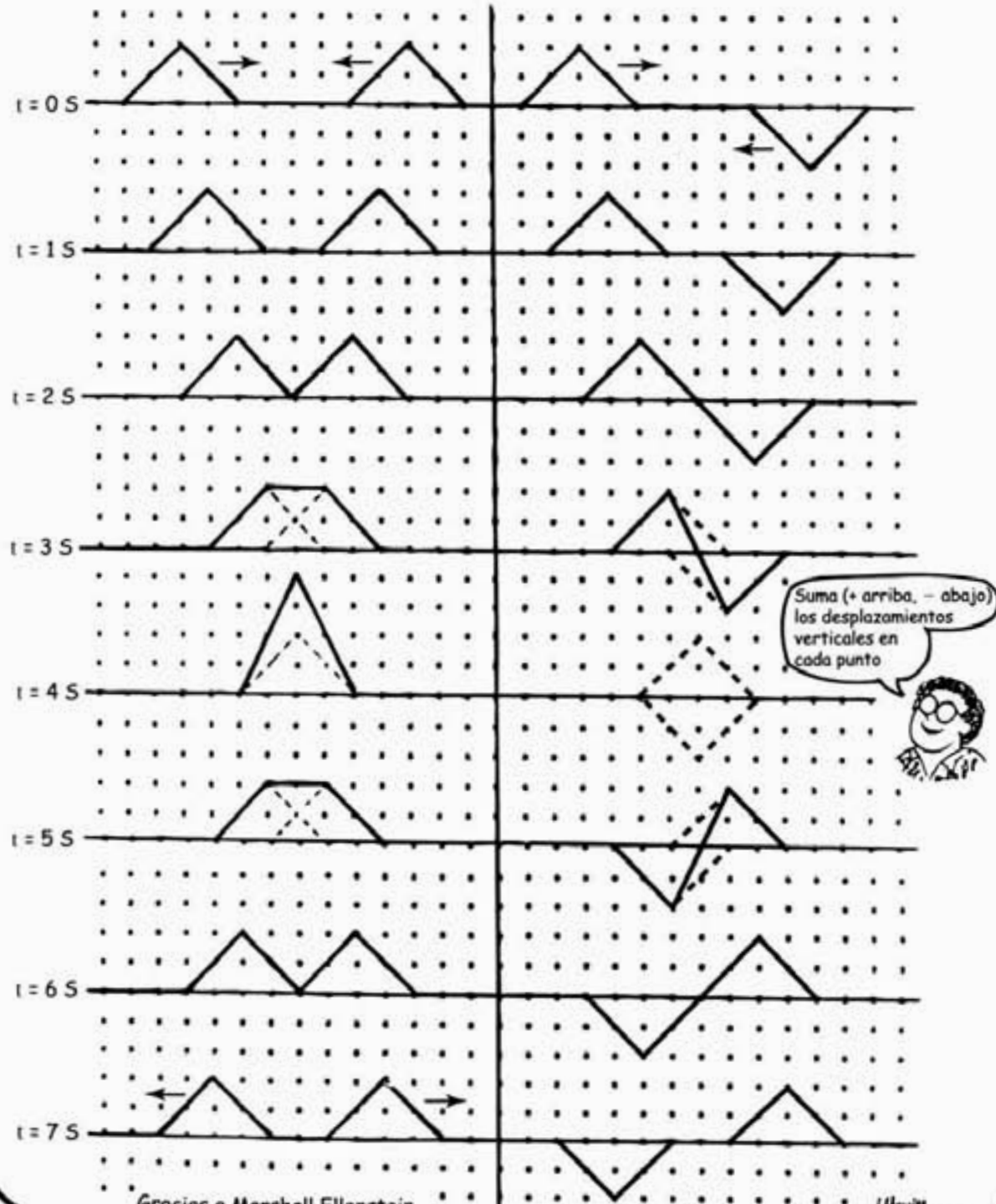
Nombre _____ Fecha _____

Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

Capítulo 20 Sonido Superposición de ondas

Un par de pulsos se aproximan entre sí con rapidez iguales. Las ondas compuestas, al encontrarse e interferirse, se muestran a intervalos de 1 segundo. En la columna de la izquierda observa cómo interfieren los pulsos para producir la onda compuesta (línea continua). Haz una construcción similar para los dos pulsos de la columna derecha. Al igual que los de la izquierda, cada uno viaja a 1 espacio por segundo.



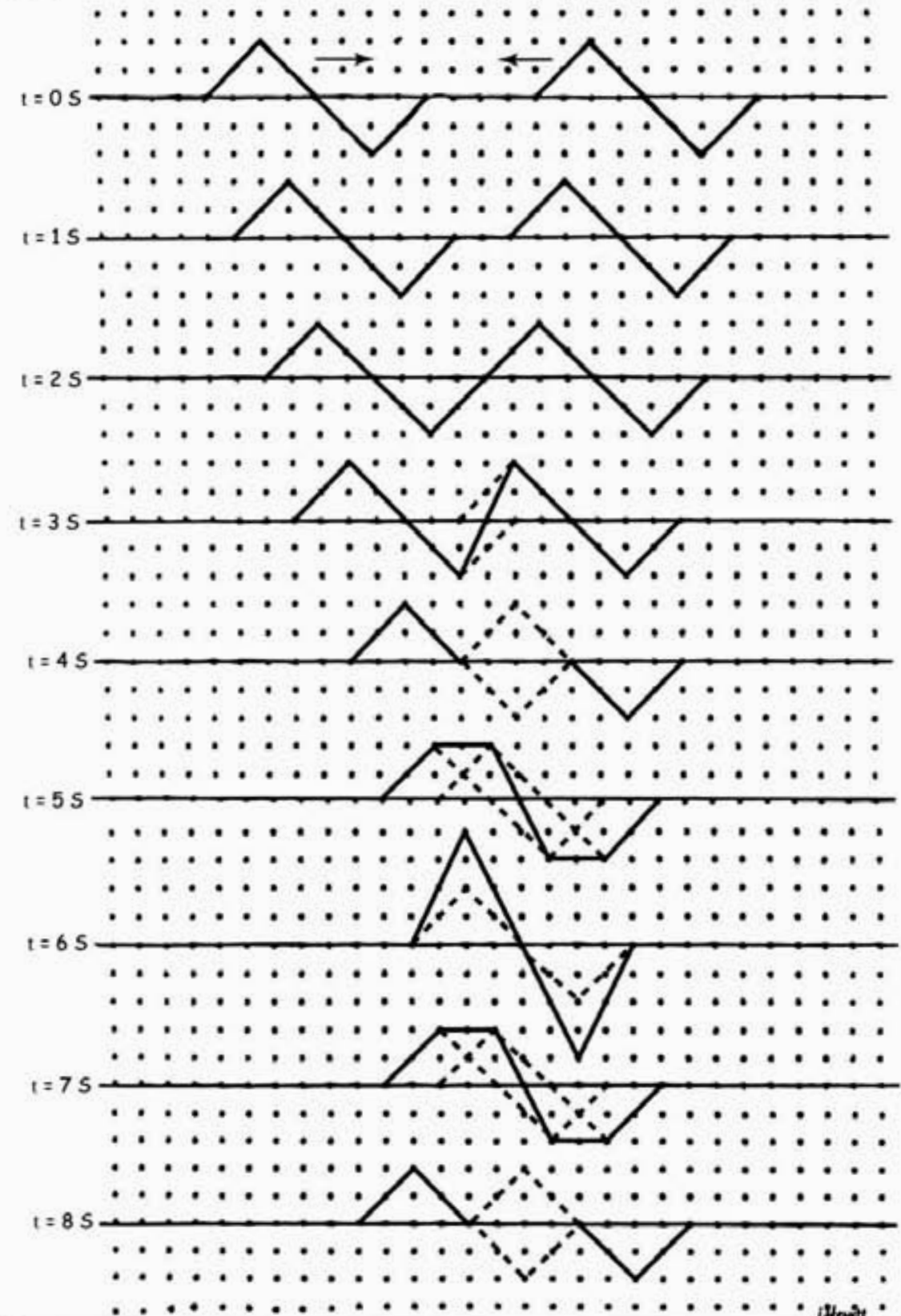
Gracias a Marshall Ellenstein

¡Hewitt lo dibujó!

Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

Traza las ondas compuestas a intervalos de 1 segundo, para las dos ondas que se acercan entre sí con iguales rapidez.



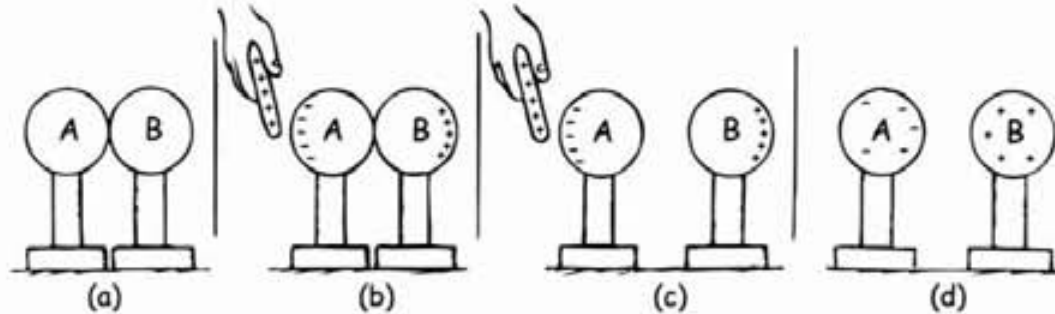
¡Hewitt lo dibujó!

Física CONCEPTUAL

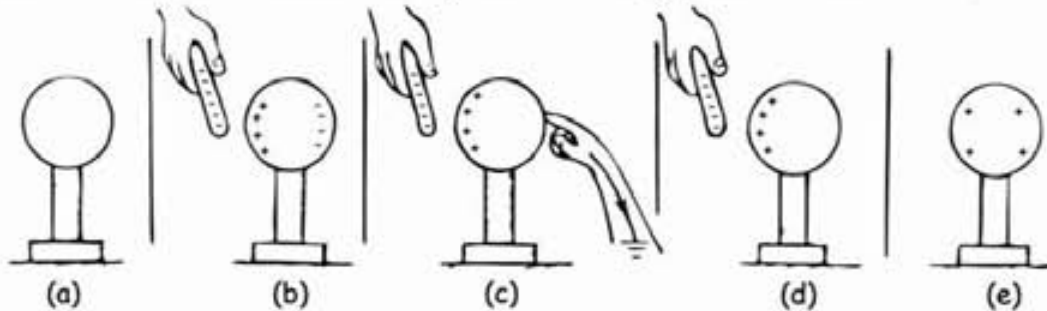
PÁGINA DE PRÁCTICA

Capítulo 22 Electrostática
Carga estática

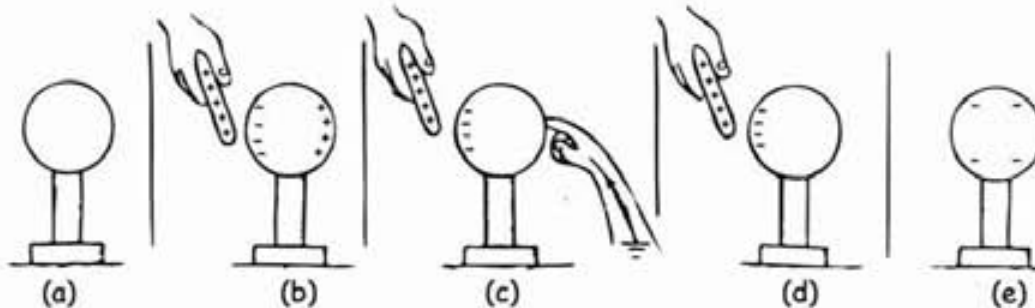
1. Examina los diagramas de abajo. (a) Un par de esferas metálicas aisladas, A y B, se tocan, por lo que de hecho forman un solo conductor sin carga. (b) Una barra con carga positiva se acerca a A, sin tocarla, y los electrones del metal de la esfera son atraídos hacia la barra. Se han redistribuido las cargas en las esferas, y se indica la carga negativa. Traza los signos + adecuados para indicar que son repelidos al extremo lejano de B. (c) Traza los signos de la carga en este caso, cuando las esferas están separadas pero la varilla continúa presente. (d) Después de que se ha eliminado la varilla. Tu trabajo completo se debería parecer al de la figura 21.7 del texto. Las esferas se han cargado por *inducción*.



2. Abajo se ve una sola esfera metálica aislada. (a), inicialmente sin carga. Cuando se acerca una barra con carga negativa en (b), las cargas se separan en el metal. Los electrones son repelidos al lado lejano. Cuando tocas la esfera con el dedo, como en (c), los electrones salen hacia la tierra, atravesando la mano. La esfera está "aterrizada". Observa la carga positiva que queda en (d), mientras que la barra todavía está presente y ya retiraste el dedo; y en (e) cuando la barra se quita. Es un ejemplo de *carga por inducción y conexión a tierra*. En este procedimiento, la barra negativa "da" una carga positiva a la esfera.



Los diagramas de abajo muestran un procedimiento similar con una barra positiva. Traza las cargas correctas en los diagramas.

iHewitt
lo dibujó!**Física** CONCEPTUAL

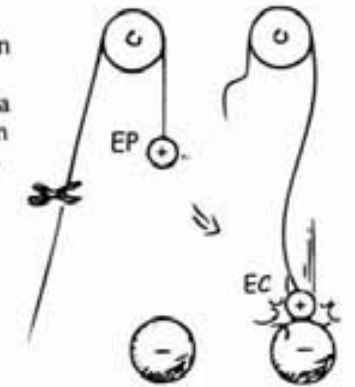
PÁGINA DE PRÁCTICA

Potencial eléctrico

1.



Así como la EP (energía potencial) se transforma en EC (energía cinética) en una masa que sube contra el campo gravitacional (izquierda), la EP eléctrica de una carga eléctrica se transforma en otras formas de energía cuando cambia de lugar en un campo eléctrico (derecha). Cuando se suelta, ¿cómo se compara la EC adquirida en cada caso con la disminución de EP?

**EC = disminución en EP.**

2. Completa las frases siguientes.



Una fuerza comprime el resorte. El trabajo efectuado en compresión es el producto de la fuerza promedio por la distancia recorrida. $W = Fd$. Este trabajo aumenta la EP del resorte.

De igual manera, una fuerza impulsa a la carga (digamos que es una carga de prueba) cercana a la esfera cargada. El trabajo efectuado al mover la carga de prueba es el producto de la fuerza promedio por la distancia recorrida.

$W = Fd$. Este trabajo aumenta la EP de la carga de prueba.

Si la carga de prueba se libera, será repelida y despedida más allá de su punto inicial. Su ganancia de EC en este punto es igual a su disminución de EP.

En cualquier punto, una mayor cantidad de carga de prueba equivale a una mayor cantidad de EP, pero no a una mayor cantidad de EP *por cantidad de carga*. Las cantidades EP (expresada en joules) y EP/carga (expresada en volts) son distintos conceptos.

Por definición: **potencial eléctrico** = EP/carga. 1 volt = 1 joule/1 coulomb.

3. Completa las frases siguientes.

EP ELÉCTRICA/CARGA TIENE EL NOMBRE ESPECIAL DE POTENCIAL ELÉCTRICO

COMO SE MIDE EN VOLTS, SE LE SUELE LLAMAR VOLTAJE



4. Si un conductor conectado a la terminal de un acumulador tiene un potencial de 12 volts, entonces cada coulomb de carga en el conductor tiene una EP de 12 J.
5. Algunas personas confunden la fuerza con la presión. Recuerda que la presión es fuerza *por unidad de área*. De igual modo, algunas personas se confunden con la EP eléctrica y el voltaje. De acuerdo con este capítulo, el voltaje es EP eléctrica por Carga.

iHewitt
lo dibujó!

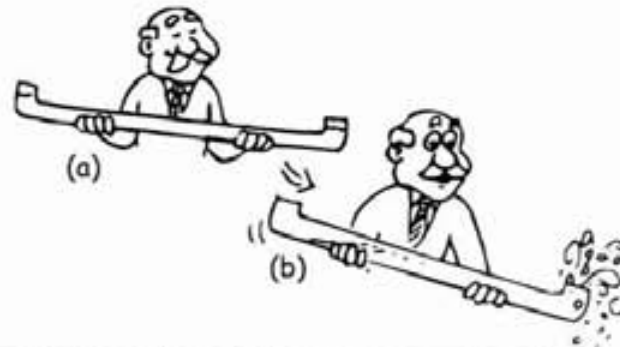
Nombre _____ Fecha _____

Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

Capítulo 23 Corriente eléctrica
Flujo de la carga

1. El agua no fluye en el tubo cuando (a) ambos extremos están al mismo nivel. Otra forma de decirlo es que el agua no fluye en el tubo cuando ambos extremos tienen la misma energía potencial (EP). De igual modo, la carga no fluye en un conductor si sus dos extremos tienen el mismo potencial eléctrico. Pero si inclinas el tubo de agua y aumentas la EP de un lado, para que haya una diferencia de EP entre los extremos del tubo, como en (b), entonces sí fluye el agua. De igual manera, si aumentas el potencial eléctrico de un extremo de un conductor para que haya una diferencia de potencial con el otro extremo, fluirá la carga.



- a. Las unidades de diferencia de potencial eléctrico son

(volts) (ampere) (ohms) (watts).

- b. Es común llamar, a la diferencia de potencial,

(voltaje) (amperaje) (watts).

- c. El flujo de carga eléctrica se llama

(voltaje) (corriente) (potencia)

eléctrico(a), y se expresa en

(volts) (ampere) (ohms) (watts).

UN VOLT ES UNA UNIDAD DE **POTENCIAL**
Y UN AMPERE ES UNA UNIDAD DE **CORRIENTE**

¿EL VOLTAJE CAUSA LA CORRIENTE,
O LA CORRIENTE CAUSA EL
VOLTAJE? ¿CUÁL ES LA CAUSA
Y CUÁL ES EL EFECTO?

Voltaje (la causa) produce corriente (el efecto).

2. Llena los espacios:

- a. Una corriente de 1 ampere es un flujo de carga que fluye a razón de un coulomb por segundo.

- b. Cuando una carga de 15 C atraviesa cualquier sección de un circuito cada segundo, la corriente es 15 A.

- c. Un volt es la diferencia de potencial entre dos puntos, si se necesita 1 joule de energía para mover un coulomb(s) de carga entre los dos puntos.

- d. Cuando se conecta una lámpara en un tomacorriente de 120 V, cada coulomb de carga que pasa por el circuito se eleva a una energía potencial de 120 joules.

- e. ¿Qué ofrece más resistencia al flujo de agua: un tubo ancho o un tubo angosto? El tubo angosto.
De igual modo ¿qué ofrece más resistencia al flujo de carga, un alambre grueso o un alambre delgado? El alambre delgado.

iHewitt
lo dibujó!

77

Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

Ley de Ohm

1. ¿Cuánta corriente pasa por un resistor de 1000 ohms cuando se imprimen 1.5 volts a través de él?

0.0015 A

2. Si la resistencia del filamento de un faro de automóvil es de 3 ohms, ¿cuántos ampere pasan cuando se conecta con un acumulador de 12 volts?

4 A

3. La resistencia de las luces direccionales de un automóvil es de 10 ohms. ¿Cuánta corriente pasa por ellas cuando se conectan a 12 volts?

1.2 A

4. ¿Cuál es la corriente en el serpentín de calentamiento de 30 ohms de una cafetera que trabaja en un circuito de 120 volts?

4 A

5. Durante una prueba con un detector de mentiras, se imprimen 6 V a través de dos dedos. Cuando se hace cierta pregunta, la resistencia entre los dedos baja de 400,000 ohms a 200,000 ohms. ¿Cuál es la corriente (a) inicial entre los dedos y (b) cuando baja la resistencia entre ellos?

(a) 0.000015 A (15 μ A) (b) 0.000030 A (30 μ A)

6. ¿Cuánta resistencia permite que un voltaje de 6 V produzca una corriente de 0.006 A?

1000 Ω

7. ¿Cuál es la resistencia de una plancha doméstica que toma 12 A de corriente a 120 V?

10 Ω

8. ¿Cuál es el voltaje a través de un elemento de circuito de 100 ohms por el que pasa una corriente de 1 A?

100 V

9. ¿Qué voltaje produce 3 A a través de un resistor de 15 ohms?

45 V

10. La corriente de una lámpara incandescente es de 0.5 A cuando se conecta a un circuito de 120 V, y 0.2 A cuando se conecta a una fuente de 10 V. ¿Cambia la resistencia de la lámpara en esos casos? Explica tu respuesta y defiéndela con valores numéricos.

Sí, la resistencia aumenta al aumentar la temperatura por la mayor corriente.
a 0.2 A, $R = \frac{10 \text{ V}}{0.2 \text{ A}} = 50 \Omega$; a 0.5 A, $R = \frac{120 \text{ V}}{0.5 \text{ A}} = 240 \Omega$ (bastante mayor).

$$\text{CORRIENTE} = \frac{\text{VOLTAJE}}{\text{RESISTENCIA}} \text{ o } I = \frac{V}{R}$$

USA LA LEY DE OHM, QUE SE VE EN EL TRIÁNGULO, PARA DETERMINAR LA CANTIDAD QUE DESEAS: CUBRE LA LETRA CON EL DEDO Y LAS DOS RESTANTES TE INDICAN LA FÓRMULA!

LOS CONDUCTORES Y LOS RESISTORES OPONEN RESISTENCIA A LA CORRIENTE QUE PASA POR ELLOS

Observa que el triángulo de arriba proporciona una clase de apoyo matemático

¡OHM SORPRESA!

iHewitt
lo dibujó!

78

Nombre _____ Fecha _____

Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

Capítulo 23 Corriente eléctrica
Potencia eléctricaRecuerda que la rapidez con que se convierte la energía de una forma a otra se llama *potencia*.

$$\text{potencia} = \frac{\text{energía convertida}}{\text{tiempo}} = \frac{\text{voltaje} \times \text{carga}}{\text{tiempo}} = \text{voltaje} \times \frac{\text{carga}}{\text{tiempo}} = \text{voltaje} \times \text{corriente}.$$

La unidad de potencia es el watt (o el kilowatt). Entonces, en unidades,

$$\text{potencia eléctrica (watts)} = \text{corriente (ampere)} \times \text{voltaje (volts)}$$

$$\text{donde } 1 \text{ watt} = 1 \text{ ampere} \times 1 \text{ volt.}$$



ES CIERTO ... VOLTAGE = $\frac{\text{ENERGÍA}}{\text{CARGA}}$, Y ENTONCES VOLTAGE $\times$ CARGA ...
Y $\frac{\text{TIEMPO}}{\text{CARGA}} = \text{CORRIENTE}$ ¡BIEN!

UNA BOMBILLA DE 100 WATTS
CONVIERTE LA ENERGÍA EN
CALOR Y EN LUZ CON MÁS RAPIDEZ
QUE UNA DE 25 WATTS. ¡ES LA
RAZÓN POR LA QUE CON EL MISMO
VOLTAGE, LA BOMBILLA DE 100
WATTS BRILLA MÁS QUE UNA DE
25 WATTS!

¿QUÉ TOMA MÁS CORRIENTE ...
LA BOMBILLA DE 100 WATTS
O LA DE 25 WATTS?

1. ¿Cuál es la potencia cuando 120 V hacen pasar 2 A de corriente a través de un dispositivo?

240 W

2. ¿Cuál es la corriente cuando se conecta una lámpara de 60 W en 120 V?

0.5 A

3. ¿Cuánta corriente toma una lámpara de 100 W al conectarla a 120 V?

0.83 A

4. Si una parte de un circuito eléctrico disipa energía a la tasa de 6 W, cuando pasa por él una corriente de 3 A, ¿qué voltaje se le aplica?

2 V

5. La ecuación

$$\text{potencia} = \frac{\text{energía convertida}}{\text{tiempo}}$$

cuando se reordena es

$$\text{energía convertida} = \text{Potencia} \times \text{tiempo}$$

6. Explica la diferencia entre un kilowatt y un kilowatt-hora.

Un kilowatt es una unidad de potencia; el kw-hr es una unidad de energía (potencia $\times$ tiempo).

7. Un artificio antirrobo es dejar encendida siempre la lámpara de la entrada. Si la lámpara tiene una bombilla de 60 W y 120 V, y la empresa eléctrica vende la energía a 10 ¢ por kilowatt-hora, ¿cuánto costará dejar encendida la lámpara durante todo el mes? Haz los cálculos en la parte posterior de esta página.

$$E = P \times t = 60 \text{ W} \times 1 \text{ mes} \times \frac{30 \text{ días}}{1 \text{ mes}} \times \frac{24 \text{ h}}{1 \text{ día}} \times \frac{1 \text{ kw}}{1000 \text{ W}} = 43.2 \text{ kw h}$$

Se multiplica por 0.10/kwh = 4.32 dólares

¡Hewitt lo dibujó!

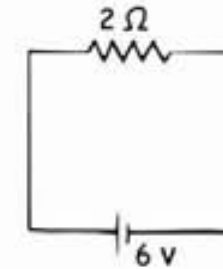
Nombre _____ Fecha _____

Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

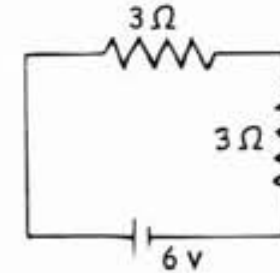
Capítulo 23 Corriente eléctrica
Circuitos en serie

1. En el circuito de la derecha, un voltaje de 6 V impulsa a la carga a través de un solo resistor de 2 Ω . Según la ley de Ohm, la corriente en el resistor (y en consecuencia en todo el circuito) es de 3 A.



LA RESISTENCIA EQUIVALENTE DE RESISTORES EN SERIE NO ES MÁS QUE LA SUMA DE ELLOS!

- 2.



Si se conectan dos lámparas idénticas, como se ve a la izquierda, la batería de 6 V debe impulsar la carga a través de una resistencia total de 6 Ω . Entonces, la corriente en el circuito es 1 A.

3. La resistencia equivalente de tres resistores de 4 Ω en serie es 12 Ω .

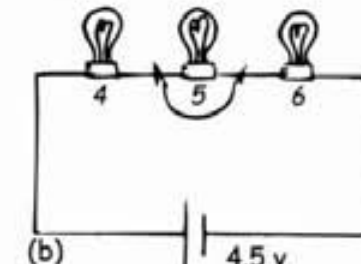
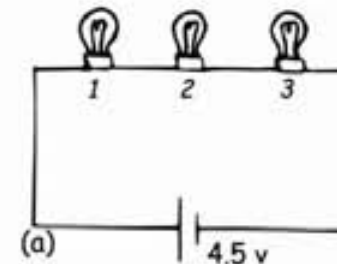
4. ¿La corriente fluye por un resistor o sólo a través de los extremos de un resistor? Por.

¿El voltaje es establecido por un resistor o a través de un resistor? A través.

5. La corriente, ¿pasa en forma simultánea por todas las lámparas o primero la carga pasa por una lámpara, después por la segunda y finalmente por la última?

Al mismo tiempo (rapidez de la luz).

6. Los circuitos (a) y (b) abajo son idénticos, y todas las bombillas tienen igual potencia (y en consecuencia igual resistencia). La única diferencia entre los circuitos es que la bombilla 5 tiene un cortocircuito, como se indica.



- a. ¿En cuál circuito es mayor la corriente? b
- b. ¿En cuál circuito las tres bombillas tienen igual brillo? a
- c. ¿Cuáles bombillas son las más brillantes? 4 y 6
- d. ¿Cuál bombilla es la menos brillante? 5 (no se enciende).
- e. ¿Cuáles bombillas tienen la mayor caída de voltaje a través de ellas? 4 y 6 (2.25 V c/u).
- f. ¿Cuál circuito disipa más potencia? b (mayor corriente, igual voltaje).
- g. ¿Cuál circuito produce más luz? b (mayor potencia).

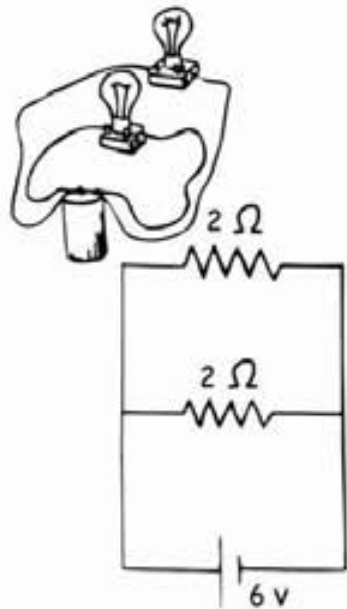
¡Hewitt lo dibujó!

Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

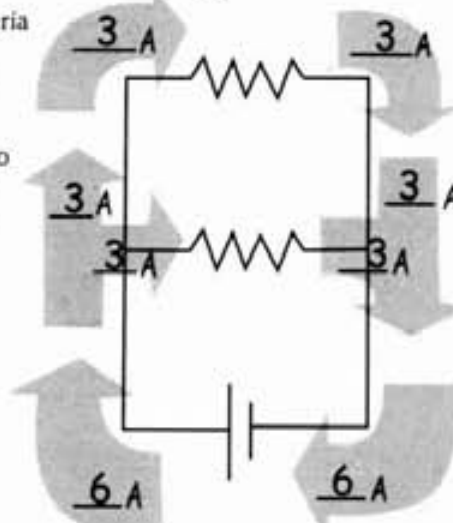
Circuitos en paralelo

1. En el circuito de abajo hay una caída de voltaje de 6 V a través de cada resistor de $2\ \Omega$.

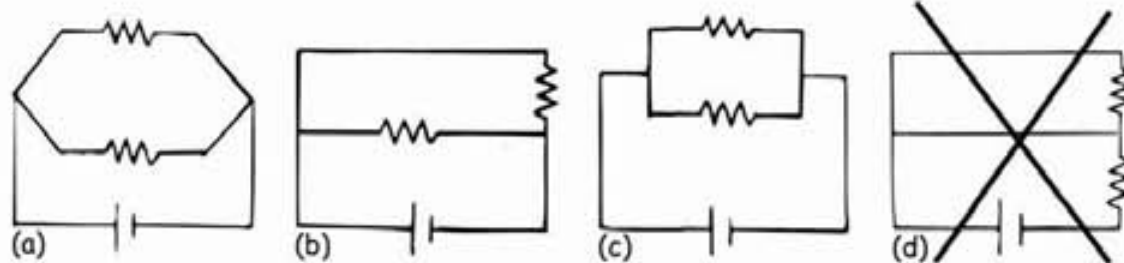


- a. De acuerdo con la ley de Ohm, la corriente en cada resistor es 3 A.
- b. La corriente a través de la batería es la suma de las corrientes en los resistores: 6 A.
- c. Escribe la corriente en los ocho espacios vacíos, en la vista del mismo circuito que se muestra de nuevo a la derecha.

LA SUMA DE LAS CORRIENTES EN LAS DOS TRAVECTORIAS ES IGUAL A LA CORRIENTE ANTES DE DIVIDIRSE

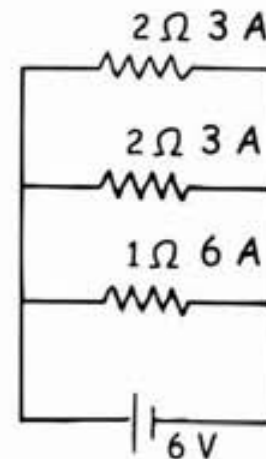


2. Cruza el circuito de abajo que no es equivalente al circuito de arriba.



3. Examina el circuito en paralelo de la derecha.

- a. La caída de voltaje a través de cada resistor es de 6 V.
- b. La corriente en cada ramal es:
resistor de $2\ \Omega$ 3 A
resistor de $2\ \Omega$ 3 A
resistor de $1\ \Omega$ 6 A.
- c. La corriente que pasa por la batería es igual a la suma de las corrientes, es decir, 12 A.
- d. La resistencia equivalente del circuito es igual a 0.5 Ω .



LA RESISTENCIA EQUIVALENTE DE UN PAR DE RESISTORES EN PARALELO ES SU PRODUCTO DIVIDIDO ENTRE SU SUMA!

¡Heurtt lo dibujó!

Nombre _____

Fecha _____

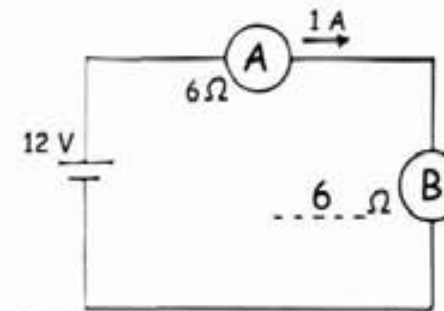
Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

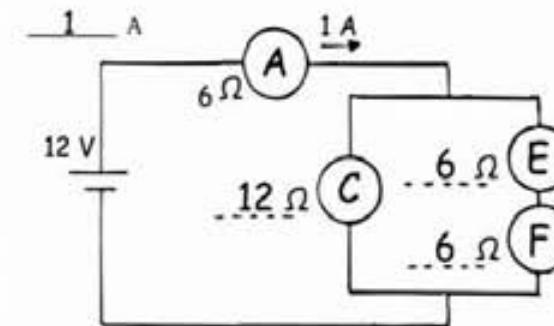
Capítulo 23 Corriente eléctrica Resistencia de un circuito

Todos los circuitos de abajo tienen la misma lámpara A, con $6\ \Omega$ de resistencia y la misma batería de 12 V, con resistencia despreciable. Las resistencias desconocidas, de las lámparas B a L, son tales que la corriente en la lámpara A siempre es de 1 ampere.

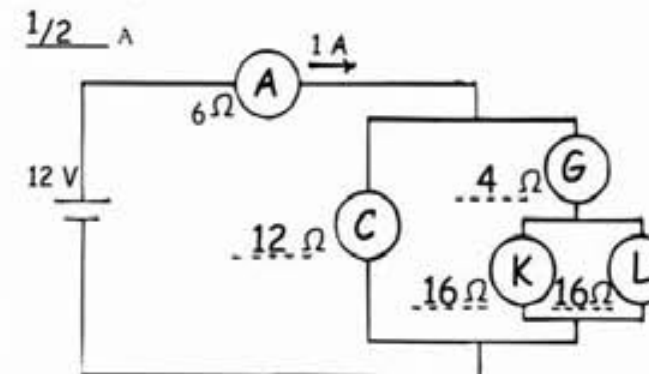
Calcula cuáles son las resistencias y escribe sus valores en los espacios a la izquierda de cada lámpara



Circuito 1: ¿Cuánta corriente pasa por la batería?

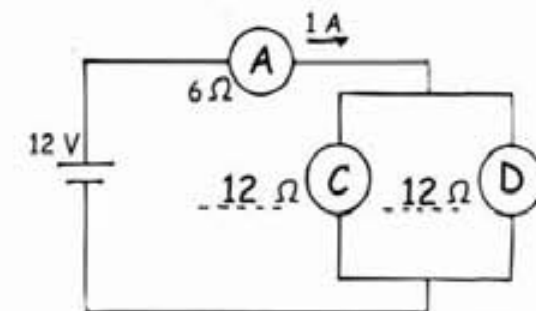


Circuito 3: En este caso, las lámparas idénticas E y F sustituyen a la lámpara D. La corriente por la lámpara C es



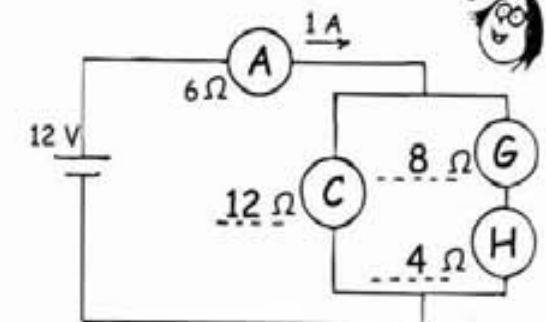
La resistencia equivalente de un circuito, es el valor de una sola resistencia que sustituya a todos los resistores del circuito para producir la misma carga en la batería. ¿Cómo se comparan las resistencias equivalentes de los circuitos 1 a 5?

Todas iguales, $12\ \Omega$ (deben serlo para que pase la misma corriente de 1 A por la batería).



Circuito 2: Las lámparas C y D son idénticas. La corriente por la lámpara D es

1/2 A Regla fácil: Para un par de resistores en paralelo:
Resistencia equivalente = $\frac{\text{producto de las resistencias}}{\text{suma de las resistencias}}$



Circuito 4: En este caso, las lámparas G y H sustituyen a las lámparas E y F, y la resistencia de la lámpara G es el doble de la lámpara H. La corriente por la lámpara H es

1/2 A

Circuito 5: Las lámparas K y L idénticas sustituyen a la lámpara H. La corriente por la lámpara L es

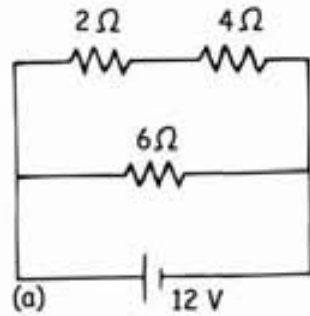
1/4 A

¡Heurtt lo dibujó!

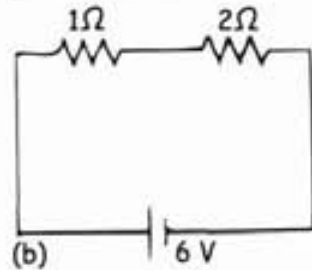
Potencia eléctrica

La tabla junto al circuito (a) de abajo muestra la corriente que pasa por cada resistor, el voltaje a través de cada resistor y la potencia disipada en forma de calor, en cada resistor. Calcula los valores correspondientes en los circuitos (b), (c) y (d), y escribe tus respuestas en las tablas.

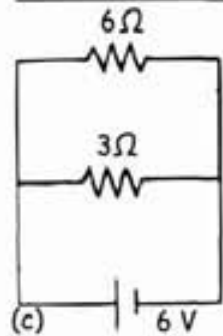
$$\text{Corriente por cada ramal} = \frac{\text{Caída de voltaje a través del ramal}}{\text{resistencia equivalente del ramal}}$$



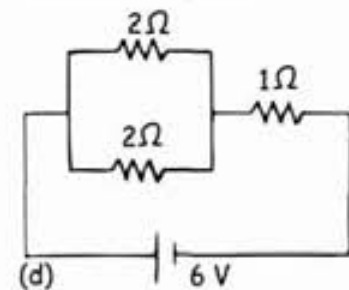
RESISTENCIA	CORRIENTE	x	VOLTAJE	=	POTENCIA
2 Ω	2 A		4 V		8 W
4 Ω	2 A		8 V		16 W
6 Ω	2 A		12 V		24 W



RESISTENCIA	CORRIENTE	x	VOLTAJE	=	POTENCIA
1 Ω	2 A		2 V		4 W
2 Ω	2 A		4 V		8 W



RESISTENCIA	CORRIENTE	x	VOLTAJE	=	POTENCIA
6 Ω	1 A		6 V		6 W
3 Ω	2 A		6 V		12 W



RESISTENCIA	CORRIENTE	x	VOLTAJE	=	POTENCIA
2 Ω	1.5 A		3 V		4.5 W
2 Ω	1.5 A		3 V		4.5 W
1 Ω	3 A		3 V		9 W

Observa que la potencia total que disipan los resistores en un circuito es igual a la potencia suministrada por la batería.

(voltaje de la batería x corriente por la batería)

¡Hewitt lo dibujó!

Capítulo 24 Magnetismo
Fundamentos magnéticos

Escribe la palabra adecuada en cada espacio.

1. La atracción o la repulsión entre las cargas depende de sus signos, positivos o negativos. La atracción o la repulsión en los imanes depende de sus polos magnéticos: norte o sur.

2. Los polos opuestos se atraen; los polos iguales se repelen.

3. Una carga eléctrica en movimiento produce un campo magnético.

4. Los grupos de átomos alineados magnéticamente son dominios magnéticos.

5. Un campo magnético rodea a un alambre que conduce corriente.

6. Cuando se forma una bobina con un alambre con corriente, alrededor de una pieza de hierro, el resultado es un electroimán.

7. Una partícula cargada que se mueve en un campo magnético está sometida a una fuerza deflectora que es máxima cuando la carga se mueve perpendicular al campo.

8. Un conductor con corriente está sometido a una fuerza deflectora que es máxima cuando el alambre y el campo magnético son perpendiculares entre sí.

9. Un instrumento sencillo para detectar una corriente eléctrica es el galvanómetro; cuando se calibra para medir corriente, es un amperímetro y cuando se calibra para medir voltaje es un voltímetro.

10. El imán más grande del mundo es el mismo mundo (la Tierra).

¡TIENES UNA PERSONALIDAD MAGNÉTICA!

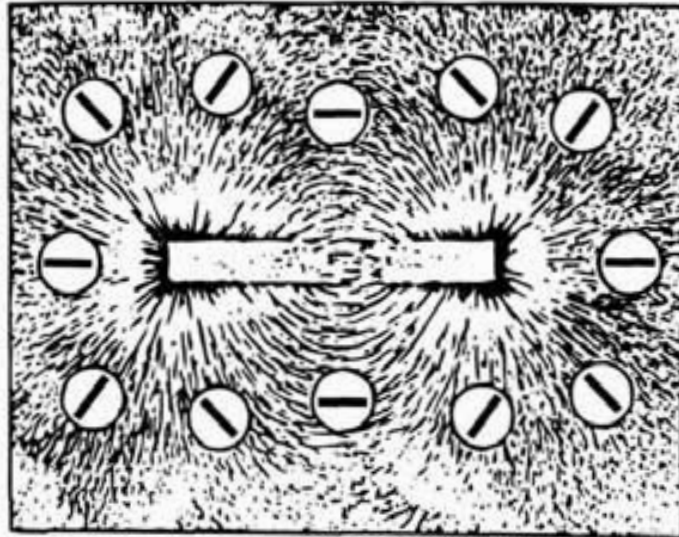


¡Hewitt lo dibujó!

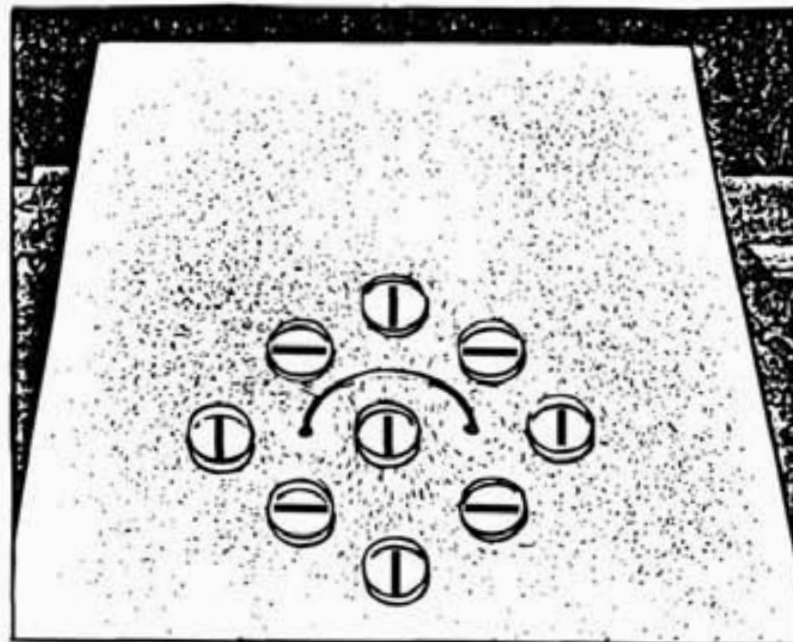
Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

11. La ilustración de abajo es parecida a la figura 24.2 de tu libro de texto. Las limaduras de hierro trazan los patrones de las líneas del campo magnético cerca de un imán recto. En el campo hay algunas brújulas. Sólo se muestra la aguja de una brújula. Dibuja las agujas, con su orientación correcta, en las demás brújulas.



12. La ilustración de abajo se parece a la figura 24.10 (centro) de tu libro. Las limaduras de hierro trazan el campo magnético en torno a la espira de alambre con corriente. Traza las orientaciones de todas las brújulas.

iHewitt
lo dibujó!

Nombre _____

Fecha _____

Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

Capítulo 25 Inducción electromagnética
Ley de Faraday

1. Hans Christian Oersted descubrió que el magnetismo y la electricidad

(se relacionan) (son independientes entre sí).

El magnetismo es producido por

(baterías) (el movimiento de cargas eléctricas).



Faraday y Henry descubrieron que la corriente eléctrica se puede producir con

(baterías) (el movimiento de un imán).

En forma más específica, se induce voltaje en una espira de alambre si hay un cambio en

(las baterías) (el campo magnético en la espira).

A este fenómeno se le llama

(electromagnetismo) (inducción electromagnética).

2. Cuando un imán se introduce y se saca en una bobina de alambre, en la bobina se induce un voltaje. Si la rapidez del movimiento de entrada y salida de la bobina sube al doble, el voltaje inducido

(sube al doble) (baja a la mitad) (permanece igual).

Pero si en lugar de ello la cantidad de vueltas en la bobina sube al doble, el voltaje inducido

(sube al doble) (baja a la mitad) (permanece igual).

3. Un campo magnético que cambia rápidamente en cualquier región del espacio induce un

(campo eléctrico) (campo magnético) (campo gravitacional).

que cambia con rapidez, y que a su vez induce un

(campo magnético) (campo eléctrico) (campo de béisbol).

La generación y regeneración de los campos eléctricos y magnéticos forman

(ondas electromagnéticas) (ondas sonoras) (las dos clases de onda).

iHewitt
lo dibujó!

Transformadores

Imagina un transformador sencillo que tiene una bobina primaria de 100 vueltas y una secundaria de 1000 vueltas. El primario está conectado con una fuente de ca de 120 V, y el secundario se conecta con un aparato eléctrico con 1000 ohms de resistencia.



1. ¿Cuál será la salida del voltaje en el secundario?

1200 V

2. ¿Qué corriente pasa por el circuito secundario?

1.2 A

3. Ahora que ya conoces el voltaje y la corriente ¿cuál es la potencia en la bobina secundaria?

1440 W

4. Despreciando las pequeñas pérdidas por calentamiento y reconociendo que la energía se conserva,

¿cuál es la potencia en la bobina primaria? 1440 W

5. Ahora que ya conoces la potencia y el voltaje a través de la bobina primaria ¿cuál es la corriente que pasa por ella? 12 A

Encierra en un círculo la respuesta correcta.

6. Los resultados indican que el voltaje (aumentó) (bajó) del primario al secundario, y que en consecuencia la corriente (aumentó) (bajó).

7. Para un transformador de subida, hay (más) (menos) vueltas en el devanado secundario que en el primario. Para ese transformador hay (más) (menos) corriente en el secundario que en el primario.

8. Un transformador puede subir (el voltaje) (la energía y la potencia), pero de ninguna manera puede subir (el voltaje) (la energía y la potencia).

9. Si se usan 120 V para energizar un tren eléctrico de juguete que funciona con 6 V, entonces se debe usar un transformador (de subida) (de bajada) que tenga una relación de (1/20) (20/1).

10. Un transformador funciona con (cd) (ca) porque el campo magnético dentro del núcleo de hierro debe (cambiar continuamente) (permanecer constante).

¡LA ELECTRICIDAD Y EL
MAGNETISMO SE UNEN PARA
TRANSFORMARSE EN LUZ!

¡Hewitt
lo dibujó!

Capítulo 26 Propiedades de la luz
Rapidez, longitud de onda y frecuencia

1. Olaus Roemer, astrónomo danés, en 1675 investigó y obtuvo por primera vez la rapidez de la luz. Hizo mediciones cuidadosas del periodo de Io, que es una luna en órbita en torno a Júpiter, y se sorprendió al encontrar una irregularidad en el periodo de Io. Cuando la Tierra se alejaba de Júpiter, determinó que los periodos se alargaban un poco respecto al promedio. Cuando la Tierra se acercaba a Júpiter, se acortaban respecto al promedio. Roemer estimó que la discrepancia acumulada era de unos 16.5 minutos. En interpretaciones posteriores se demostró que lo que sucede es que la luz tarda unos 16.5 minutos en recorrer la distancia adicional de 300,000,000 kilómetros que cruza la órbita de la Tierra. ¡Ajá! ¡Con esta información se puede calcular la rapidez de la luz!

- a. Escribe una expresión para calcular la rapidez en función de la distancia recorrida y el tiempo empleado en recorrer esa distancia.

300,000,000 km

- b. Con los datos de Roemer, y convirtiendo 16.5 minutos a segundos, calcula la rapidez de la luz. (¡Ese resultado no fue tan malo para su época!)

16.5 min x 60 s = 990 s
1 min

2. Estudia la figura 26.3 del libro de texto y contesta lo siguiente:

- a. ¿Cuál tiene mayor *longitud de onda*, las ondas de radio o las ondas de la luz visible?

Ondas de radio

- b. ¿Cuál tiene mayor *longitud de onda*, las ondas de la luz visible o las ondas de los rayos gamma?

Ondas luminosas

- c. ¿Cuáles ondas tienen mayores *frecuencias*, las ultravioleta o las de infrarrojo?

Ondas ultravioleta

- d. ¿Cuáles ondas tienen mayores *frecuencias*, las ultravioleta o las de rayos gamma?

Rayos gamma

3. Estudia con cuidado la sección de "Materiales transparentes" en tu libro, y contesta lo siguiente:

- a. Exactamente, ¿qué emiten los electrones que vibran?

La energía que constituye la onda electromagnética

- b. Cuando el vidrio se ilumina con luz ultravioleta, ¿qué sucede a los electrones en la estructura del vidrio?

Los rayos UV* hacen vibrar a los electrones en resonancia con ellos.

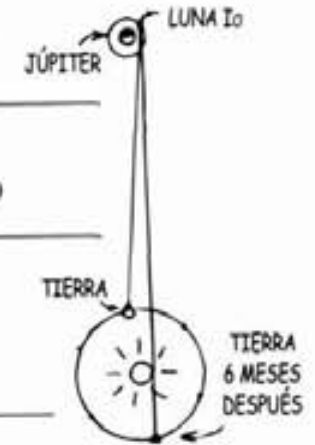
* ultravioleta

- c. Cuando los electrones energéticos en la estructura del vidrio vibran y chocan con los átomos vecinos, ¿qué sucede con su energía de vibración?

Se transforma en energía térmica (calor)

- d. ¿Qué sucede con la energía de un electrón que vibra y no choca con los átomos vecinos?

Se emite en forma de luz



¡Hewitt
lo dibujó!

Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

e. ¿Qué intervalo de frecuencias tiene la luz, visible o ultravioleta, que se absorbe en el vidrio?
Ultravioleta.

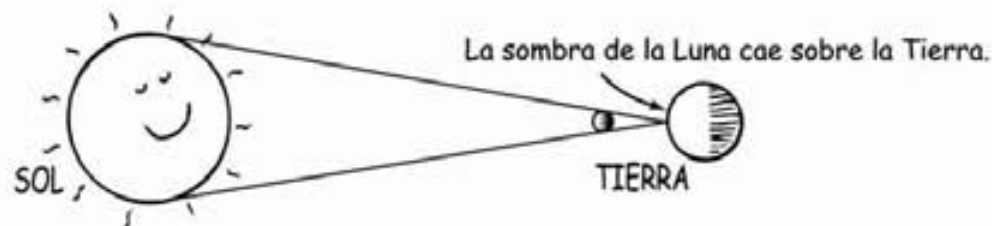
f. ¿Qué intervalo de frecuencias tiene la luz, visible o ultravioleta, que se transmite en el vidrio?
Visible.

g. ¿Cómo se afecta la rapidez de la luz en el vidrio por la sucesión de demoras que acompaña a la absorción y reemisión de ella, de un átomo en el vidrio al siguiente?
La rapidez promedio de la luz en el vidrio es menor que en el aire.

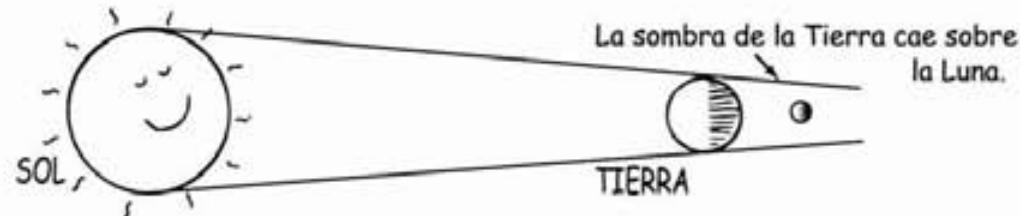
h. ¿Cómo se comparan las rapidez de la luz en el agua, el vidrio y el diamante?
La rapidez de la luz es $0.75c$ en el agua y $0.41c$ en un diamante.

4. El Sol normalmente brilla en la Tierra y en la Luna. Ambos cuerpos producen sombras. A veces, la sombra de la Luna cae sobre la Tierra, y otras veces la sombra de la Tierra cae sobre la Luna.

a. El esquema muestra al Sol y la Tierra. Traza la Luna en una posición en que produzca un eclipse solar.

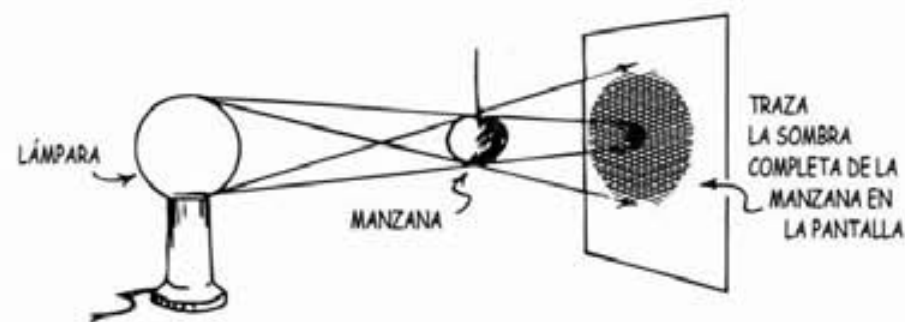


b. Este esquema también muestra al Sol y a la Tierra. Traza la Luna en una posición de eclipse lunar.



5. El diagrama muestra los límites de los rayos de luz cuando una lámpara grande forma la sombra de un objeto pequeño en una pantalla. Haz un esquema de la sombra en la pantalla, sombreando más la umbra que la penumbra. ¿En qué parte de la sombra una hormiga podría ver parte de la lámpara?

Penumbra.

iHewitt
lo dibujó!

Nombre _____

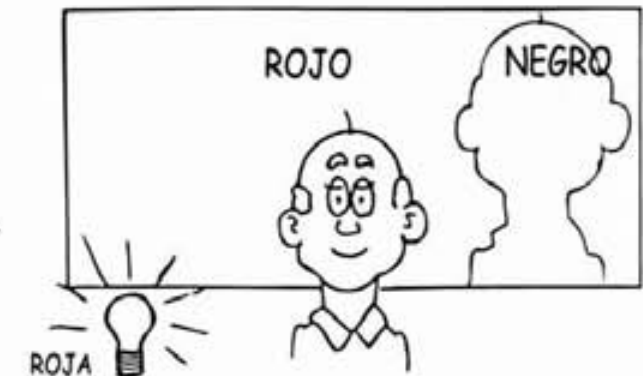
Fecha _____

Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

Capítulo 27 Color
Adición de color

El esquema de la derecha muestra la sombra de un profesor frente a una pantalla blanca, en un cuarto oscuro. La fuente luminosa es roja, por lo que la pantalla se ve roja y la sombra se ve negra. Ilumina el esquema o indica en él los colores, con pluma o lápiz.



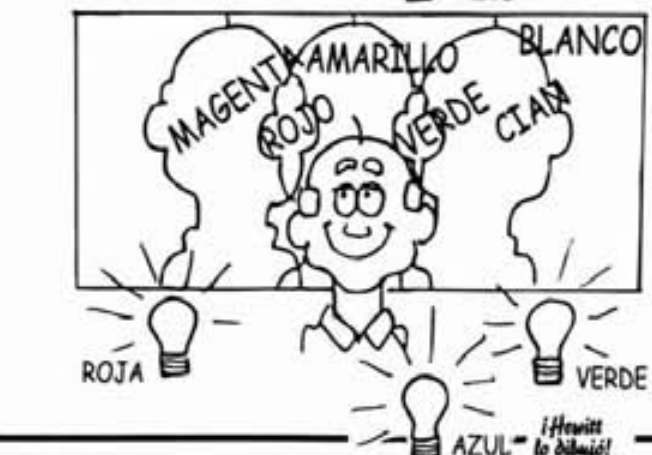
Se agrega una lámpara verde, que forma una segunda sombra. La sombra producida por la lámpara roja ya no es negra, sino que está iluminada con luz verde. Iluminala o márcala con verde. La sombra que produce la lámpara verde no es negra, porque está iluminada por la lámpara roja. Indica su color. Haz lo mismo con el fondo, que recibe una mezcla de luces roja y verde.



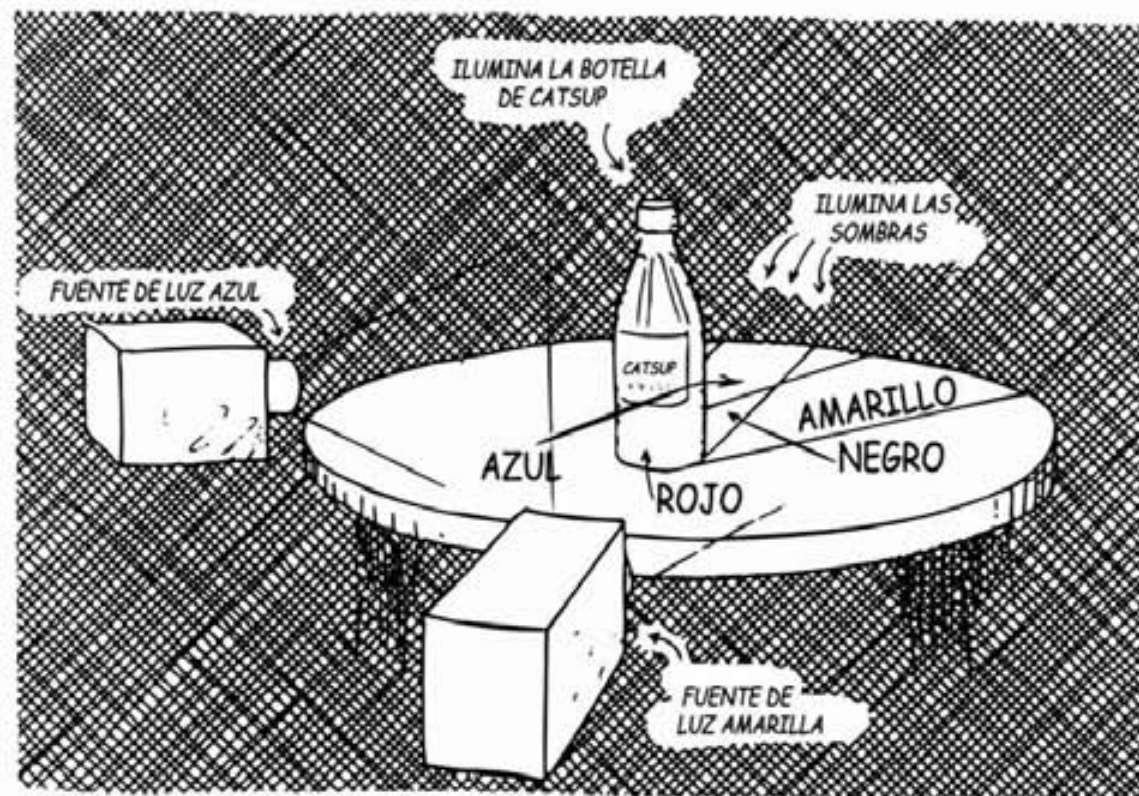
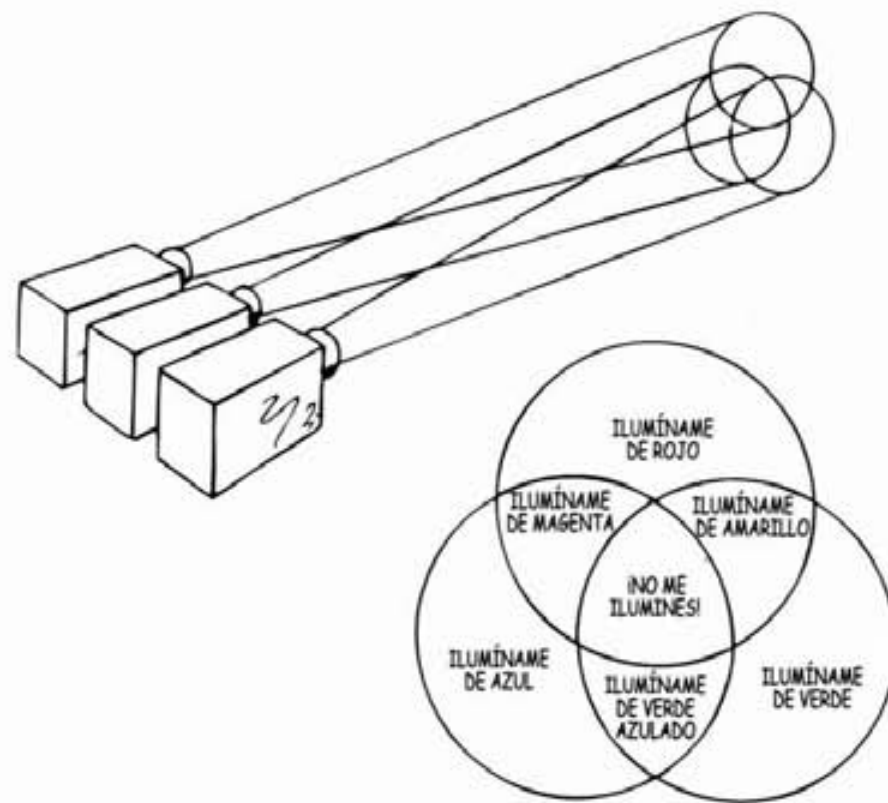
Se agrega una lámpara azul y aparecen tres sombras. Ilumina las sombras y el fondo con los colores adecuados.



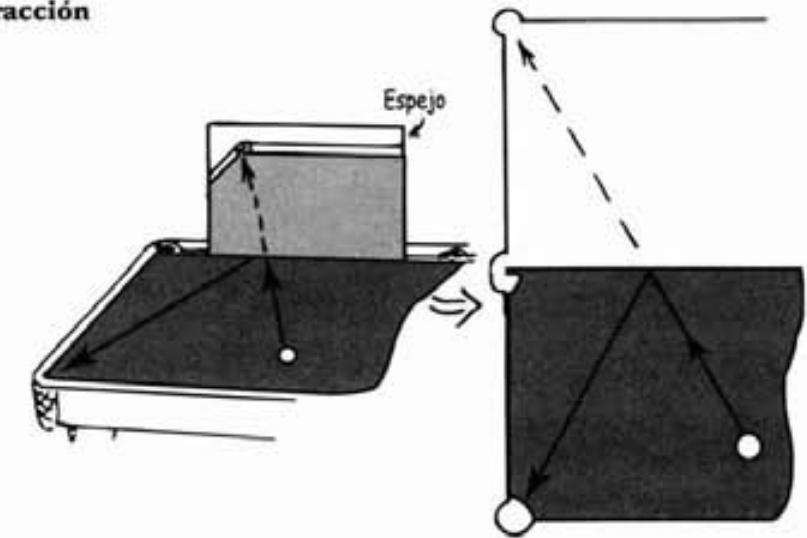
Las lámparas se acercan entre sí, y las sombras se traslapan. Indica los colores en todas las zonas de la pantalla.

iHewitt
lo dibujó!

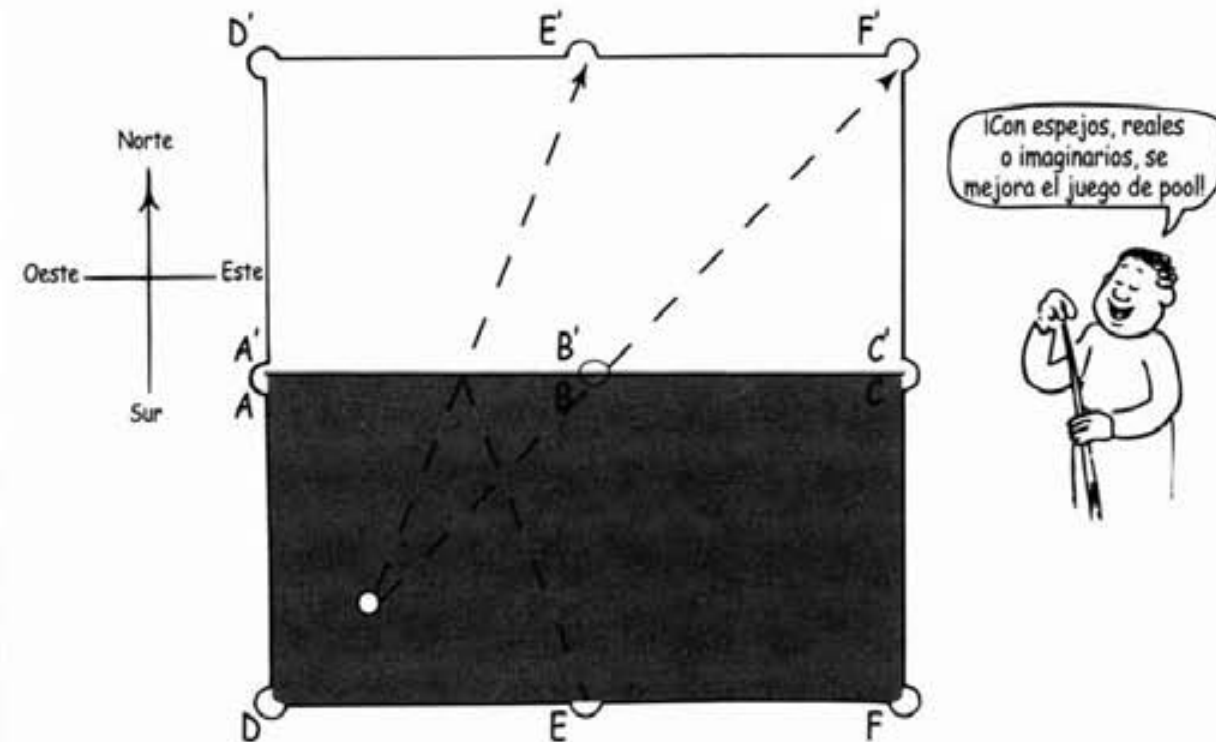
Si tienes marcadores de color, úsalos.

¡Hazlo
lo dibujó!**Capítulo 28 Reflexión y refracción**
Óptica del billar

La ley óptica de la reflexión es útil para jugar pool. Una bola que rebota en las bandas se comporta como un fotón que se refleja en un espejo. Como se ve en el esquema, las trayectorias en ángulo se transforman en rectas cuando se ven con espejos. El diagrama de la derecha muestra una vista superior de la tirada, con una región "reflejada" desdoblada o aplanada. Observa que la trayectoria en ángulo sobre la mesa parece como línea recta (la línea punteada) en la región reflejada.



1. Se debe hacer un tiro de una banda: la bola a la banda norte y después a la buchaca E.



- a. Usa el método del espejo para trazar una trayectoria recta a la E' reflejada. A continuación traza la trayectoria real a E.
- b. Sin usar golpes excéntricos u otros trucos, una tirada de rebote en la orilla norte. ¿puede poner la bola en la buchaca F de la esquina? NO; iría a B!. Indica por qué usas o no usas el diagrama.

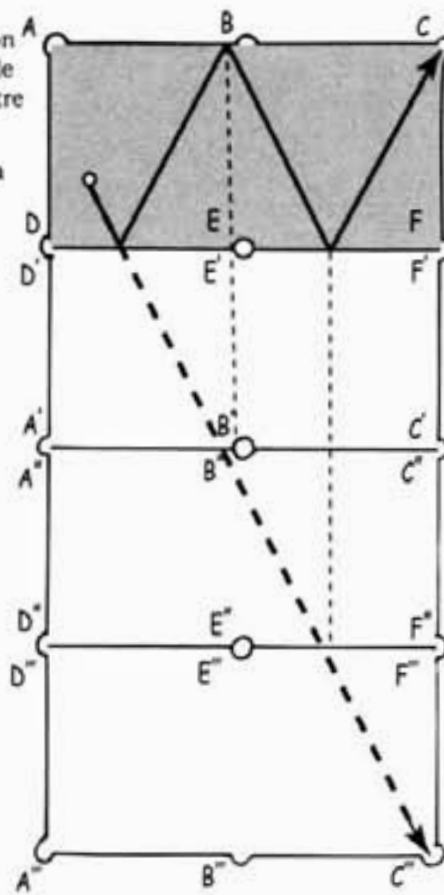
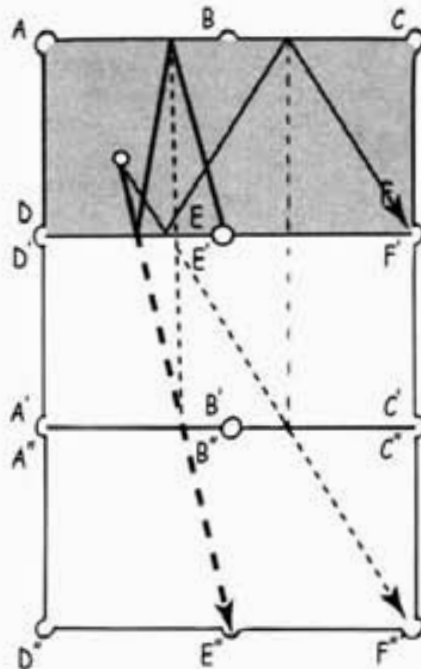
¡Hazlo
lo dibujó!

Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

2. Abajo se ve un tiro de dos bandas (dos reflexiones) hasta la buchaca de la esquina F. En este caso se usan dos regiones con espejo. Observa la visual recta a F*, y la forma en que coincide el punto de impacto en la banda norte con la intersección entre B* y C*.

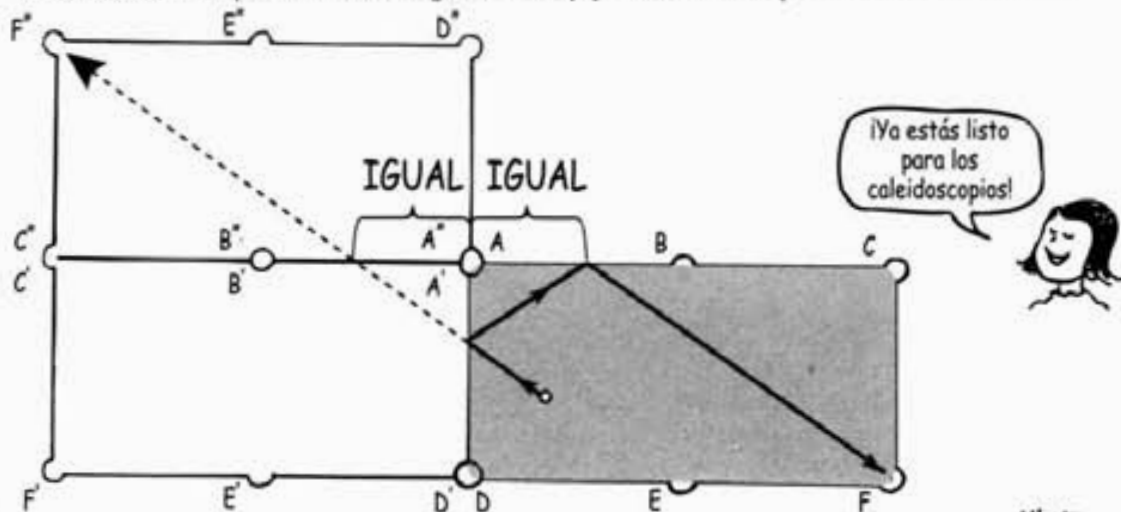
- a. Traza la trayectoria similar para un tiro de dos bandas para meter la bola en la buchaca E.



3. En la mesa de arriba a la derecha, se hará un tiro de tres bandas para mandar la bola a la buchaca C, rebotando primero contra la banda sur, después con la norte y después de nuevo con la sur, para llegar a la buchaca C.

- a. Traza la trayectoria (traza primero la línea punteada única hasta C*).
b. Traza la trayectoria de un tiro a tres bandas para meter la bola en la buchaca B.

4. Ahora trataremos de hacer bandas en lados adyacentes de la mesa. Trata de hacer un tiro de dos bandas para llegar a la buchaca F (primero rebotando en la banda oeste, después en la banda norte y terminando en F). Observa cómo permiten las dos regiones con espejo mostrar una trayectoria recta desde la bola hasta F*.



¡Ya estás listo para los caleidoscopios!



¡Hewitt lo dibujó!

Nombre _____

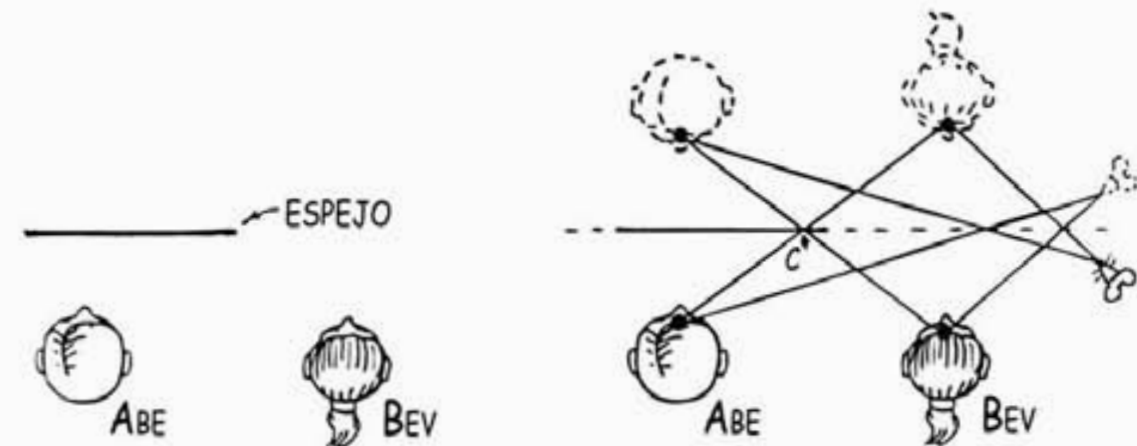
Fecha _____

Física CONCEPTUAL

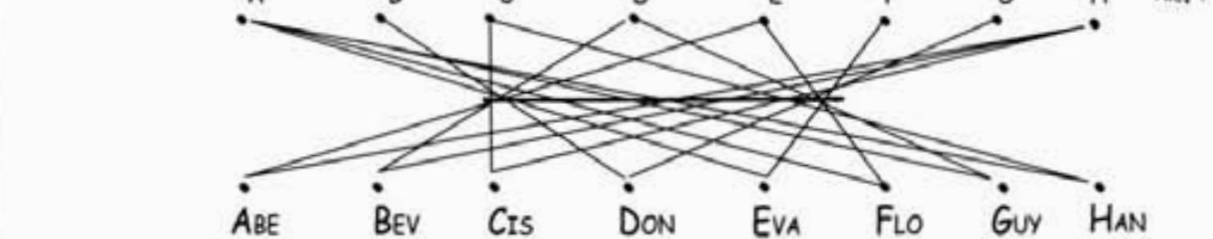
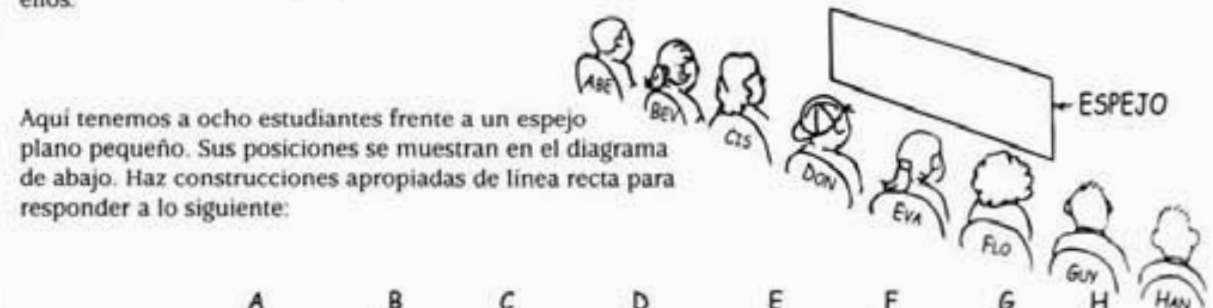
PÁGINA DE PRÁCTICA

Capítulo 28 Reflexión y refracción

Reflexión



Abe y Bev se ven en un espejo que está directamente frente a Abe (arriba, izquierda). Abe se puede ver en el espejo, pero Bev no. Pero, ¿puede Abe ver a Bev y puede Bev ver a Abe? Para determinar la respuesta se trazaron sus lugares artificiales "detrás" del espejo, a la misma distancia a la que se encuentran Abe y Bev frente a él (arriba, derecha). Si las conexiones con rectas cruzan el espejo, como en el punto C, quiere decir que uno ve al otro. Por ejemplo, el ratón no puede ver a Abe ni a Bev en el espejo, ni puede ser visto por ellos.



¿A quién puede ver Abe?	EVA, FLO, GUY, HAN	¿A quién no puede ver Abe?	ABE → DON
¿A quién puede ver Bev?	DON → HAN	¿A quién no puede ver Bev?	ABE → CIS
¿A quién puede ver Cis?	CIS → HAN	¿A quién no puede ver Cis?	ABE, BEV
¿A quién puede ver Don?	BEV → GUY	¿A quién no puede ver Don?	ABE, HAN
¿A quién puede ver Eva?	ABE → FLO	¿A quién no puede ver Eva?	GUY, HAN
¿A quién puede ver Flo?	ABE → EVA	¿A quién no puede ver Flo?	FLO, GUY, HAN
¿A quién puede ver Guy?	ABE → DON	¿A quién no puede ver Guy?	EVA → HAN
¿A quién puede ver Han?	ABE, BEV, CIS	¿A quién no puede ver Han?	DON → HAN

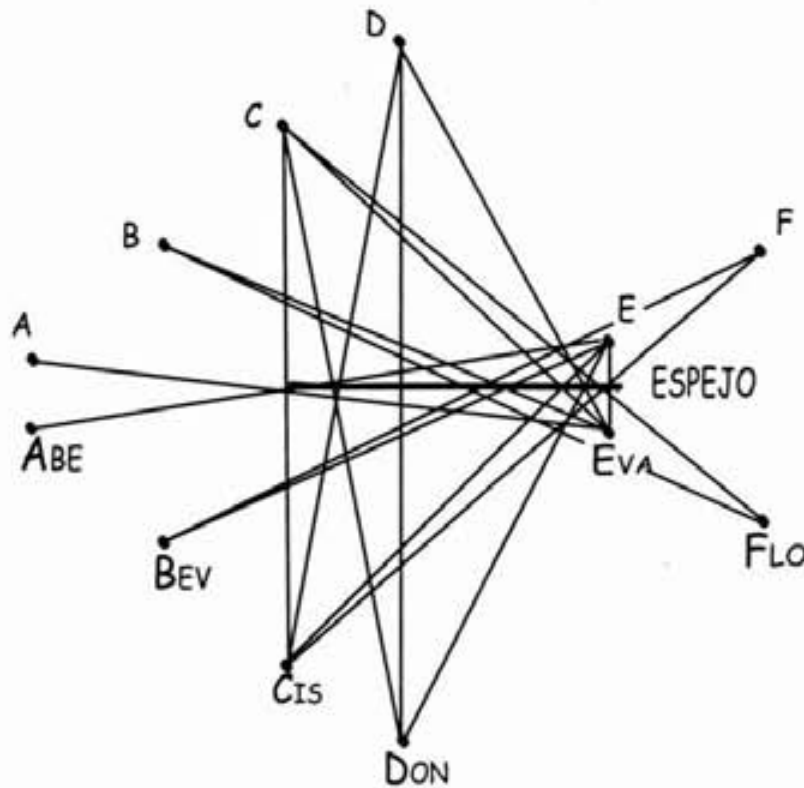
Gracias a Marshall Ellenstein

¡Hewitt lo dibujó!

Física CONCEPTUAL

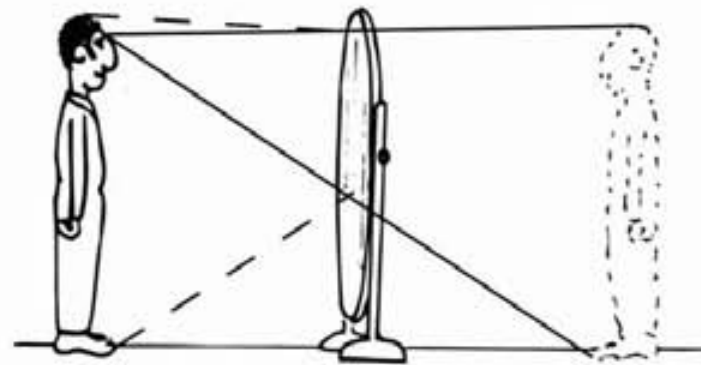
PÁGINA DE PRÁCTICA

Ahora se paran frente al espejo seis personas del grupo anterior, en forma distinta. Abajo se indican sus posiciones. Traza lo necesario en este arreglo más interesante, y contesta las siguientes preguntas.



- ¿A quién puede ver Abe? EVA ¿A quién no puede ver Abe? TODOS
 ¿A quién puede ver Bev? EVA, FLO ¿A quién no puede ver Bev? TODOS
 ¿A quién puede ver Cis? CIS, DON, EVA, FLO ¿A quién no puede ver Cis? ABE, BEV
 ¿A quién puede ver Don? CIS, DON, EVA ¿A quién no puede ver Don? ABE, BEV, FLO
 ¿A quién puede ver Eva? ABE, BEV, CIS, DON, EVA ¿A quién no puede ver Eva? FLO
 ¿A quién puede ver Flo? BEV, CIS ¿A quién no puede ver Flo? ABE, DON, EVA, FLO

Harry Hotshot se ve en un espejo de cuerpo entero (derecha). Traza líneas rectas de los ojos de Harry a la imagen de los pies, y a la coronilla. Marca en el espejo el área mínima para que pueda verse Harry de cuerpo entero.



¿Depende esta región del espejo y de la distancia de Harry al mismo? NO

*Hewitt
lo dibujó!*

Nombre _____

Fecha _____

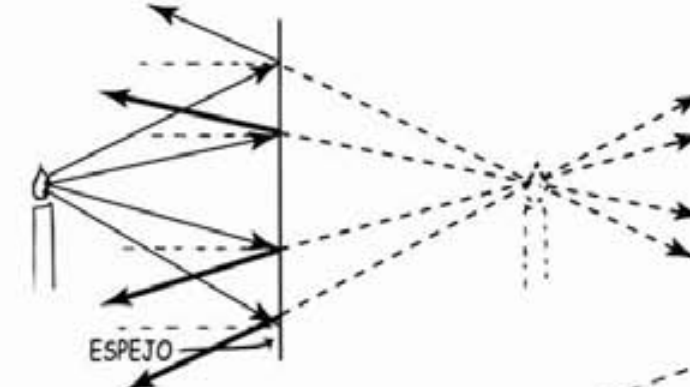
Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

Capítulo 28 Reflexión y refracción

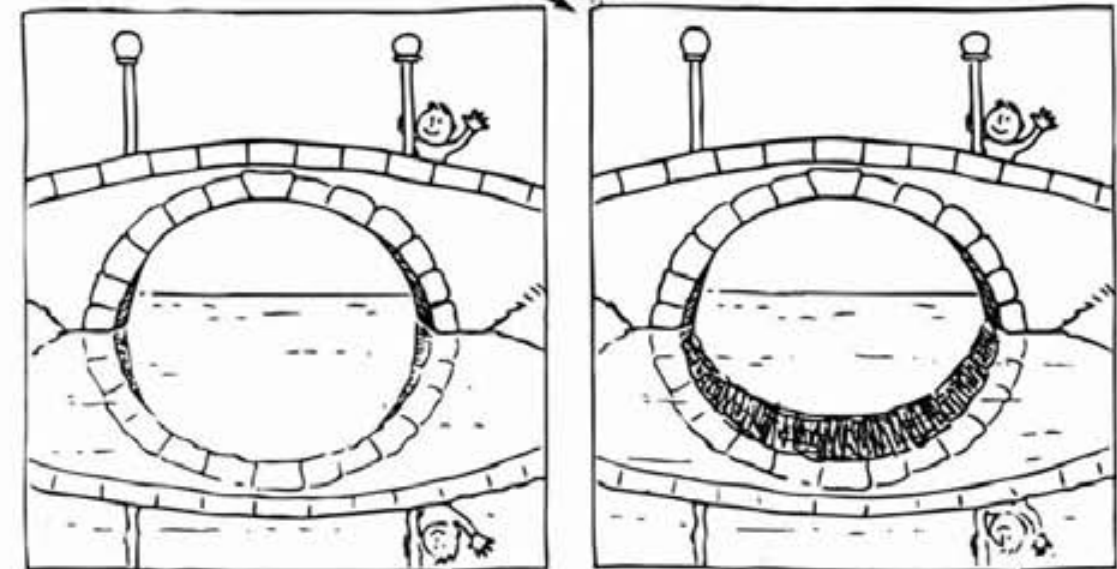
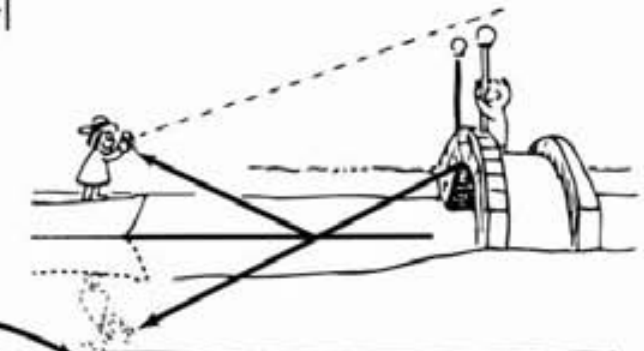
Vistas reflejadas

1. El diagrama de rayos de abajo muestra la prolongación de uno de los rayos reflejados en el espejo plano. Completa el diagrama 1) trazando con cuidado los otros tres rayos reflejados, y 2) prolongándolos hacia atrás del espejo, para ubicar la imagen de la llama. Imagina que un observador a la izquierda ve la vela y su imagen.



2. Una niña toma una fotografía del puente, como se ve en la figura. ¿Cuál de los dos esquemas muestra en forma correcta la vista reflejada del puente? Defiende tu respuesta.

¡Ten en cuenta que lo reflejado es como si se viera de aquí!



El lado derecho es correcto, porque muestra la cara inferior del puente, o sea, lo que se vería bajo la superficie reflectora, la misma distancia de su superficie a los ojos (coloca un espejo en el piso frente a una mesa, ¡Se verá que lo reflejado muestra la cara inferior de la mesa!).

*Hewitt
lo dibujó!*

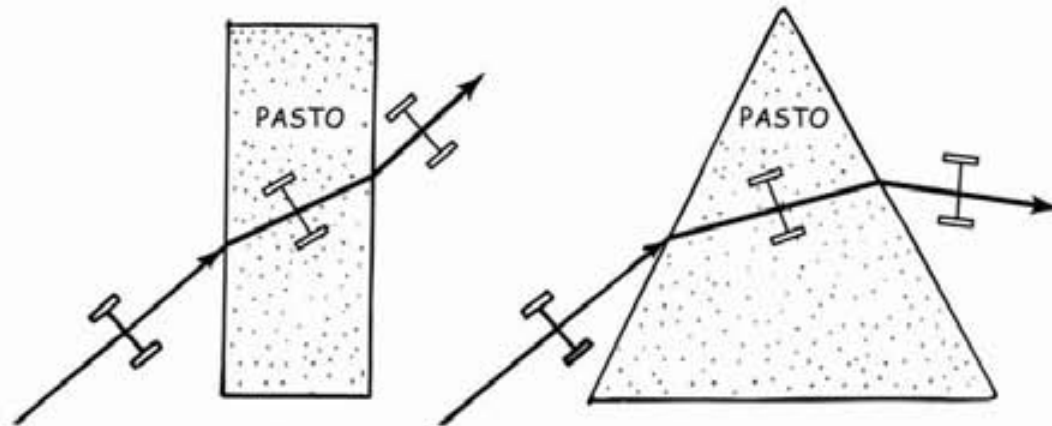
Nombre _____ Fecha _____

Física CONCEPTUAL

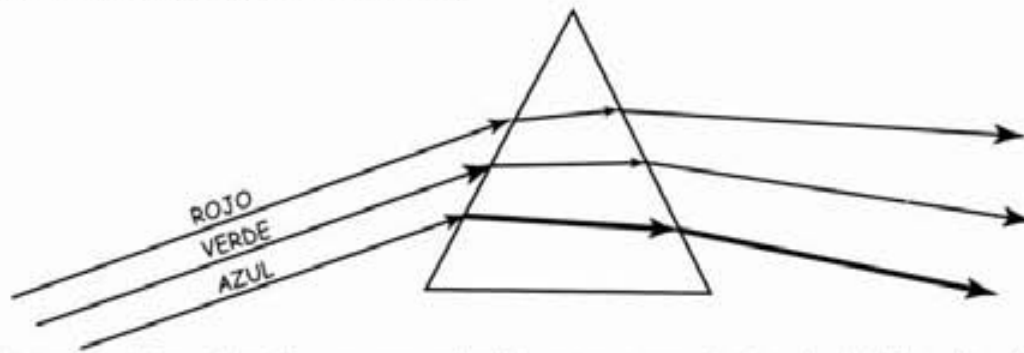
PÁGINA DE PRÁCTICA

Capítulo 28 Reflexión y refracción
Refracción

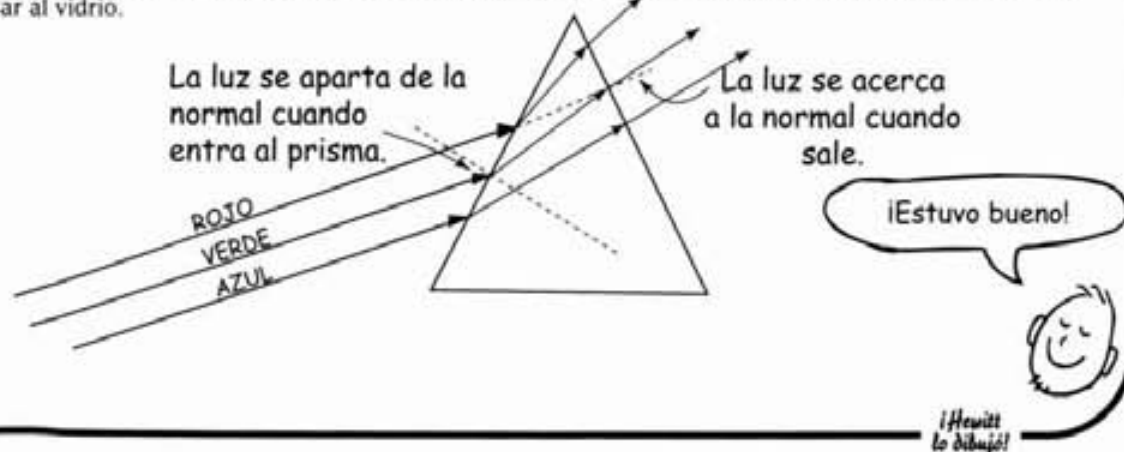
1. Un par de ruedas de un carrito de juguete avanza en dirección oblicua, pasando de una superficie lisa a dos terrenos con césped, uno rectangular, como el de la izquierda, y otro triangular, como el de la derecha. El suelo tiene una ligera inclinación, tal que después de desacelerar en el pasto, las ruedas aceleran de nuevo al salir a la superficie lisa. Termina cada esquema y muestra algunas posiciones de las ruedas, dentro de los céspedes y al otro lado. Indica con claridad sus trayectorias y direcciones.



2. En un prisma inciden rayos de luz roja, verde y azul, como se ve abajo. La rapidez promedio de la luz roja en el vidrio es menor que en el aire, por lo que se refracta el rayo rojo. Al salir al aire vuelve a tener su rapidez original, y viaja en la dirección indicada. La luz roja tarda más en atravesar el vidrio. Como su rapidez es menor, se refracta como se indica. La luz azul atraviesa el vidrio todavía con más lentitud. Termina el diagrama estimando la trayectoria del rayo azul.



3. Abajo se ve un agujero triangular en un trozo de vidrio; esto es, es un "prisma de aire". Completa el diagrama, indicando las trayectorias probables de los rayos de luz roja, verde y azul, al atravesar este "prisma" y regresar al vidrio.



¡Hewitt lo dibujó!

99

Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

4. La luz de distintos colores diverge al salir de un prisma. Newton demostró que cuando se coloca un segundo prisma, se puede hacer que los rayos divergentes vuelvan a ser paralelos. ¿Con cuál colocación del segundo prisma se puede hacer eso?

sólo en b los rayos emergen paralelos



5. El esquema muestra que, debido a la refracción, el hombre ve al pez más cerca de la superficie que lo que está en realidad.

¡Estas caras son paralelas!

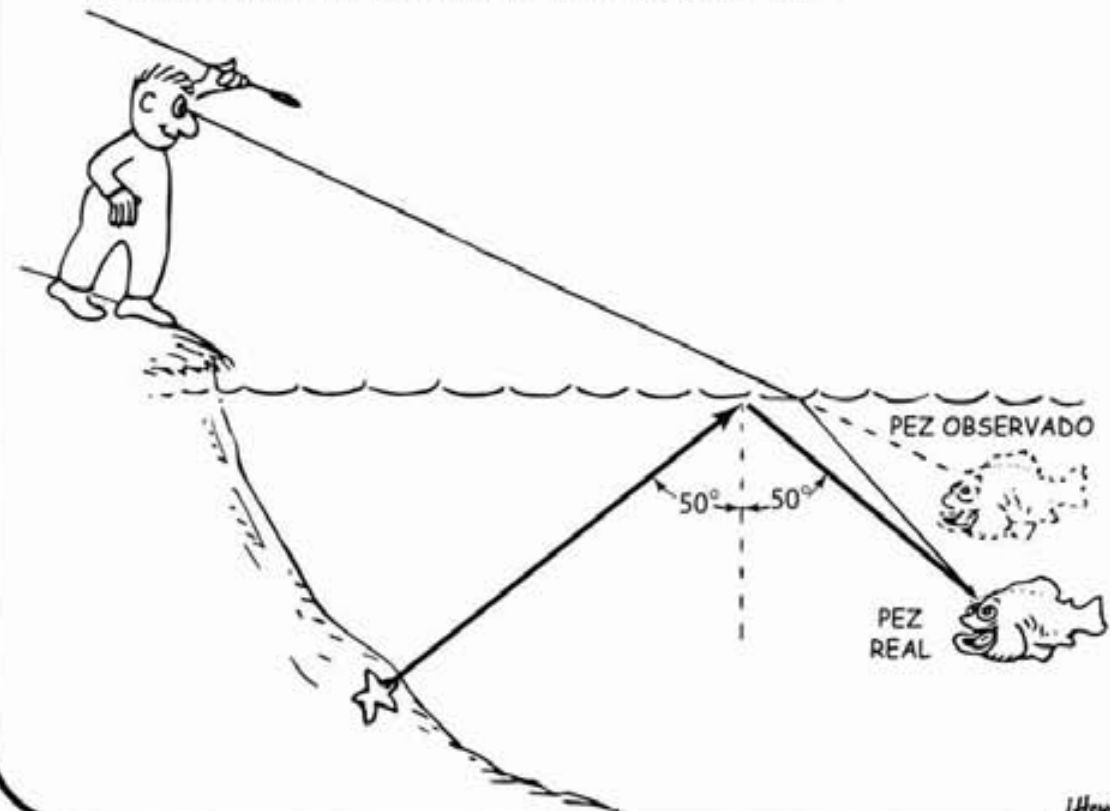
- a. Traza un rayo que parta del ojo del pez, para indicar el campo visual del mismo al ver hacia arriba, con 50° respecto al normal a la superficie del agua. Traza la dirección del rayo después de llegar a la superficie del agua.
- b. En el ángulo de 50° , ¿el pez ve al hombre o ve un reflejo de la estrella de mar en el fondo del estanque? Explica por qué.

El pescador ve el reflejo de la estrella de mar ($50^\circ >$ ángulo crítico de 48° , por lo que hay reflexión interna total).

- c. Para ver al hombre, ¿el pez debe ver en ángulo mayor o menor que la trayectoria de 50° ?

Más arriba, para que la visual respecto al agua forme menos de 48° con la normal.

- d. Si el ojo del pez estuviera apenas arriba de la superficie del agua, tendría una vista de 180° , de horizonte a horizonte. Sin embargo, la vista que tiene arriba del agua es muy distinta de la que tiene abajo del agua. Debido al ángulo crítico de 48° en el agua, el pez ve un panorama normal de 180° , de horizonte a horizonte, comprimido dentro de un ángulo de 96° .



¡Hewitt lo dibujó!

100

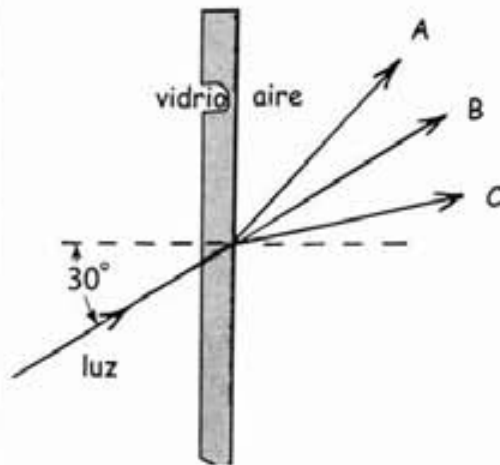
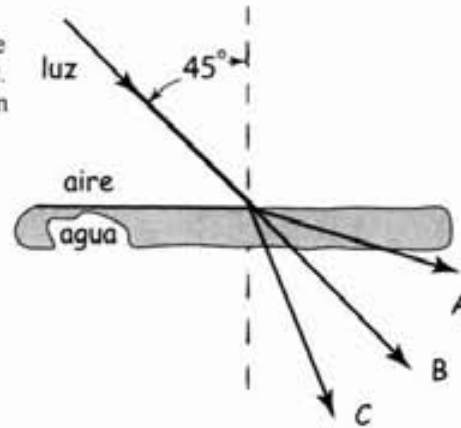
Nombre _____ Fecha _____

Física CONCEPTUAL

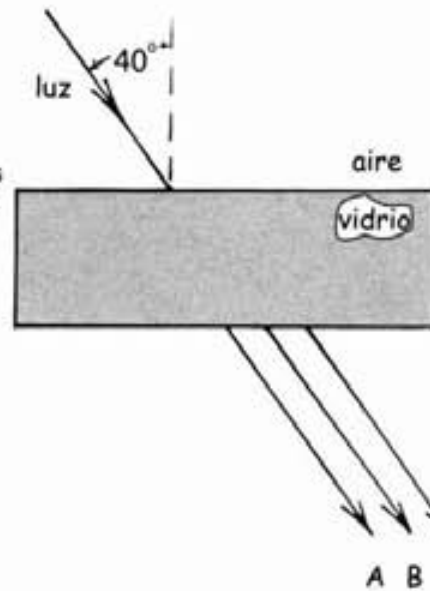
PÁGINA DE PRÁCTICA

Capítulo 28 Reflexión y refracción
Más refracción

1. El esquema de la derecha muestra un rayo de luz que pasa del aire al agua, y llega formando un ángulo de 45° respecto a la normal. ¿Cuál de los tres rayos, identificados con mayúsculas, es el que con más probabilidad representará su trayectoria dentro del agua?

C

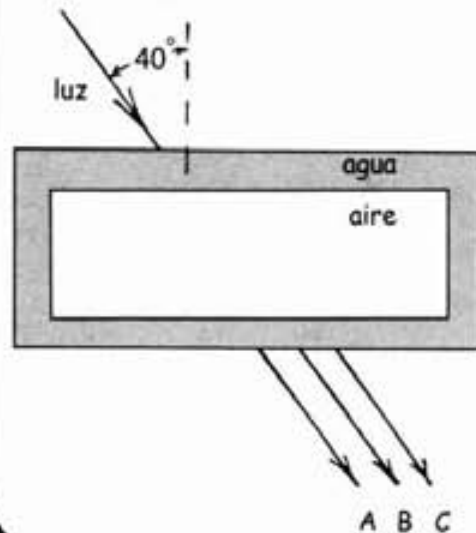
2. El esquema de la izquierda muestra un rayo de luz que pasa del vidrio al aire, y llega formando un ángulo de 30° con respecto a la normal. ¿Cuál de las tres trayectorias es la que seguirá con más probabilidad el rayo cuando continúe en el aire?

A

3. A la derecha demuestra un rayo de luz que pasa del aire a un bloque de vidrio, formando 40° con la normal. ¿Cuál de los tres rayos salientes es el que con más probabilidad sea el que entró por la cara opuesta del vidrio?

A

Traza la trayectoria que tomaría la luz dentro del vidrio.



4. A la izquierda se ve que un rayo de luz pasa del agua a un bloque rectangular de aire (por ejemplo, dentro de una caja de plástico de paredes delgadas y transparentes), formando un ángulo de 40° con la normal. ¿Cuál de los tres rayos salientes es el que entró con más probabilidad?

C

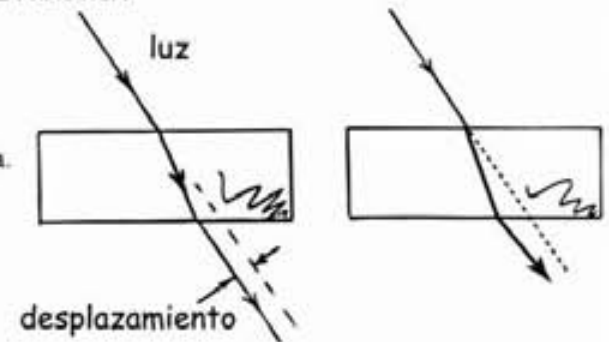
Traza la trayectoria que tendría la luz dentro del aire.

Gracias a Clarence Bakken ¡Hewitt lo dibujó!

Física CONCEPTUAL

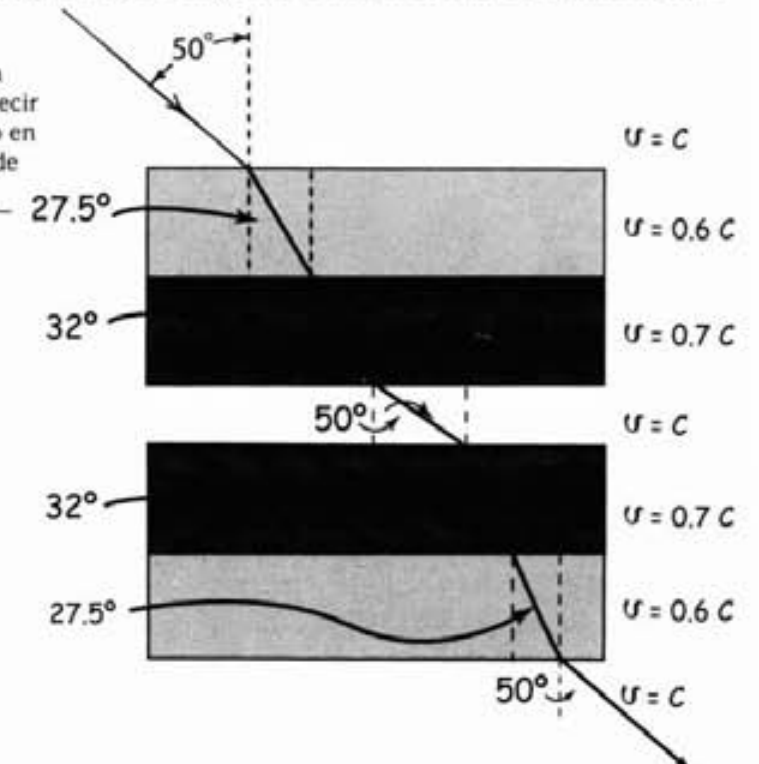
PÁGINA DE PRÁCTICA

5. Los dos bloques transparentes de la derecha están fabricados con materiales distintos. La rapidez de la luz en el bloque de la izquierda es mayor que en el bloque de la derecha. Traza una trayectoria adecuada a través y saliendo del bloque de la derecha. La luz que sale, ¿se desvía más o menos que la que sale del bloque de la izquierda?

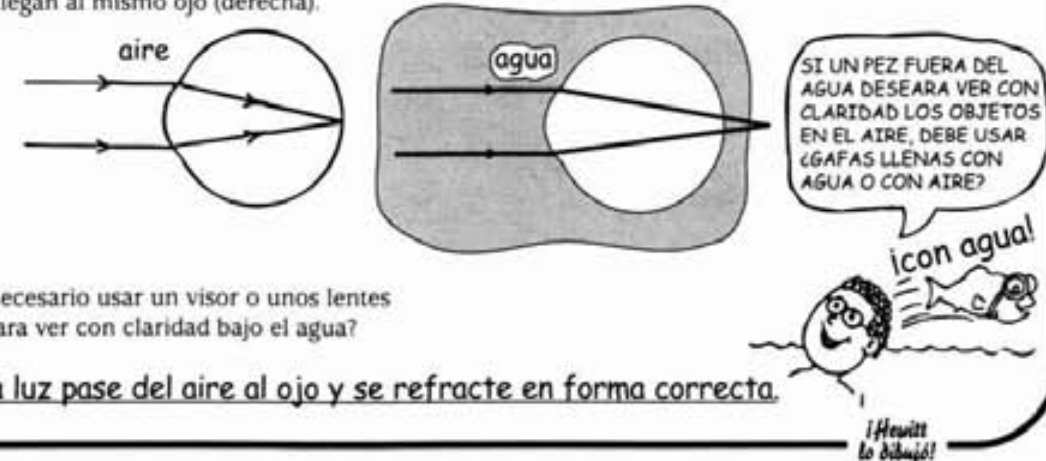
Más.

6. La luz llega del aire y atraviesa las placas de vidrio y de plástico que se indican abajo. La rapidez de la luz en los distintos materiales aparece a la derecha (la rapidez interviene en el "índice de refracción" del material). Traza un esquema aproximado que muestre la trayectoria adecuada a través del sistema de cuatro placas.

En comparación con el rayo incidente a 50° en la parte superior, ¿qué puedes decir acerca de los ángulos que forma el rayo en el aire intermedio y abajo de los pares de bloques? Los mismos 50° .



7. Los rayos paralelos de luz se refractan al cambiar su rapidez cuando pasan del aire al ojo (izquierda). Traza un esquema aproximado que muestre las trayectorias adecuadas de la luz cuando los rayos paralelos bajo el agua llegan al mismo ojo (derecha).



8. ¿Por qué es necesario usar un visor o unos lentes para nadar para ver con claridad bajo el agua?

Para que la luz pase del aire al ojo y se refracte en forma correcta.

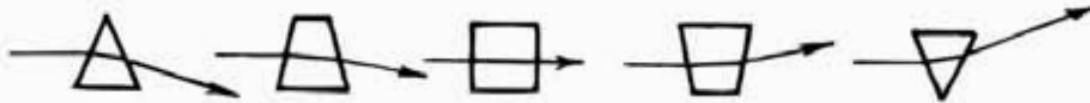
¡Hewitt lo dibujó!

Nombre _____ Fecha _____

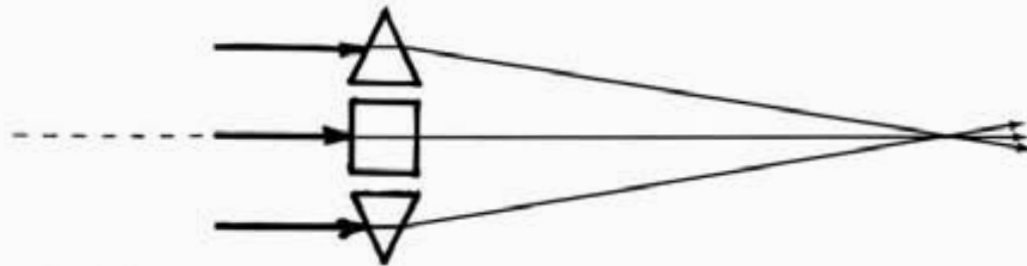
Física CONCEPTUAL PÁGINA DE PRÁCTICA

Capítulo 28 Reflexión y refracción Lentes

Los rayos de luz se desvían, como se indica abajo, al atravesar los bloques de vidrio.

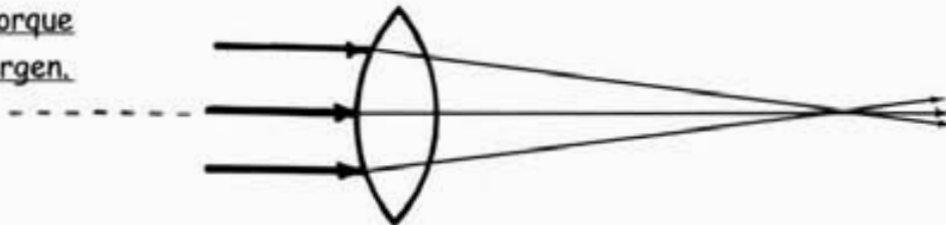


1. Indica cómo se desvían los rayos de luz al pasar por el arreglo de bloques de vidrio que se ve abajo.

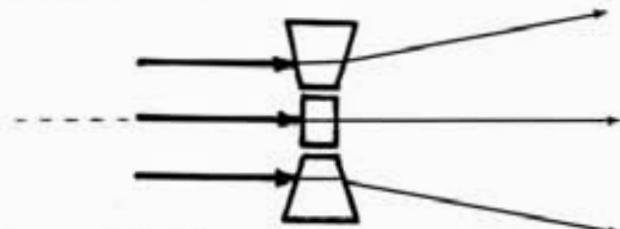


2. Indica cómo se desvían los rayos de luz al pasar por la lente de abajo. Esa lente, ¿es convergente o divergente? ¿En qué te basas para decir lo anterior?

Convergente, porque
los rayos convergen.

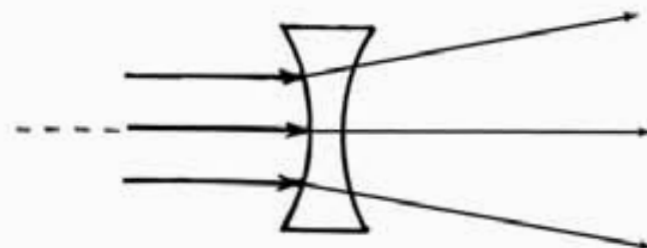


3. Indica cómo se desvían los rayos de luz al pasar por el arreglo de bloques de vidrio que se ve abajo.



4. Indica cómo se desvían los rayos de luz al pasar por la lente que se ve abajo. Esa lente, ¿es convergente o divergente? ¿En qué te basas para decir lo anterior?

Divergente, porque
los rayos divergen.



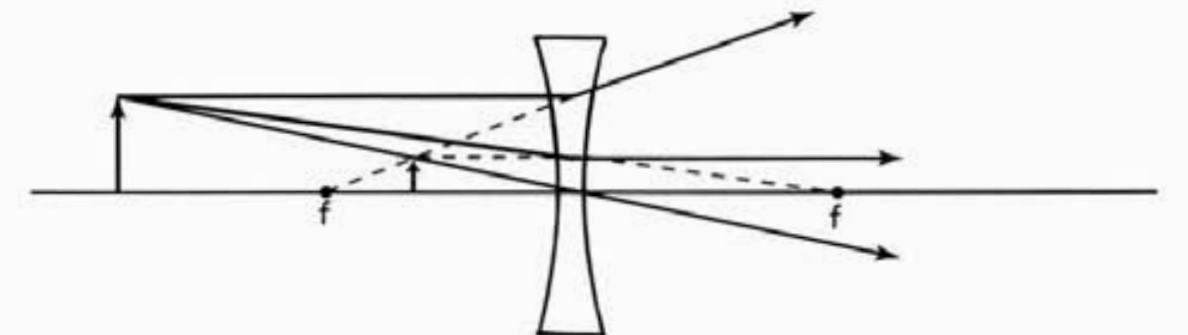
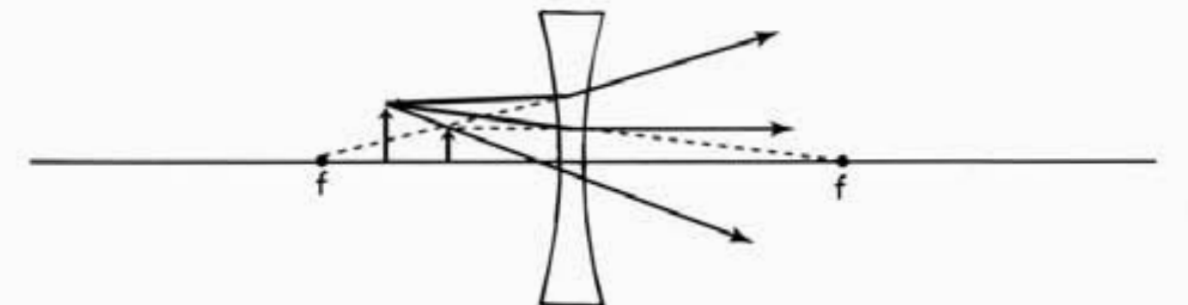
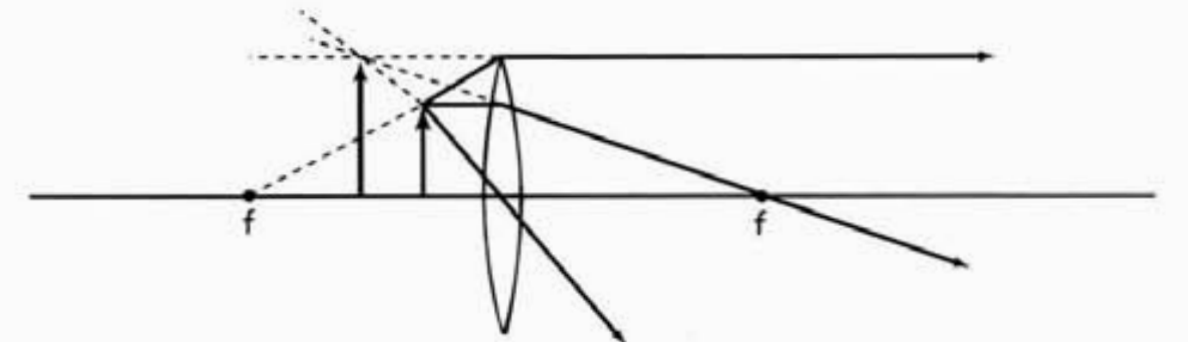
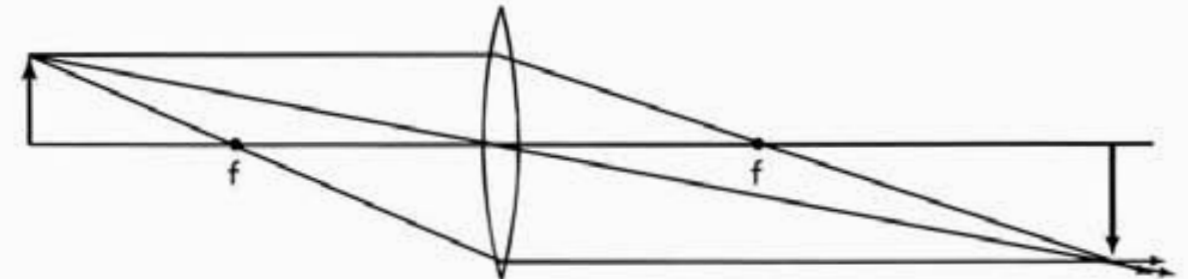
*¡Hazlo
lo dibujas!*

Física CONCEPTUAL PÁGINA DE PRÁCTICA

5. ¿Qué clase de lente se usa para corregir la hipermetropía? Lente convergente.

¿La miopía? Lente divergente.

6. Traza los rayos para determinar el lugar y el tamaño relativo de la imagen de la flecha en cada uno de las lentes de abajo. Los rayos que pasan por la mitad de la lente continúan sin desviarse. En una lente convergente, los rayos de la punta de la flecha que son paralelos al eje óptico pasan por el foco lejano, después de atravesar la lente. Los rayos que pasan por el foco cercano continúan paralelos al eje después de atravesar la lente. En una lente divergente, los rayos paralelos al eje divergen y parecen originarse en el foco cercano, para después pasar por la lente. ¡Diviértete!



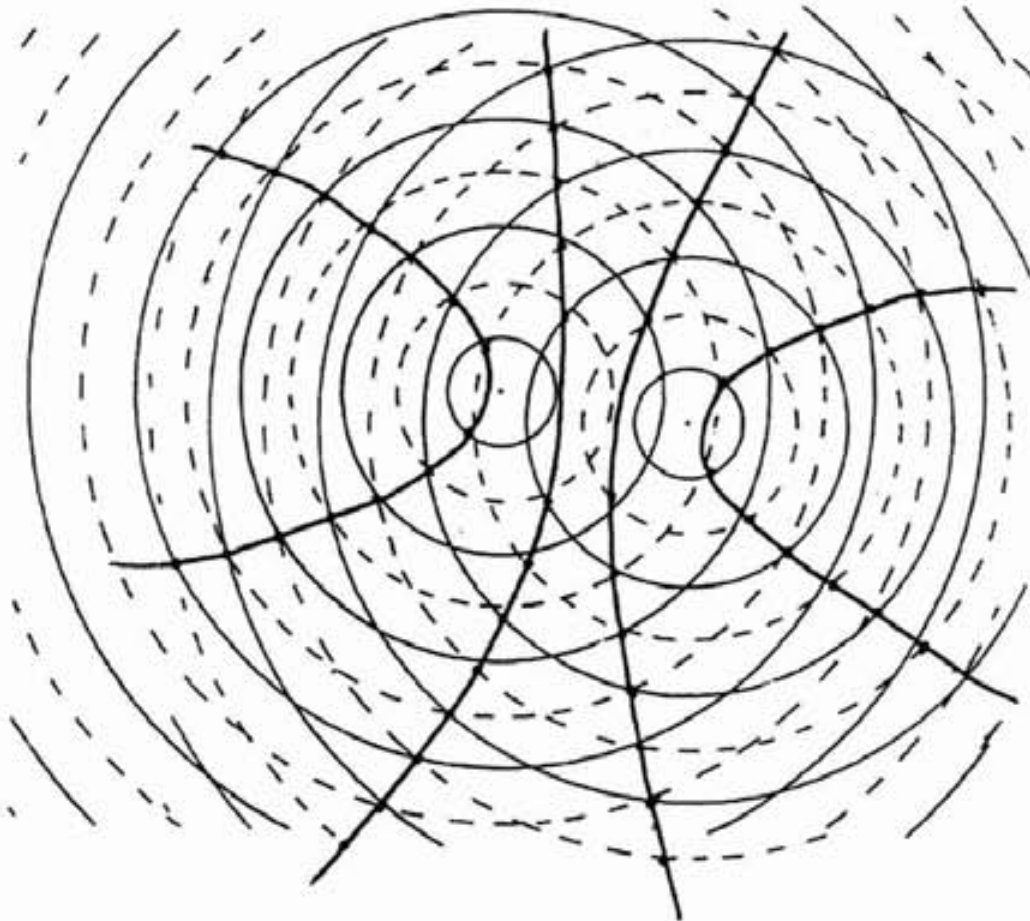
*¡Hazlo
lo dibujas!*

Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

Capítulo 29 Ondas luminosas
Difracción e interferencia

1. Abajo hay círculos concéntricos, de línea continua y de línea punteada, y cada uno tiene un radio de 1 cm distinto de los vecinos. Imagina que son los círculos que forman las ondas en el agua, vistos desde arriba, y que las líneas continuas representan a las crestas, y los círculos con línea punteada representan a los valles de esas ondas.
 - a. Con un compás traza otro conjunto de los mismos círculos concéntricos. Elige cualquier parte de la hoja como centro (excepto el centro que ya está indicado). Deja que los círculos lleguen hasta la orilla del papel.
 - b. Determina dónde una línea punteada cruza a una línea continua, y traza un punto grande en esa intersección. Haz lo anterior en TODOS los lugares donde una línea continua cruce a una línea punteada.
 - c. Con un marcador ancho de fieltro, une los puntos con líneas uniformes. Estas *líneas nodales* están en las regiones donde las ondas se han anulado; donde la cresta de una onda se superpone al valle de otra (ve las figuras 29.15 y 29.16 de tu libro de texto).

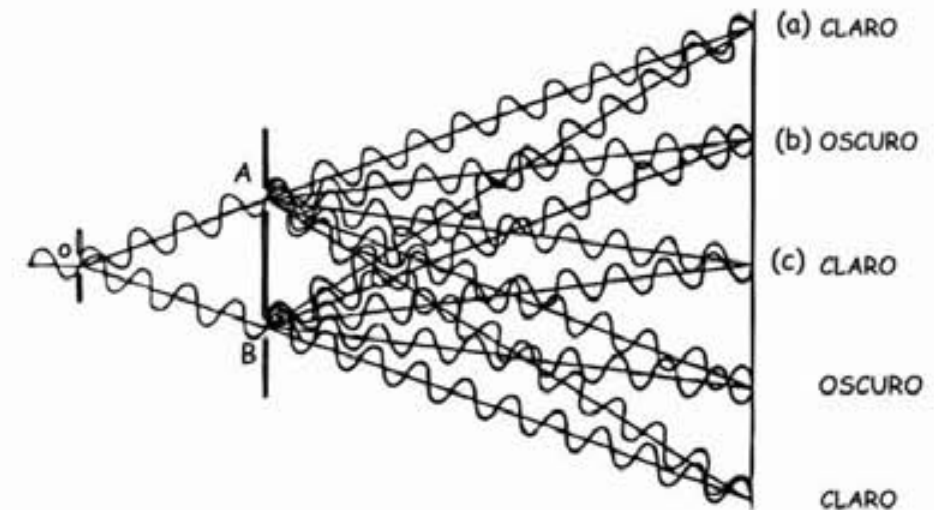
i Hewitt
lo dibujó!**Física** CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

2. Examina las figuras de círculos superpuestos en los papeles de tus compañeros. Algunos tendrán más líneas nodales que otros, debido a que tuvieron distintos puntos de partida. ¿Cómo se relaciona la cantidad de líneas nodales en una figura con la distancia entre los centros de los círculos (es decir, entre las fuentes de las ondas)?

Mientras más se alejan los centros (o las fuentes luminosas) hay más líneas nodales.
(Observa en la figura 29.15 de tu libro que hay más líneas nodales en la figura de 8 en comparación con las fuentes más próximas en la figura del centro.)

3. Abajo se repite la figura 28.19 de tu libro de texto. Cuenta con cuidado la cantidad de longitudes de onda (es igual a la cantidad de crestas) a lo largo de las siguientes trayectorias entre las rendijas y la pantalla.



- a. Cantidad de longitudes de onda entre la rendija A y el punto (a) = 10.5
- b. Cantidad de longitudes de onda entre la rendija B y el punto (a) = 11.5
- c. Cantidad de longitudes de onda entre la rendija A y el punto (b) = 10.0
- d. Cantidad de longitudes de onda entre la rendija B y el punto (b) = 10.5
- e. Cantidad de longitudes de onda entre la rendija A y el punto (c) = 10.0
- f. Cantidad de longitudes de onda entre la rendija B y el punto (c) = 10.0

Cuando la cantidad de longitudes de onda a lo largo de cada trayectoria es igual o difiere en una o más longitudes de onda completas, la interferencia es

(constructiva) (destructiva).

Y cuando la cantidad de longitudes de onda difiere en media longitud de onda (o en múltiplos impares de media longitud de onda), la interferencia es

(constructiva) (destructiva).

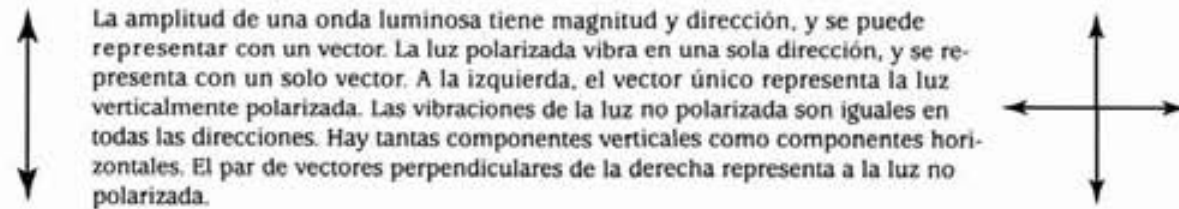
Es bueno saber algo de física para comprender cómo esta ciencia cambia nuestra forma de ver las cosas

i Hewitt
lo dibujó!

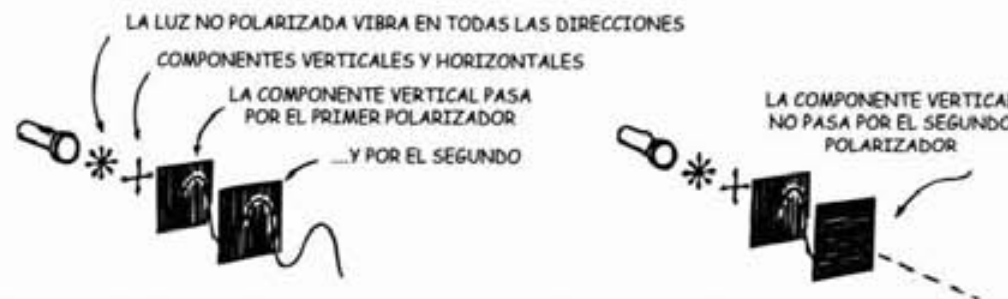
Nombre _____ Fecha _____

Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

Capítulo 29 Ondas luminosas
Polarización

1. En el esquema de abajo, la luz no polarizada de una linterna llega a un par de filtros polarizadores (Polaroid).

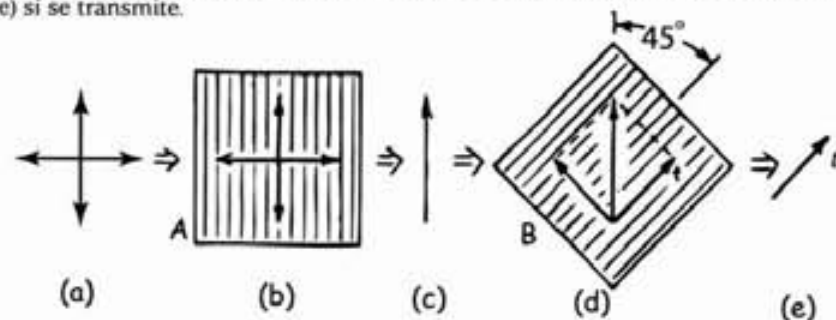


a. La luz se transmite a través de un par de filtros polarizadores cuando sus ejes están
(alineados) (cruzados en ángulo recto)

y la luz se bloquea cuando sus ejes están
(alineados) (cruzados en ángulo recto)

b. La luz transmitida está polarizada en dirección
(igual que) (distinta de) el eje de polarización del filtro.

2. Imagina la transmisión de luz a través de un par de filtros polarizadores, con ejes de polarización formando un ángulo de 45° entre sí. Aunque en la práctica los filtros están uno sobre otro, aquí los mostramos lado a lado. De izquierda a derecha: (a) La luz no polarizada se representa con sus componentes horizontales y verticales. (b) Esas componentes llegan al filtro A. (c) La componente vertical se transmite y (d) llega al filtro B. Esta componente vertical no está alineada con el eje de polarización del filtro B, pero tiene una componente t que (e) si se transmite.



a. La cantidad de luz que atraviesa el filtro B, en comparación con la que atraviesa el filtro A, es
(mayor) (menor) (igual).

b. La componente perpendicular a t que llega al filtro B
(también se transmite) (se absorbe).

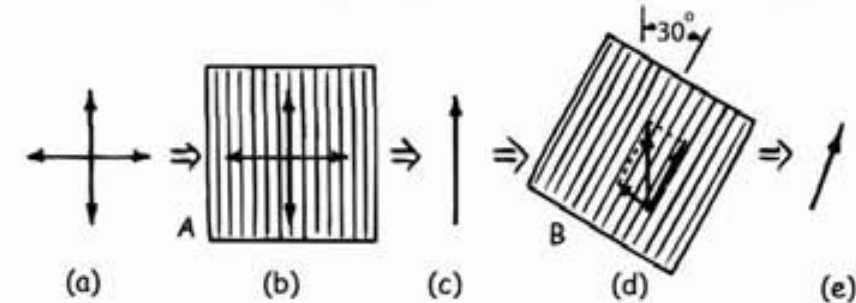
iHewitt
lo dibujó!

107

Física CONCEPTUAL

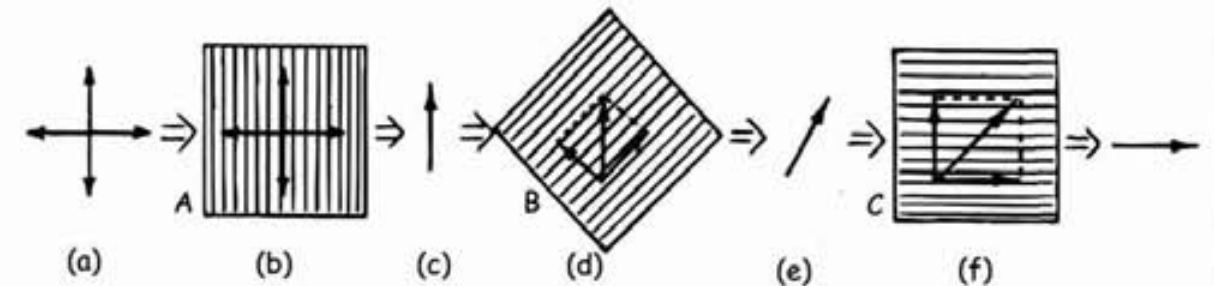
PÁGINA DE PRÁCTICA

3. Abajo se ve un par de filtros con ejes de polarización a 30° entre sí. Traza con cuidado los vectores y las componentes adecuadas (como en la pregunta 2) para indicar el vector que sale en (e).



a. La cantidad de luz que pasa por los filtros polarizadores a 30° , en comparación con la que pasa por los filtros a 45° , es
(menor) (mayor) (igual).

4. La figura 29.35 de tu libro muestra la sonrisa de Ludmila Hewitt que atravesó tres filtros polarizadores. Con diagramas vectoriales completa los pasos (b) a (f), abajo, para indicar cómo atraviesa la luz por este sistema de tres filtros.



5. Un uso novedoso de la polarización se describe abajo. ¿Cómo es que las ventanas laterales polarizadas de las casas de estos vecinos permiten conservar la intimidad de sus ocupantes? (¿Quién puede ver qué?)



Los habitantes pueden ver normalmente desde afuera, pero si las ventanas laterales son de vidrio polarizado con ejes que forman 90° entre sí, desde adentro de sus hogares no pueden ver a través de las ventanas laterales de sus vecinos.

iHewitt
lo dibujó!

108

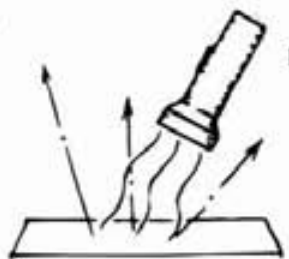
Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

Capítulos 31 y 32 Cuantos de luz, el átomo y el cuanto Cuantos de luz

1. El decir que la luz está cuantizada significa que está formada por (unidades elementales) (ondas).
2. En comparación con los fotones de luz de baja frecuencia, los de luz de mayor frecuencia tienen más (energía) (rapidez) (cuantos).
3. El efecto fotoeléctrico respalda el (modelo ondulatorio de la luz) (modelo de partícula de la luz).
4. El efecto fotoeléctrico se hace evidente cuando la luz que llega a ciertos materiales fotosensibles expulsa (fotones) (electrones).



5.  El efecto fotoeléctrico es más efectivo con luz violeta que con luz roja, porque los fotones de la luz violeta (resuenan con los átomos en el material) (entregan más energía al material) (son más numerosos).

6. De acuerdo con el modelo ondulatorio de De Broglie para la materia, un haz de luz y un haz de electrones (son básicamente distintos) (son similares).
7. Según De Broglie, mientras mayor sea la rapidez de un haz de electrones (su longitud de onda es mayor) (su longitud de onda es menor).
8. Lo discreto de los niveles de energía, de los electrones en órbita en el núcleo atómico, se comprende mejor si se considera que el electrón es una (onda) (partícula).
9. Los átomos más pesados no son mucho más grandes que los átomos más ligeros. La razón principal de ello es que su mayor carga nuclear (tira de los electrones que la rodean y sus órbitas son más pequeñas) (mantiene más electrones en torno al núcleo atómico) (produce una estructura atómica más densa).
10. Mientras que en el macromundo cotidiano al estudio del movimiento se le llama *mecánica*, al estudio de los cuantos en el micromundo se le llama (mecánica newtoniana) (mecánica cuántica).



¡UN MECÁNICO CUÁNTICO!

iHewitt
lo dibujó!

Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

Capítulo 33 El núcleo atómico y la radiactividad Radiactividad

1. Completa las siguientes afirmaciones.

- a. Un neutrón solitario se desintegra espontáneamente en un protón y un electrón.
- b. Los rayos alfa y beta son haces de partículas, mientras que los rayos gamma son haces de fotones.
- c. A un átomo con carga eléctrica se le llama ION.
- d. Los distintos isótopos de un elemento son químicamente idénticos, pero difieren en la cantidad de neutrones en el núcleo.
- e. Los elementos transuránicos son los que están después del número atómico 92.
- f. Si la cantidad de cierta muestra radiactiva disminuye a la mitad en cuatro semanas, en cuatro semanas más la cantidad que queda debe ser la cuarta parte de la cantidad original.
- g. El agua de un manantial termal natural es calentada por la radiactividad del interior de la Tierra.



2. El gas en el globo de la niña está formado por partículas alfa y beta que habían sido producidas antes por desintegración radiactiva.

- a. Si la mezcla es eléctricamente neutra, ¿cuántas partículas beta hay más que partículas alfa en el globo?

Hay dos partículas beta
por cada partícula alfa.

- b. ¿Por qué tu respuesta no es "igual"?

Una partícula alfa tiene el doble de carga: la carga de
2 betas = magnitud de la carga de una partícula alfa.

- c. ¿Por qué las partículas alfa y beta ya no pueden ser peligrosas para la niña?

Desde hace mucho perdieron su gran EC, que se transformó en la energía
térmica del movimiento molecular aleatorio.

- d. ¿Qué elementos hay en esta mezcla?

Helio.

iHewitt
lo dibujó!

Nombre _____ Fecha _____

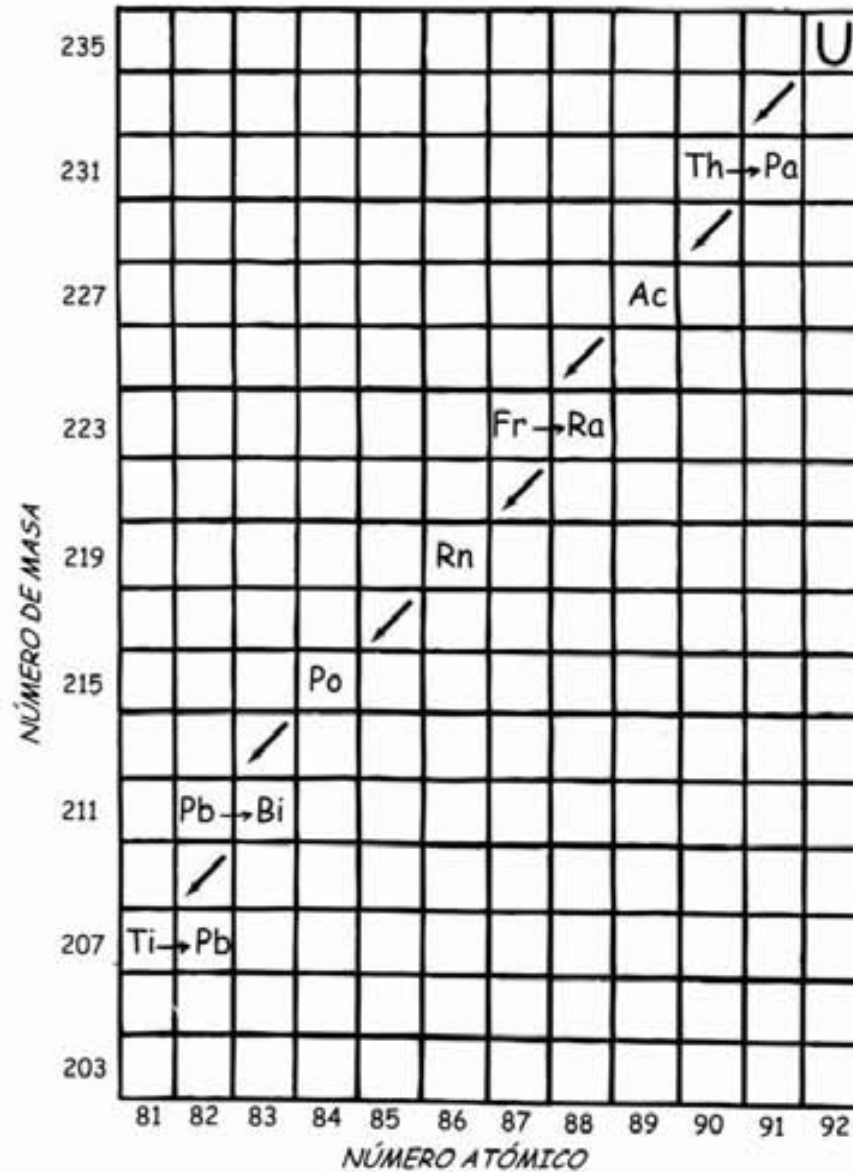
Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

Capítulo 33 El núcleo atómico y la radiactividad Transmutación natural

Llena el siguiente diagrama de desintegración, parecido al de la figura 33.13 del libro de texto, pero comenzando con U 235 y terminando con un isótopo del plomo. Usa la tabla de la izquierda e identifica cada elemento de la serie con su símbolo químico.

Paso	Partícula emitida
1	Alfa
2	Beta
3	Alfa
4	Alfa
5	Beta
6	Alfa
7	Alfa
8	Alfa
9	Beta
10	Alfa
11	Beta
12	Estable



¿Cuál isótopo es el producto final? $^{207}_{82}\text{Pb}$ (Plomo 207)

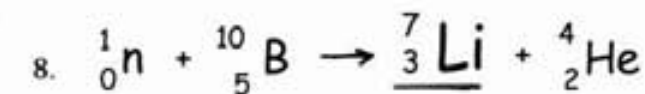
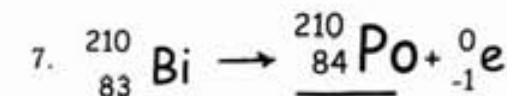
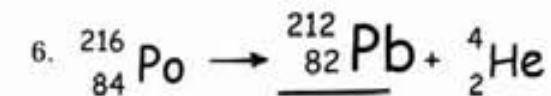
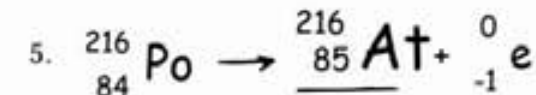
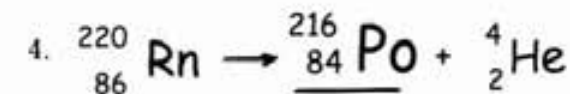
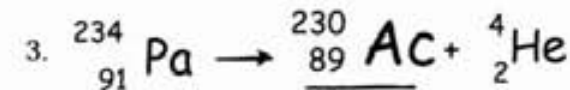
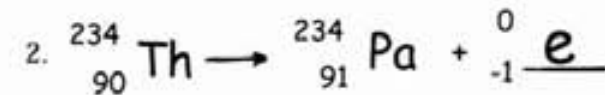
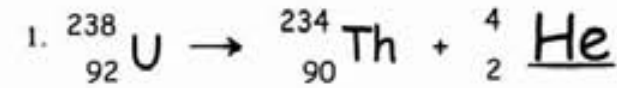
Hewitt lo dibujó!

Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

Reacciones nucleares

Completa estas reacciones nucleares.



FÍSICA NUCLEAR... ¡LO MISMO ME OCURRIÓ CON LAS DOS LETRAS INTERCAMBIADAS!



Hewitt lo dibujó!

Nombre _____ Fecha _____

Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

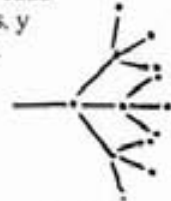
Capítulo 34 Fisión y fusión nuclear
Reacciones nucleares

1. Llena la tabla de una cadena de reacciones en la que dos neutrones se producen en cada paso, y cada uno causa una nueva reacción.



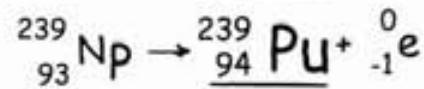
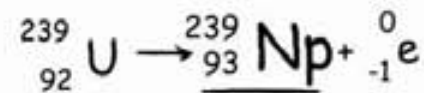
EVEN TO	1	2	3	4	5	6	7
CTD. DE REACCIONES	1	2	4	8	16	32	64

2. Llena la tabla de una cadena de reacciones (o reacción en cadena) en la que en cada reacción se producen tres neutrones, y cada uno causa una nueva reacción.

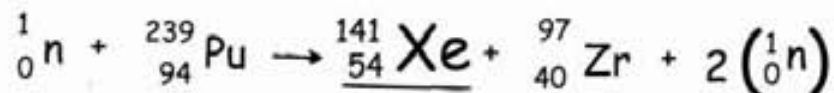
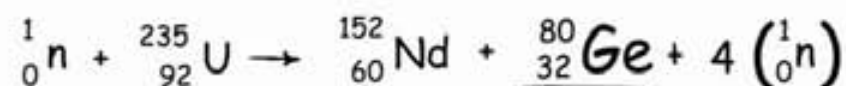
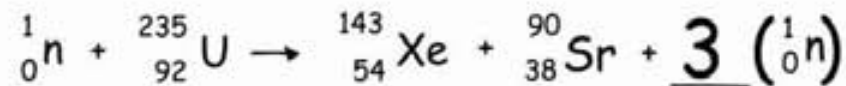


EVEN TO	1	2	3	4	5	6	7
CTD. DE REACCIONES	1	3	9	27	81	243	729

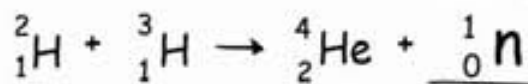
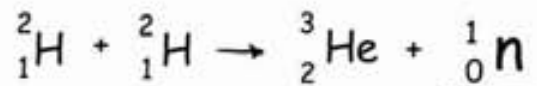
3. Completa estas reacciones beta, que se efectúan en un reactor de cría.



4. Completa las siguientes reacciones de fisión.



5. Completa las siguientes reacciones de fusión.



¡YA CONOZCO LOS NÚCLEOS!



¡Hewitt lo dibujó!

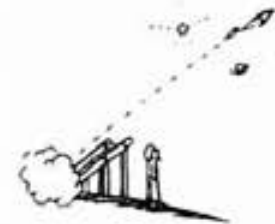
Nombre _____ Fecha _____

Física CONCEPTUAL

PÁGINA DE PRÁCTICA

Capítulo 35 Teoría de la relatividad especial
Dilatación del tiempo

En el capítulo 35 de tu libro de texto se describe el viaje del gemelo, donde un gemelo recorre una jornada en 2 horas, mientras que su hermano queda en casa y anota que pasaron 2 1/2 horas. ¡Notable! Las horas en ambos marcos de referencia se indican con destellos de luz, enviados cada 6 minutos desde la nave espacial, y recibidos en la Tierra a intervalos de 12 minutos cuando se aleja la nave, y de 3 minutos cuando regresa. Lee con cuidado esa sección en el libro, y anota las indicaciones del reloj a bordo de la nave, cuando se emite cada destello, y las indicaciones del reloj en la Tierra, cuando se recibe cada destello.



NAVE ALEJÁNDOSE DE LA TIERRA		
DESTELLO	HORA EN LA NAVE, CUANDO SE MANDA EL DESTELLO	HORA EN LA TIERRA, CUANDO SE VE EL DESTELLO
0	12:00	12:00
1	12:06	12:12
2	12:12	12:24
3	12:18	12:36
4	12:24	12:48
5	12:30	1:00
6	12:36	1:12
7	12:42	1:24
8	12:48	1:36
9	12:54	1:48
10	1:00	2:00

NAVE ACERCÁNDOSE A LA TIERRA		
DESTELLO	HORA EN LA NAVE, CUANDO SE MANDA EL DESTELLO	HORA EN LA TIERRA, CUANDO SE VE EL DESTELLO
11	1:06	2:03
12	1:12	2:06
13	1:18	2:09
14	1:24	2:12
15	1:30	2:15
16	1:36	2:18
17	1:42	2:21
18	1:48	2:24
19	1:54	2:27
20	2:00	2:30

ESTÁ BIEN: PARA $v = 0.6c$

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}} = \frac{1}{\sqrt{1 - (0.6)^2}} = 1.25$$



¡Hewitt lo dibujó!

Respuestas a los ejercicios y problemas impares del libro de texto

Física Conceptual, novena edición

Primera parte. Mecánica

Capítulo 1 Acerca de la ciencia

Respuestas a los ejercicios

1. (a) Ésta es una hipótesis científica, porque tiene una prueba de posible error. Por ejemplo, podrías extraer clorofila del pasto y ver su color. (b) Esta afirmación no tiene forma de comprobar que es incorrecta, y no es una hipótesis científica. Es una especulación. (c) Ésta es una hipótesis científica. Por ejemplo, se podría demostrar que es incorrecta al ver que hay mareas que no corresponden a la posición de la Luna.
3. Cambiar de idea ante el público es un signo de fortaleza, más que de debilidad. Se necesita más valor para cambiar de idea al enfrentar pruebas de lo contrario, que para adherirse a ideas incorrectas. Si las ideas y la perspectiva de una persona no son distintas después de toda una vida llena de experiencias, quiere decir que esa persona fue bendecida, milagrosamente, con una sabiduría excepcional, o bien, que no ha aprendido nada. Es más probable que suceda lo último. La instrucción es el aprender lo que no se conocía. Sería arrogante pensar que lo sabes todo en las etapas finales de tu educación, y sería estúpido pensar así al iniciarla.
5. El radio aproximado del Sol es 7×10^8 m. La distancia de la Tierra a la Luna es 4×10^8 m aproximadamente. Entonces, el radio del Sol es mucho mayor, casi el doble de la distancia de la Tierra a la Luna. La Tierra y la Luna, a su actual distancia entre sí, caerían con facilidad en el interior del Sol. El Sol *deveras* es grande —¡sorprendentemente grande!
7. Lo que probablemente se malinterprete es la diferencia entre teoría e hipótesis. En el lenguaje común, "teoría" puede significar una estimación o una hipótesis; algo que es tentativo o especulativo. Pero en la ciencia, una teoría es una síntesis de una gran cantidad de información comprobada (por ejemplo, la teoría celular o la teoría cuántica). El valor de una teoría es su utilidad (y no su "verdad").

Solución al problema del capítulo 1

Con geometría sencilla se ve que las relaciones son iguales; es decir:

$$\frac{\text{diámetro de la moneda}}{\text{distancia a la moneda}} = \frac{\text{diámetro de la Luna}}{\text{distancia a la Luna}}$$

Con un rearrreglo sencillo se obtiene:

$$\text{Diámetro de la Luna} = \frac{\text{diámetro de la moneda}}{\text{distancia a la moneda}} \times$$

$$\text{distancia a la Luna} = \frac{1}{110} 3.84 \times 10^5 \text{ km} = 3.5 \times 10^3 \text{ km.}$$

Capítulo 2 Primera ley de Newton

del movimiento—inercia

Respuestas a los ejercicios

1. Aristóteles diría que la pelota llega al reposo porque busca su estado natural, que es el reposo. Es probable que Galileo hubiera dicho que llega al reposo porque alguna fuerza está actuando sobre ella, probablemente la fricción entre la pelota y la superficie de la mesa, así como con el aire.
3. Él desacreditó la idea de Aristóteles que la rapidez con que caen los cuerpos es proporcional a su peso.
5. Galileo introdujo el concepto de inercia antes de que naciera Newton.
7. Nada mantiene a la sonda en movimiento. En ausencia de una fuerza propulsora, continuaría moviéndose en línea recta.
9. Deberías estar en desacuerdo con tu amigo. En ausencia de fuerzas externas, un objeto en reposo tiende a permanecer en reposo; si se mueve, tiende a continuar moviéndose. La inercia es una *propiedad* que tiene la materia para comportarse de esta forma, y no es cierta clase de fuerza.
11. La tendencia de la pelota es permanecer en reposo. Desde un punto de vista externo al vagón, la pelota permanece en su lugar y la parte trasera del vagón se mueve hacia ella. (Debido a la fricción, la pelota puede rodar por la superficie del vagón. Sin fricción, la superficie se deslizaría por debajo de la pelota.)
13. En un vehículo en reposo la cabeza tiende a permanecer en reposo. Cuando el vehículo tiene una colisión por detrás, el que choca con él lo lanza hacia adelante, y si no hubiera cabecera en el asiento, la cabeza tendería a quedarse atrás y se lesionaría el cuello.
15. Un objeto en movimiento tiende a permanecer en movimiento; por consiguiente los discos tienden a comprimirse entre sí, de la misma forma que la cabeza del martillo se comprime en el mango, en la figura 2.4. Esta compresión hace que las personas sean un poco más bajas al final del día que por la mañana. Los discos tienden a separarse mientras uno duerme en forma horizontal, y después se recupera toda la estatura por la mañana. Esto se ve con facilidad si hay alguna cosa que casi la alcanzas por la noche, pero por la mañana la alcanzas con facilidad. ¡Haz la prueba!
17. Si no hubiera fuerza actuando sobre la bola, continuaría moviéndose sin desacelerar. Pero la resistencia del aire sí actúa, junto con una pequeña fricción con la banda, y la bola desacelera. Eso no viola la ley de la inercia, porque verdaderamente actúan fuerzas externas.
19. Si sólo una fuerza distinta de cero actúa sobre un objeto, no podría estar en equilibrio mecánico. Deberían actuar otras fuerzas que dieran como resultado una fuerza neta cero para que hubiera equilibrio.

21. Si el *puck* (disco) se mueve en línea recta sin variar su rapidez, las fuerzas de fricción son muy pequeñas (despreciables). Entonces la fuerza neta prácticamente es cero, y se puede considerar que el *puck* está en equilibrio dinámico.
23. De acuerdo con la regla del equilibrio $\Sigma F = 0$, las fuerzas hacia arriba son $400\text{ N} +$ la tensión en la báscula de la derecha. Esta suma es igual a las fuerzas hacia abajo, de $250\text{ N} + 300\text{ N} + 300\text{ N}$. Se encuentra, con operaciones aritméticas, que la indicación de la báscula de la derecha es 450 N .
25. En la figura de la izquierda Harry está soportado por dos tramos de cuerda que toman su peso (como la niña del ejercicio anterior). Entonces cada tramo sólo sostiene 250 N , menos que la fuerza de ruptura. La fuerza total hacia arriba que proporcionan las cuerdas es igual al peso que actúa hacia abajo, dando una fuerza neta de cero, sin aceleración. En la figura de la derecha está sostenido Harry ahora con una cuerda, que para su seguridad requiere que la tensión sea 500 N . Como es mayor que el punto de ruptura, se rompe. La fuerza neta sobre Harry sólo es su peso, que le comunica una aceleración g hacia abajo. Al cambiar repentinamente su velocidad a cero cambian sus planes para ir de vacaciones.
27. De acuerdo con la regla del paralelogramo, la tensión es menor que 50 N .



29. Al pararse en un piso, éste empuja hacia arriba en los pies, con una fuerza igual que tu peso. Esta fuerza hacia arriba (llamada *fuerza normal*) y tu peso tienen dirección contraria, debido a que ambas actúan sobre un mismo cuerpo, el tuyo, y se anulan, produciendo una fuerza neta igual a cero. En consecuencia, no aceleras.
31. Puedes decir que no actúa fuerza neta sobre un cuerpo en reposo, pero puede haber varias fuerzas que actúen y produzcan una fuerza neta igual a cero. Cuando la fuerza neta es cero, el cuerpo está en equilibrio estático.
33. La fricción sobre la caja debe ser 200 N , contraria a tu tirón de 200 N .
35. Una piedra caerá verticalmente si se suelta desde el reposo. Si se deja caer desde el mástil de un barco en movimiento, el movimiento horizontal no cambia cuando la piedra se suelta, siempre que la resistencia del aire hacia la piedra sea muy pequeña y el movimiento del barco sea uniforme y rectilíneo. Desde el marco de referencia del barco en movimiento, la piedra cae describiendo una trayectoria rectilínea vertical, y llega a la base del mástil.
37. No eres barrido porque todos viajamos tan rápido como la Tierra, así como te mueves cuando estás en el interior de un vehículo que va muy rápido. Además no hay atmósfera que deba atravesar la Tierra; si la hubiera ¡haría mucho más que volarnos los sombreros de la cabeza!
39. Esto se parece al ejercicio 38. Si el balón se dispara mientras el tren se mueve con velocidad constante (rapidez constante en una línea recta), su rapidez horizontal antes, durante y después del disparo es igual que la del tren, y así el balón regresa a la chimenea, como si el tren estuviera en reposo. Si el tren cambia su rapidez, el balón falla y no cae en la chimenea, porque su rapidez horizontal coincide con la del tren al momento del disparo, pero no en el momento de la caída. De igual modo, en una vía circular, el balón tampoco cae en la chimenea, porque se moverá a lo largo de la tangente a la vía, mientras que el tren da vuelta y se aparta de esa tangente. Así, en el primer caso el balón regresa a la chimenea, mientras que en el segundo y el tercer caso no regresa, debido al cambio de movimiento.

Capítulo 3 Movimiento rectilíneo

Respuestas a los ejercicios

- La rapidez en el impacto será la rapidez relativa, 2 km/h ($100\text{ km/h} - 98\text{ km/h} = 2\text{ km/h}$).
- La multa por exceso de velocidad se basa en tu rapidez instantánea, que es la que se registra en un velocímetro o en un dispositivo de radar.
- Velocidad constante quiere decir que no hay aceleración, por lo que la aceleración de la luz es cero.
- Si; de nuevo, la velocidad y la aceleración no necesitan tener la misma dirección. Por ejemplo, una pelota arrojada hacia arriba invierte su dirección de movimiento en su punto más alto, mientras que su aceleración g , que actúa hacia abajo, permanece constante (esta idea se explicará con más detalle en el capítulo 4). Observa que si una pelota tuviera aceleración cero en el punto en que su rapidez es cero, esa rapidez *permanecería* en cero. ¡Se quedaría en la cúspide de su trayectoria!
- "El auto siguió la curva con una *rapidez* constante de 100 km/h ." Velocidad constante quiere decir no sólo rapidez constante; también dirección constante. Un auto que toma una curva cambia su dirección de movimiento.
- No puedes decir cuál automóvil sufrió la mayor aceleración, a menos que conozcas los tiempos que intervienen.
- Un objeto que se mueve en trayectoria circular con rapidez constante es un ejemplo sencillo de la aceleración a rapidez constante, porque su velocidad está cambiando de dirección. No hay ejemplo del segundo caso, porque velocidad constante quiere decir aceleración cero. No se puede tener aceleración distinta de cero y al mismo tiempo tener velocidad constante. No hay ejemplos de cosas que aceleren mientras no aceleran.

Física CONCEPTUAL

15. La aceleración de un objeto tiene dirección contraria a su velocidad, cuando ésta decrece; como una pelota que sube o un automóvil que enfrena y se detiene.
17. La bola de en medio. Aumenta su rapidez al principio, donde la pendiente es más pronunciada, por lo que su rapidez promedio es mayor, aunque tenga menos aceleración en la última parte de su recorrido.
19. El mayor cambio de rapidez es para el objeto más lento. El cambio de rapidez es de $30 \text{ km/h} - 25 \text{ km/h} = 5 \text{ km/h}$, mientras que para el más rápido es de $100 \text{ km/h} - 96 \text{ km/h} = 4 \text{ km/h}$, como los dos cambios se realizan durante el mismo tiempo; concluimos que el más lento tiene la mayor aceleración.
21. La caída libre se define como la caída bajo la única influencia de la gravedad, sin resistencia del aire u otras fuerzas no gravitacionales. Así que tu amigo debe omitir la palabra "libre" y decir algo así como: "la resistencia del aire es más eficaz para desacelerar una pluma que cae que una moneda que cae".
23. Las indicaciones de distancia serían mayores en los segundos consecutivos. Durante cada segundo consecutivo, el objeto cae con más rapidez y recorre mayor distancia.
25. Cuando no hay resistencia del aire, la aceleración es g , independientemente de cómo se lance la pelota. La aceleración y la rapidez de una pelota son cosas totalmente distintas.
27. Ambas llegan al suelo con la misma rapidez. Eso se debe a que la pelota lanzada hacia arriba pasará de regreso, hacia abajo, por su punto inicial con la misma rapidez que tenía cuando fue lanzada hacia arriba. Entonces, el resto de su trayectoria hacia abajo es el mismo que para una pelota lanzada hacia abajo con la misma rapidez.
29. Si la resistencia del aire no importa, su aceleración es siempre de 10 m/s^2 , independientemente de su rapidez inicial. Lanzado hacia abajo, su rapidez será mayor, pero no su aceleración.
31. Contando hasta veinte significa dos veces el tiempo. En el doble del tiempo la bola rodará cuatro veces la distancia (la distancia es proporcional al cuadrado del tiempo).
33. Si no fuera por el efecto desacelerador del aire, las gotas de lluvia llegarían al suelo ¡como balas de gran rapidez!
35. La esfera de B termina primero, porque su rapidez promedio a lo largo de la parte inferior, así como en las pendientes de bajada y de subida, es mayor que la rapidez promedio de la esfera a lo largo de la pista A.
37. La forma en que respondas puede concordar o no con la repuesta del autor: hay pocos ejemplos puros en física, porque la mayor parte de los casos reales implican una combinación de efectos. En general, suele haber un efecto "de primer orden" que es básico en el caso, pero también hay efectos de segundo, tercer y hasta cuarto orden, que también interactúan. Si comenzamos a estudiar un concepto, al tener en cuenta todos los efectos en conjunto antes de haber estudiado por separado sus contribuciones,

es probable que sea difícil comprenderlo. Para comprender mejor lo que está sucediendo se aparta un caso de todos los efectos, excepto de los de primer orden, y se examina. Cuando se tiene buen dominio del caso, se sigue investigando los demás efectos, para que el conocimiento sea más completo. Como ejemplo está el caso de Kepler, quien hizo el asombroso descubrimiento de que los planetas describen trayectorias elípticas. Hoy sabemos que no se mueven describiendo elipses perfectas, porque cada planeta afecta el movimiento de los demás. Pero si Kepler se hubiera detenido en esos efectos de segundo orden, no habría hecho su descubrimiento fundamental. De igual modo, si Galileo no hubiera podido liberar su razonamiento acerca de la fricción que se da en el mundo real, podría no haber hecho sus grandes descubrimientos en la mecánica.

39. En la Luna la aceleración debida a la gravedad es considerablemente menor, así que brincar sería mucho más alto (¡seis veces más alto en un mismo tiempo!).

Soluciones a los problemas del capítulo 3

1. Como $v = d/t$, entonces $t = d/v$. Se convierten 3 m en 3000 mm, y $t = \frac{3000 \text{ mm}}{1.5 \text{ mm/año}} = 2000 \text{ años}$.
3. Como comienza subiendo a 30 m/s y pierde 10 m/s en cada segundo, su tiempo de subida es 3 segundos. Su tiempo de bajada también es 3 segundos, por lo que está un total de 6 segundos en el aire. La distancia de subida (o de bajada) es $\frac{1}{2}gt^2 = 5 \times 3^2 = 45 \text{ m}$. O bien, como $d = vt$, donde la velocidad promedio es $(30 + 0)/2 = 15 \text{ m/s}$, y el tiempo es 3 segundos, también se llega a $d = 15 \text{ m/s} \times 3 \text{ s} = 45 \text{ m}$.
5. Se usa $g = 10 \text{ m/s}^2$ y se ve que $v = gt = (10 \text{ m/s}^2)(10 \text{ s}) = 100 \text{ m/s}$;

$$v = \frac{(v_{\text{inicial}} + v_{\text{final}})}{2} = \frac{(0 + 100)}{2} = 50 \text{ m/s, hacia abajo.}$$
 Se puede calcular la altura caída partiendo de $d = vt = (50 \text{ m/s})(10 \text{ s}) = 500 \text{ m}$,
 o bien, lo que es lo mismo, de $d = \frac{1}{2}gt^2 = 5(10)^2 = 500 \text{ m}$. (La física es bella... ¡se llega a la misma distancia usando cualesquiera de las dos fórmulas!)
7. Rapidez promedio = distancia total recorrida/tiempo empleado = $1200 \text{ km/tiempo total}$. El tiempo en el primer tramo del viaje es $600 \text{ km}/200 \text{ km/h} = 3 \text{ h}$. El del último tramo es $600 \text{ km}/300 \text{ km/h} = 2 \text{ h}$. Entonces, el tiempo total es 5 h. La rapidez promedio es, entonces = $1200 \text{ km}/5 \text{ h} = 240 \text{ km/h}$. (Observa que no puedes usar la fórmula rapidez promedio = rapidez al comienzo + rapidez al final dividida entre 2, que se aplica sólo cuando la aceleración es constante.)

9. Las gotas estarían en caída libre y acelerarían g . El aumento de velocidad $= gt$, por lo que se debe calcular el tiempo de caída.

Se parte de $d = 1/2 gt^2$, $t = \sqrt{2d/g} = \sqrt{2000 \text{ m}/10 \text{ m/s}^2} = 14.1 \text{ s}$. Entonces, el aumento de velocidad es $(10 \text{ m/s}^2)(14.1 \text{ s}) = 141 \text{ m/s}$ (¡más de 300 millas por hora!).

Capítulo 4 Segunda ley de Newton del movimiento

Respuestas a los ejercicios

- La fuerza neta es cero, porque el Mercedes viaja a velocidad constante, lo que quiere decir que su aceleración es cero.
- No, porque puede haber cualquier cantidad de fuerzas actuando sobre él. Todo lo que se puede decir es que si no acelera, no actúa fuerza *neta* sobre él.
- A velocidad constante, la fuerza neta es cero, así que la fricción también es igual a 1 N.
- La única fuerza que actúa sobre una piedra lanzada en la Luna es la gravitacional, entre la piedra y la Luna, porque allá no hay aire y en consecuencia no hay fricción del aire.
- Deslizarse hacia abajo, a velocidad constante, quiere decir que la aceleración es cero y la fuerza neta es cero. Esto puede suceder si la fricción es igual al peso del oso, que es 4000 N. Fricción = peso del oso = $mg = (400 \text{ kg})(10 \text{ m/s}^2) = 4000 \text{ N}$.
- Mueve las cajas. La que ofrezca la mayor resistencia a la aceleración es la que tiene más masa, y es la que contiene la arena.
- Un cuchillo masivo es más efectivo, porque su masa mayor produce una mayor tendencia a mantener el movimiento, en el momento de picar las verduras.
- Diez kilogramos pesan unos 100 N en la Tierra (peso = $mg = 10 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 = 100 \text{ N}$, o 98 N si se usó $g = 9.8 \text{ m/s}^2$). En la Luna, el peso sería 1/6 de 100 N = 16.7 N (o 16.3 N si se usó $g = 9.8 \text{ m/s}^2$). La masa sería 10 kg en todas partes.
- El peso y la masa son directamente proporcionales, así que en cualquier localidad, cuando tu masa aumenta tu peso también aumenta.
- Para ver por qué aumenta la aceleración a medida que un cohete quema el combustible, examina la ecuación $a = F/m$. Al quemarse el combustible, disminuye la masa del cohete. Al disminuir m , ¡aumenta! Simplemente hay menos masa que acelerar a medida que se consume combustible.
- La tasa de aumento de la rapidez, que es la aceleración, es la relación fuerza/masa (segunda ley de Newton), que en la caída libre no es más que peso/masa. Como el peso es proporcional a la masa, la relación peso/masa es igual, cualquiera que sea el peso de un cuerpo. Entonces, todos los cuerpos en caída libre tienen el mismo aumento de rapidez: g (como se ve en la figura 4.14). Aunque el peso no afecta a la rapidez en la caída libre, el peso sí afecta a la rapidez de caída en presencia de la resistencia del aire (NO es una caída libre).
- Las fuerzas que actúan en dirección horizontal son la fuerza de impulsión, proporcionada por la fricción entre los neumáticos y el pavimento, y las de resistencia, que principalmente son las de fricción con el aire. Esas fuerzas se anulan y el automóvil se encuentra en equilibrio dinámico, con una fuerza neta igual a cero.
- Ten en cuenta que 30 N tiran de 3 bloques. Para tirar de 2 bloques se requiere una tracción de 20 N, que es la tensión en la cuerda entre el segundo y el tercer bloque. La tensión en la cuerda que sólo tira del tercer bloque es, por consiguiente, 10 N. (Observa que la fuerza neta sobre el primer bloque es $30 \text{ N} - 20 \text{ N} = 10 \text{ N}$, es la necesaria para acelerarlo, y que tiene la tercera parte de la masa total.)
- La única fuerza hacia arriba es la del piso que te empuja hacia arriba, en respuesta a tu empuje hacia abajo sobre el piso.
- En la cúspide de tu salto, la aceleración es g . Deja que la ecuación de la aceleración, con la segunda ley de Newton, guíe tu razonamiento: $a = F/m = mg/m = g$. Si dijiste que es cero, implica que la fuerza de gravedad no actúa en la cúspide del salto. ¡No es así!
- Cuando te detienes de repente, tu velocidad cambia rápidamente, lo que equivale a una gran aceleración de frenado. Según la segunda ley de Newton eso quiere decir que la fuerza que actúa sobre ti también es grande. Lo que te hace daño es sentir una gran fuerza.
- Cuando conduces a velocidad constante, la fuerza neta cero sobre el vehículo es la resultante de la fuerza de impulsión proporcionada por el motor contra la fuerza de resistencia por fricción. Continúas aplicando una fuerza de impulsión para compensar la fuerza de resistencia, ya que si no fuera así desaceleraría tu vehículo.
- Cuando se mantiene en reposo, la fuerza de apoyo hacia arriba es igual a la fuerza de gravitación sobre la manzana, y la fuerza neta es cero. Cuando se suelta, ya no está la fuerza de apoyo hacia arriba, y la fuerza neta es la fuerza gravitacional de 1 N. (Si la manzana cae con la rapidez suficiente para que importe la resistencia del aire, la fuerza neta será menor que 1 N y al final puede llegar a cero, si la resistencia del aire llega a ser 1 N.)
- Ambas fuerzas tienen la misma magnitud. Es más fácil de comprender si visualizas al paracaidista en reposo en una fuerte corriente hacia arriba, en equilibrio estático. Sea el equilibrio estático o dinámico, la fuerza neta es cero.
- En cada caso el papel llega a la rapidez terminal, lo que quiere decir que la resistencia del aire es igual al peso del papel. Entonces, la resistencia del aire será igual en los dos casos! Naturalmente, el papel hecho bola cae con más rapidez para que la resistencia del aire sea igual al peso del papel.
- Cuando algo cae a velocidad constante, la resistencia del aire y la fuerza gravitacional tienen igual magnitud. Las gotas de lluvia no son más que un ejemplo.

43. En general hay dos rapidezces terminales, una antes de abrirse el paracaídas, que es mayor, y otra después de abrirse, que es menor. La diferencia tiene que ver principalmente con las distintas áreas que se presentan al aire, durante la caída. El área grande que presenta el paracaídas abierto da como resultado una rapidez terminal menor, lo suficientemente baja como para que el aterrizaje sea seguro.
45. La rapidez terminal alcanzada por el gato que cae es igual si cae desde 50 pisos o desde 20 pisos. Una vez alcanzada esa rapidez terminal, caer una distancia adicional no afecta la rapidez. (Las bajas velocidades terminales que tienen los organismos pequeños les permite aterrizar sin dañarse, desde alturas que matarían a organismos mayores.)
47. En realidad la resistencia del aire no es despreciable para una caída tan alta, por lo que la pelota más pesada llega primero al piso. (Esta idea se muestra en la figura 4.14.) Pero aunque una pelota con doble peso llega primero al piso, sólo cae con una poca más de rapidez, y no con doble rapidez, que es lo que creían los seguidores de Aristóteles. Galileo reconoció que la pequeña diferencia se debe a la fricción, y que no existiría si no hubiera fricción.
49. La resistencia del aire disminuye la rapidez de un objeto en movimiento. Por consiguiente la pelota tiene una rapidez menor que la inicial cuando regresa al nivel desde donde fue arrojada. El efecto es fácil de ver con una pluma lanzada hacia arriba con una resortera. ¡De ningún modo regresará a su punto de partida con la misma rapidez inicial!
3. (a) Actúan dos pares de fuerza: el tirón de la Tierra sobre la manzana (acción) y el tirón de la manzana sobre la Tierra (reacción). La mano impulsa la manzana hacia arriba (acción) y la manzana empuja a la mano hacia abajo (reacción). (b) Si no se tiene en cuenta la resistencia del aire, actúa un par de fuerzas: el tirón de la Tierra sobre la manzana y el tirón de la manzana sobre la Tierra. Si es notable la resistencia del aire, entonces el aire empuja hacia arriba a la manzana (acción) y la manzana empuja el aire hacia abajo (reacción).
5. (a) Acción: el bat pega a la bola. Reacción: la bola pega al bat. (b) Cuando está en el aire hay dos interacciones: una con la gravedad terrestre y la otra con el aire. Acción: la Tierra tira de la bola hacia abajo (peso). Reacción: la bola tira de la Tierra hacia arriba. Y además acción: el aire empuja a la bola y reacción: la bola empuja al aire.
7. Los miles de millones de pares de fuerzas son internos en el libro y no ejercen fuerza neta sobre él. Es necesaria una fuerza neta externa para acelerar el libro.
9. Cuando las pesas son aceleradas hacia arriba, la fuerza ejercida por el atleta es mayor que el peso de ellas (al mismo tiempo, las pesas empujan con mayor fuerza contra el atleta). Cuando la aceleración es hacia abajo, la fuerza suministrada por el atleta es menor.
11. Cuando jalas del manubrio hacia arriba, a su vez el manubrio jala de ti hacia abajo. Esa fuerza hacia abajo se transmite a los pedales.
13. Cuando el escalador tira de la cuerda hacia abajo, la cuerda tira del escalador hacia arriba, en forma simultánea, y es la dirección que quiere el escalador.
15. Las fuerzas no se anulan porque actúan sobre cosas diferentes: una actúa sobre el caballo y la otra sobre la carreta. Es cierto que la carreta tira del caballo hacia atrás, y eso evita que corra tan rápido como cuando no tiene enganchada la carreta. Pero la fuerza que actúa sobre la carreta (el tirón del caballo menos la fricción) dividida entre la masa de la carreta, produce la aceleración de la misma. Para acelerar, el caballo debe empujar contra el piso con más fuerza que la que ejerce sobre la carreta, que la fuerza que ejerce la carreta sobre él. Así que ordena al caballo que empuje el suelo hacia atrás.
17. Como en el ejercicio anterior, la fuerza sobre cada carrito será igual. Pero como las masas son distintas, las aceleraciones serán distintas. El carrito con el doble de masa sólo tendrá la mitad de la aceleración del que tiene menos masa, y sólo alcanzará la mitad de su rapidez.
19. De acuerdo con la tercera ley de Newton, la fuerza sobre cada uno será igual. Pero el efecto de la fuerza, que es la aceleración, será distinta en cada caso porque las masas son distintas. El camión con más masa sufre menor cambio de movimiento que el automóvil.

Soluciones a los problemas del capítulo 4

1. Aceleración = $F/m = 0.9 \text{ mg/m} = 0.9g$.
3. El peso de la cubeta es $mg = 20 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 = 200 \text{ N}$.
Entonces, $a = F/m = (300 \text{ N} - 200 \text{ N})/(50 \text{ kg}) = 2 \text{ m/s}^2$.
5. Para el jumbo, $a = F/m = 4(30,000 \text{ N})/(30,000 \text{ kg}) = 4 \text{ m/s}^2$.
7. Fuerza neta (hacia abajo) = $ma = (80 \text{ kg})(4 \text{ m/s}^2) = 320 \text{ N}$. La gravedad tira de él hacia abajo con una fuerza de $(80 \text{ kg})(10 \text{ m/s}^2) = 800 \text{ N}$, por lo que la fuerza de fricción hacia arriba es $800 \text{ N} - 320 \text{ N} = 480 \text{ N}$.
9. (a) $a = (\text{cambio de } v)/t = (1 \text{ m/s})/(2 \text{ s}) = 0.5 \text{ m/s}^2$.
(b) $F = ma = (60 \text{ kg})(0.5 \text{ m/s}^2) = 30 \text{ N}$.

Capítulo 5 Tercera ley de Newton del movimiento

Respuestas a los ejercicios

1. De acuerdo con la tercera ley de Newton, Steve y Gretchen se tocan uno a otro. Uno puede iniciar el toque, pero la interacción física no puede suceder sin el contacto entre Steve y Gretchen. Verdaderamente ¡tú no puedes tocar sin ser tocado!

Física CONCEPTUAL

21. El equipo ganador empuja más contra el piso. Entonces, el piso empuja más a ellos y produce una fuerza neta en su favor.
23. Las mujeres ganan, porque pueden aprovechar más fricción contra el piso. ¡Los pies de los hombres se resbalan!
25. Al parecer el escritor no sabía que la reacción a los gases de escape no depende de que haya un medio para ellos. Por ejemplo, una pistola dará un retroceso aunque se dispare en el vacío. De hecho, en un vacío no hay resistencia del aire, y una bala o un cohete avanzan todavía mejor.
27. Las cantidades vectoriales son velocidad y aceleración. Todas las demás son escalares.
29. Una hamaca muy tirante tiene más tensión en las cuerdas que la sostienen, que una que cuelga. Es más probable que se rompan las cuerdas tirantes.
31. Las rayas inclinadas tienen dos componentes. Una es la velocidad vertical de la lluvia que cae. La otra es la velocidad horizontal del vehículo. A 45° esas componentes son iguales, lo que quiere decir que la rapidez de las gotas que caen es igual a la rapidez del vehículo.
33. La otra interacción es entre la piedra y el suelo donde descansa. La piedra empuja hacia abajo sobre la superficie del suelo; digamos que ésta es la acción; entonces la reacción es el suelo que empuja la piedra hacia arriba. A esta fuerza hacia arriba sobre la piedra se le llama *fuerza normal*.
35. (a) Como se indica.

(b) Sí.

(c) Porque la piedra está en equilibrio.

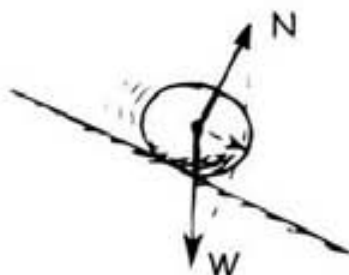
37. (a) Como se indica.



(b) $A = F/m = mg/m = g$.

39. (a) Sólo el peso y la fuerza normal.

(b) Como se indica.



Soluciones a los problemas del capítulo 5

1. $F = ma = m\Delta v/\Delta t = (0.003 \text{ kg})(25 \text{ m/s})(0.05 \text{ s}) = 1.5 \text{ N}$, más o menos 150 gramos.
3. Golpean la cara con la resultante de las componentes horizontal y vertical: $R = \sqrt{(3.0 \text{ m/s})^2 + (4.0 \text{ m/s}^2)} = 5 \text{ m/s}$.

5. Velocidad respecto al suelo $V = \sqrt{(100 \text{ km/h})^2 + (100 \text{ km/h})^2} = 141 \text{ km/h}$, 45° al noreste (a 45° con respecto a la dirección del viento). La velocidad con respecto al piso es la diagonal de un triángulo de $45^\circ - 45^\circ - 90^\circ$.

Capítulo 6 Cantidad de movimiento Respuestas a los ejercicios

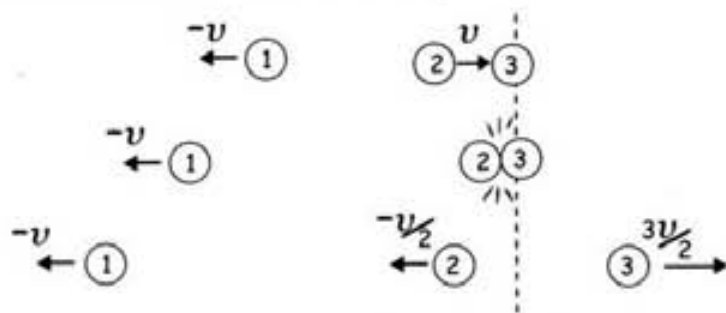
1. Los barcos supertanques son tan grandes que aun con poca rapidez su inercia de movimiento, o *cantidad de movimiento* es enorme. Eso quiere decir que se necesitan impulsos enormes para cambiar el movimiento. ¿Cómo pueden producirse grandes impulsos con fuerzas modestas? Aplicando fuerzas modestas durante largos tiempos. En consecuencia, la fuerza de la resistencia del agua a través del tiempo que tarda en desacelerar durante 25 kilómetros reduce la cantidad de movimiento en forma suficiente.
3. Las bolsas de aire alargan el tiempo del impacto, y en consecuencia reducen la fuerza de éste.
5. Esto ilustra lo mismo que el ejercicio anterior. Se alarga el tiempo durante el cual se reduce la cantidad de movimiento, y en consecuencia se reduce la fuerza del tirón de la cuerda. Observa que en todos estos ejemplos, al desacelerar a una persona hasta llegar al reposo con más suavidad *no* se reduce el impulso. Sólo se reduce la fuerza.
7. Las palas imparten un impulso hacia abajo al aire, y producen un cambio de la cantidad de movimiento, hacia abajo. Al mismo tiempo, el aire ejerce un impulso hacia arriba sobre las palas y proporciona la sustentación. (La tercera ley de Newton se aplica a los impulsos, así como a las fuerzas.)
9. El impulso necesario para detener al camión pesado es mucho mayor que el necesario para detener una patineta que se mueva con la misma rapidez. Sin embargo, la *fuerza* requerida para detenerse depende del tiempo empleado en detenerse. Cuando se detiene una patineta en una fracción de segundo actúa determinada fuerza. Si al camión se le aplica menos que esa fuerza y se le da el tiempo suficiente, el camión terminará por detenerse.
11. La gran cantidad de movimiento del agua expulsada se emplea en el retroceso que hace difícil sujetar la manguera, igual que es difícil sostener una escopeta cuando se disparan perdigones.
13. El impulso es fuerza $\times$ tiempo. Las fuerzas son iguales y opuestas, de acuerdo con la tercera ley de Newton, y los tiempos son iguales, por lo que los impulsos son iguales y opuestos.
15. La cantidad de movimiento de la manzana que cae se transfiere a la Tierra. Es interesante que cuando se suelta la manzana, la Tierra y ella se acercan con cantidades de movimiento iguales y opuestas. Debido a la enorme masa de la Tierra, su movimiento es imperceptible. Cuando la manzana y la Tierra se golpean entre sí, su cantidad de movimiento se detiene; es cero, el mismo valor que antes.

17. El guante más ligero tiene menos acolchonado y menor capacidad de extender el tiempo del impacto; el resultado son mayores fuerzas de impacto para determinado golpe.
19. Si no hubiera esta holgura, una locomotora podría simplemente quedarse detenida y hacer girar las ruedas. El acoplamiento holgado permite un mayor tiempo para que todo el tren aumente su cantidad de movimiento, y se necesita menos fuerza en las ruedas de la locomotora contra la vía. De esta forma, el impulso general necesario se descompone en una serie de impulsos menores. (Este acoplamiento holgado puede ser muy importante también para el frenado.)
21. Al saltar, impartes la misma cantidad de movimiento tanto a ti como a la canoa. Esto significa que saltas de una canoa que se aleja del muelle, lo que reduce tu rapidez con relación a éste, así que no saltas tan lejos como esperabas.
23. Para llegar a la orilla, la persona puede lanzar llaves o monedas o algo de ropa. La cantidad de movimiento de lo arrojado se acompañará con la cantidad de movimiento contrario de la persona que arroja. De este modo se provocan retrocesos hasta llegar a la orilla. (También se puede inhalar de cara a la orilla, y exhalar dando la espalda a ésta.)
25. Si en el ejercicio 23 uno arroja la ropa, la fuerza que la acelera quedará apareada con una fuerza igual y opuesta sobre quien la lanza. Esta fuerza puede producir retroceso hacia la orilla. Acerca del ejercicio 24, de acuerdo con la tercera ley de Newton, todas las fuerzas que ejerzas sobre la pelota, primero en una dirección y después en otra, están balanceadas por las fuerzas iguales y opuestas que la pelota ejerce sobre ti. Como las fuerzas sobre la pelota no dan una cantidad de movimiento final, las fuerzas que ejerce sobre ti tampoco producen cantidad de movimiento final.
27. Cuando interactúan dos objetos, las fuerzas que ejercen entre ellos son iguales y opuestas, y actúan durante el mismo tiempo, por lo que los impulsos son iguales y opuestos. En consecuencia, sus cambios de cantidad de movimiento son iguales y opuestos, y el cambio total de cantidad de movimiento de los objetos es cero.
29. La cantidad de movimiento no se conserva para la pelota misma, porque sobre ella se ejerce un impulso (fuerza gravitacional $\times$ tiempo). Entonces la pelota aumenta su cantidad de movimiento. Es en *ausencia* de una fuerza externa que no cambia la cantidad de movimiento. Si se supone que toda la Tierra y la pelota son un sistema, la interacción gravitacional entre ellas son fuerzas internas y no actúa impulso externo. Entonces, la cantidad de movimiento sobre la pelota se acompaña por una cantidad de movimiento igual y opuesta de la Tierra, con lo que el resultado es que no cambia la cantidad de movimiento.
31. Si el sistema es sólo la piedra, es claro que cambia su cantidad de movimiento al caer. Si se agranda el sistema para incluir a la piedra y a la Tierra. La cantidad de movimiento hacia abajo queda anulada por la cantidad de movimiento de la Tierra, igual y opuesta, al "apresurarse" a salir al encuentro de la piedra.
33. Este ejercicio se parece al anterior. Si se considera que Bronco es el sistema, entonces una fuerza neta actúa y cambia la cantidad de movimiento. En el sistema formado sólo por Bronco, no se conserva la cantidad de movimiento. Sin embargo, si se considera que el sistema es Bronco y el mundo (incluyendo el aire), todas las fuerzas que actúan son internas, y se conserva la cantidad de movimiento. La cantidad de movimiento sólo se conserva en sistemas que no están sujetos a fuerzas externas.
35. El velero se mueve hacia la derecha. Se debe a que hay dos impulsos que actúan sobre él: uno es el del viento contra la vela y el otro es el del retroceso del ventilador por el viento que produce. Esos impulsos tienen dirección opuesta, pero ¿son de igual magnitud? ¡No, por el rebote! El viento rebota de la vela y produce mayor impulso que si sólo se detuviera. Este mayor impulso sobre la vela produce un impulso neto en dirección de avance, hacia la derecha. Lo podemos ver también en términos de fuerzas. Observa, en el esquema, que hay que considerar dos pares de fuerza: (1) el par ventilador-aire y (2) el par aire-vela. Debido al rebote, el par aire-vela es mayor. Los vectores de línea llena muestran las fuerzas que se ejercen sobre el velero; los de línea de puntos muestran las fuerzas ejercidas sobre el aire. La fuerza neta sobre el velero es de avance, hacia la derecha. El principio descrito aquí se aplica a los inversores de empuje que se usan para desacelerar los aviones de reacción al aterrizar. También puedes ver que después de encender el ventilador, hay un movimiento neto de aire hacia la izquierda, por lo que para que el bote conserve su cantidad de movimiento se moverá hacia la derecha.



37. ¡El mejor método de impulsar el velero es quitarle la vela y voltear el ventilador hacia atrás! Entonces sobre el velero se ejerce el impulso máximo. Si no se voltea el ventilador, el bote es impulsado hacia atrás, hacia la derecha. (Esos botes impulsados por hélice se usan donde el agua es muy poco profunda, como en los pantanos Everglades de Florida.)
39. De acuerdo con la tercera ley de Newton, la fuerza sobre el insecto tiene igual magnitud y dirección opuesta a la fuerza sobre el parabrisas. El resto es lógico. Como el tiempo de impacto es igual para ambos, la cantidad de impulso es igual para ambos, y eso quiere decir que ambos tienen igual cambio de cantidad de movimiento. El cambio de cantidad de movimiento para el insecto se ve claro, por su gran cambio de rapidez. El mismo cambio de cantidad de movimiento del vehículo, mucho más grande, no se nota, porque el cambio en su rapidez es muy pequeño. Sin embargo, ¡la magnitud de $m\Delta v$ para el insecto es igual a $M\Delta v$ para el vehículo!

41. Los automóviles que se detienen con rapidez experimentan un cambio de cantidad de movimiento y un impulso correspondiente. Pero si los automóviles rebotan, sucede un cambio mayor de cantidad de movimiento, con un impulso respectivamente mayor, y en consecuencia más daños. Resultan menos daños si los automóviles quedan unidos por el impacto, que si rebotan y se apartan.
43. Al suponer que los astronautas tienen igual fuerza, quiere decir, que cada uno lanza con la misma rapidez. Como las masas son iguales, cuando el primero lanza al segundo, el primero y el segundo se alejan entre sí con rapidez iguales. Si el astronauta lanzado se mueve hacia la derecha con velocidad V , el primero retrocede con velocidad $-V$. Cuando el tercero hace la atrapada, él y el segundo se mueven hacia la derecha con velocidad $V/2$ (dos veces la masa se mueve a la mitad de la rapidez, como los vagones de la figura 6.11). Cuando el tercero hace su lanzamiento retrocede a la velocidad V (la misma que imparte al astronauta que arrojó), que se suma a $V/2$ que adquirió en la atrapada. Entonces, su velocidad es $V + V/2 = 3V/2$ hacia la derecha; demasiado rápida para seguir jugando. ¿Por qué? Porque la velocidad del segundo astronauta es $V/2 - V = -V/2$ hacia la izquierda; es demasiado lento para alcanzar al primer astronauta que se sigue moviendo a $-V$. El juego termina. El primero y el tercer astronauta ¡sólo pudieron lanzar una vez al segundo!



45. El impulso será mayor si la mano rebota, porque hay mayor cambio en la cantidad de movimiento de la mano y el brazo, acompañado de mayor impulso. La fuerza ejercida sobre los ladrillos es igual y opuesta a la fuerza de los ladrillos sobre la mano. Por fortuna, la mano es elástica y está robustecida por una larga práctica.
47. Sus masas son iguales; la mitad de la rapidez de las partículas acopladas equivale a masas iguales de la partícula que choca y la del blanco. Es como los furgones de masa igual que se ven en la figura 6.11.
49. Si una bola no golpea directo, la bola blanca sale despedida formando un ángulo (por ejemplo, hacia la izquierda) y tiene un componente lateral de cantidad de movimiento respecto a la cantidad de movimiento inicial de la bola que se aproximaba. Para compensarlo, esta bola no puede sólo quedarse en reposo, sino debe salir despedida en la dirección contraria (por ejemplo, hacia la derecha). Lo hará de tal manera que su componente lateral de cantidad de movimiento sea igual y opuesta a la de la bola blanca. Esto quiere decir que la cantidad de movimiento lateral total es cero, la que había antes del choque. (En la figura 6.16 observa cómo se anulan las componentes laterales de la cantidad de movimiento.)

Soluciones a los problemas del capítulo 6

- La bola de boliche tiene una cantidad de movimiento de $(10 \text{ kg})(6 \text{ m/s}) = 60 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$, y es la magnitud del impulso necesario para detenerla. Eso es un impulso de $60 \text{ N} \cdot \text{s}$. (Observa que $\text{N} \cdot \text{s} = \text{kg} \cdot \text{m/s}$.)
- Se parte de $Ft = \Delta mv$, entonces $F = \frac{\Delta mv}{t}$

$$= [(75 \text{ kg})(25 \text{ m/s})]/0.1 \text{ s} = 18,750 \text{ N}.$$
- La cantidad de movimiento de la bola atrapada es $(0.15 \text{ kg})(40 \text{ m/s}) = 6.0 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$. (a) El impulso para producir este cambio de cantidad de movimiento tiene la misma magnitud, $6.0 \text{ N} \cdot \text{s}$. (b) De $Ft = \Delta mv$, se ve que $F = \Delta mv/t = [0.15 \text{ kg})(40 \text{ m/s})]/0.03 \text{ s} = 200 \text{ N}$.
- La cantidad de movimiento después del choque es cero, lo que quiere decir que la cantidad de movimiento antes del choque debe haber sido cero. Entonces, la bola de 1 kg debe moverse con el doble de rapidez que la de 2 kg , por lo que las magnitudes de sus cantidades de movimiento son iguales.
- Cantidad de movimiento_{antes} = cantidad de movimiento_{después}

$$(5 \text{ kg})(1 \text{ m/s}) + (1 \text{ kg})v = 0$$

$$5 \text{ m/s} + v = 0$$

$$v = -5 \text{ m/s}$$

Entonces, si el pez pequeño se acerca al grande a 5 m/s , la cantidad de movimiento después del lunch será cero.

- Se puede aplicar la conservación de la cantidad de movimiento en ambos casos. (a) Para el movimiento de frente, la cantidad de movimiento es cero, por lo que la chatarra después del choque debe quedar inmóvil. (b) Como se ve en la figura 6.15, la cantidad total de movimiento se dirige hacia el noreste; es la resultante de dos vectores perpendiculares, cada uno con magnitud de $20,000 \text{ kg m/s}$. Tiene la magnitud de $28,200 \text{ kg m/s}$. La rapidez de la chatarra es igual a la cantidad de movimiento dividida entre la masa total $v = (28,200 \text{ kg m/s})/(2000 \text{ kg}) = 14.1 \text{ m/s}$.

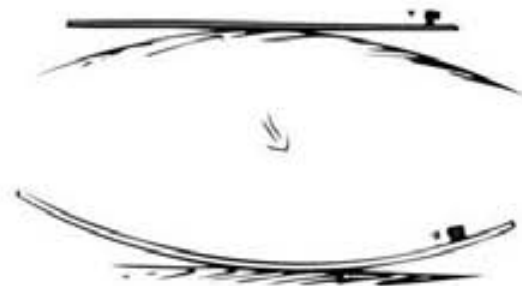
Capítulo 7 Energía

Respuestas a los ejercicios

- Es más fácil detener un camión con poca carga que uno más pesado que se mueva a la misma rapidez, porque tiene menos EC y en consecuencia necesitará menos trabajo para detenerse. (Se acepta una respuesta en función de impulso y cantidad de movimiento.)
- La EP del arco tensado calculada así sería demasiado; de hecho, sería más o menos el doble de su valor real, porque la fuerza aplicada para tensar el arco comienza siendo cero y aumenta hasta su valor máximo cuando el arco está totalmente tenso. Es fácil ver que se requiere menos fuerza, y en consecuencia menos trabajo, para tensar el arco a la mitad, que para tensarlo la segunda mitad hasta su posición totalmente tensa. Entonces, el trabajo efectuado no es igual a *fuerza máxima* $\times$ *distancia tensada*, sino fuer-

za promedio $\times$ distancia tensada. En este caso en que la fuerza varía casi en forma directa con la distancia (y no en función del cuadrado, o algún otro factor complicado), la fuerza promedio no es más que la fuerza inicial + la fuerza final, divididas entre 2. Entonces, la EP es igual a la fuerza promedio aplicada (que sería casi la mitad de la fuerza en la posición totalmente tensa) multiplicada por la distancia que retrocede la flecha.

5. La EC de la pelota lanzada, en relación con los ocupantes del avión no depende de la rapidez de éste. Sin embargo, la EC de la pelota en relación con los observadores en el suelo es otra historia. La EC, como la velocidad, es relativa. (Esto se parece a la pregunta "Examine" del libro de texto.)
7. Si el objeto tiene EC, debe tener cantidad de movimiento, porque se está moviendo. Pero puede tener energía potencial sin tener cantidad de movimiento. Y cada objeto tiene su "energía de existir", que se define con la célebre ecuación $E = mc^2$. Entonces, se mueva o no un objeto, tiene alguna forma de energía. Si tiene EC, entonces también tiene cantidad de movimiento con respecto al marco de referencia desde donde se mide su EC.
9. Cuando sube al doble la velocidad, la cantidad de movimiento sube al doble y la EC aumenta en un factor de 4. La cantidad de movimiento es proporcional a la velocidad, y la EC a la velocidad al cuadrado.
11. En el sentido popular, conservar energía quiere decir no desperdiciarla. En el sentido físico, conservación de la energía se refiere a una ley de la naturaleza que es común a los procesos naturales. Aunque la energía se puede desperdiciar (lo cual en realidad quiere decir transformarla de una forma más útil a otra menos útil), no puede destruirse, ni puede crearse. La energía se transfiere o se transforma sin ganancias ni pérdidas. Eso es lo que un físico quiere decir cuando habla de que la energía se conserva.
13. La EC de la lenteja de un péndulo es máxima cuando se mueve con más rapidez, que es en su punto más bajo; la EP es máxima en los puntos más altos. Cuando la lenteja oscila y pasa por el punto que corresponde a la mitad de su altura máxima, tiene la mitad de su EC máxima, y su EP está a la mitad entre sus valores mínimo y máximo. Si se define que la EP = 0 en la parte inferior de la oscilación, el lugar donde la EC tiene la mitad de su valor máximo también es el lugar donde la EP tiene la mitad de su valor máximo, y en ese punto $EC = EP$. (De acuerdo con la conservación de la energía: energía total = $EC + EP$.)
15. Las respuestas para (a) y (b) son iguales: cuando la dirección de la fuerza es perpendicular a la dirección del movimiento, como la fuerza de gravedad sobre la bola en la mesa y el satélite en la órbita circular, no hay componente de fuerza en dirección del movimiento, y la fuerza no efectúa trabajo.
17. La tensión del cordón siempre es perpendicular a la dirección del movimiento de la lenteja, y eso quiere decir que no hay componente de tensión a lo largo de la trayectoria de la lenteja, y en consecuencia la tensión no efectúa trabajo. Por otro lado, la fuerza de gravedad tiene un componente a lo largo de la dirección del movimiento en todos los puntos excepto en la parte inferior de la oscilación, y eso cambia la EC de la lenteja.
19. Cuando te preguntan si se efectúa trabajo, debes distinguir qué o quién lo hace y sobre qué o quiénes lo hacen. En este caso estamos examinando el trabajo efectuado por ti sobre el paquete, y no el trabajo efectuado por el paquete sobre ti. (a) La prueba de que se efectúa trabajo sobre el paquete, es el aumento de energía (EP) del paquete. (b) Tu amigo está hablando de dos casos de trabajo: el trabajo que tú efectúas sobre el paquete, y el trabajo que efectúa el paquete sobre ti. Si llamas *acción* a la fuerza que tú ejerces sobre el paquete, entonces la *reacción* es la fuerza que el paquete ejerce sobre ti. Dirige a tu amigo a la tercera ley de Newton, en el capítulo 5, y recuérdale por qué la acción y la reacción no se anulan ya que actúan sobre sistemas diferentes.
21. Una superpelota rebotará más alto que su altura original, cuando es arrojada hacia abajo. Pero si sólo se la deja caer ¡nada! Eso violaría la conservación de la energía.
23. La energía cinética es máxima tan pronto como la pelota sale de la mano. La energía potencial es máxima cuando la pelota llegó a su punto más alto.
25. Debes estar de acuerdo con el segundo de tus compañeros. El carro podría subir una curva menor antes o después de una mayor, siempre y cuando la mayor sea suficientemente menos alta que la curva inicial, para compensar la energía disipada por la fricción.
27. Excepto en el centro justo del avión, la fuerza de gravedad actúa formando un ángulo con él, con una componente de la fuerza de gravedad a lo largo del avión, es decir, a lo largo de la trayectoria del objeto. Entonces, el objeto avanza un poco en contra de la gravedad cuando se aleja de la posición central, y se mueve un poco con la gravedad cuando regresa. A medida que el objeto se desliza más lejos en el avión, de hecho está viajando "hacia arriba" contra la gravedad de la Tierra, y se desacelera. Llega al reposo y después se desliza de regreso, y la repuesta se repite. El objeto se desliza en vaivén a lo largo del avión. Desde un punto de vista de la Tierra plana, el caso se parece al que se ve en el esquema.



29. Si, un automóvil quema más gasolina con las luces encendidas. El consumo general de gasolina no depende de si el motor está trabajando. Las luces y otros aparatos agotan la carga del acumulador o batería. La energía usada para recargar la batería proviene de la gasolina, en última instancia.

31. La energía se disipa en formas no útiles en una máquina ineficiente, y sólo se "pierde" en el sentido amplio de la palabra. En el sentido estricto se puede calcular y tener en cuenta, por lo que no se pierde.
33. El trabajo que efectúa la piedra sobre el suelo es igual a su EP antes de dejarla caer, $mgh = 100$ joules. Sin embargo, la fuerza del impacto depende de la distancia que penetra la piedra en el suelo. Si no conocemos esta distancia no podemos calcular la fuerza. (Si conociéramos el tiempo durante el cual se presenta el impulso, podríamos calcular la fuerza a partir de la ecuación impulso-cantidad de movimiento; pero si no conocemos ni la distancia ni el tiempo de la penetración de la piedra en el piso, no podemos calcular la fuerza.)
35. Cuando importa la resistencia del aire, la pelota regresará con menor velocidad (se describió en el ejercicio 48 del capítulo 4). En consecuencia tendrá menos EC. Lo puedes ver en forma directa por el hecho que la pelota pierde energía mecánica que pasa a las moléculas de aire con las que se encuentra, por lo que cuando regresa a su punto de partida y a su EP original, tendrá menos EC. Eso no contradice la conservación de la energía, porque se disipó energía, y no se destruyó.
37. Las cantidades que son iguales son (c) y (d). Los cambios de EC y EP son iguales para ambas pelotas en el primer metro de caída, porque el trabajo que efectúa la gravedad sobre ambas en 1 m es igual (fuerza igual y distancia igual). En el primer segundo de caída, la pelota que se lanza se mueve más distancia, por lo que tiene mayores cambios de EC y EP.
39. Doble profundidad, porque con doble altura adquiere el doble de EC en su caída. Eso quiere decir dos veces el trabajo efectuado por el lodo para detenerla, y en consecuencia el doble de distancia, si la fuerza es igual. Observa que podemos saltarnos la etapa de la EC, y decir que el trabajo efectuado por el lodo = EP inicial. (Sin embargo, hablando prácticamente, la fuerza del impacto sería mayor por lo que no todo lo demás sería igual, y la piedra penetraría menos que hasta el doble de profundidad.)
41. Las cantidades de movimiento de las aves en la bandada se pueden anular, porque la cantidad de movimiento es una cantidad vectorial. Pero la energía cinética es una cantidad escalar que siempre es positiva, para un objeto en movimiento (es cero para un objeto inmóvil, pero nunca es negativa). Las EC positivas de las aves en vuelo se suman para formar un total positivo.
43. Los dos niños tienen cantidades de movimiento iguales, pero el más ligero tiene el doble de la EC, y puede efectuar sobre ti el doble de trabajo. Así, será mejor que escojas chocar con el más pesado, que se mueve con más lentitud, y sufrirás menos daños.
45. La exageración hace que la evaluación del destino del profesor Paul Robinson sea más fácil: Paul no tendría tanta calma si se sustituyera el bloque de cemento con la inercia de una piedra pequeña, porque la inercia desempeña su papel en esta demostración. Si el bloque fuera irrompible, la energía que comunicaría sería transferida a las camas de clavos. Así, es pre-

ferible usar un bloque que se rompa en el impacto. Si la cama consistiera de un solo clavo, sería muy difícil encontrar a un sucesor de Paul, así que ¡es importante que la cama tenga muchos clavos!

47. Un motor que fuera 100% eficiente no se sentiría caliente, ni su escape calentaría al aire, no haría ruido y no vibraría. Esto se debe a que todo lo anterior son transferencias de energía, que no se pueden dar si toda la energía suministrada al motor se transforma en trabajo útil.

Soluciones a los problemas del capítulo 7

1. El trabajo efectuado por 10 N en una distancia de 5 m = 50 J. El de 20 N en 2 m = 40 J. Entonces, la fuerza de 10 N durante 5 m efectúa más trabajo y podría producir mayor cambio de EC.

$$3. (Fd)_{\text{entrada}} = (Fd)_{\text{salida}} \\ (100 \text{ N} \times 10 \text{ cm})_{\text{entrada}} = (? \times 1 \text{ cm})_{\text{salida}}$$

Se ve entonces que la fuerza a la salida es 1000 N (o menor, si la eficiencia es menor que 100%).

5. Según el teorema del trabajo y la energía,

$$W = \Delta EC$$

El trabajo efectuado sobre el automóvil es Fd , y entonces:

$$Fd = \Delta(1/2mv^2).$$

La única fuerza F que efectúa trabajo para reducir la energía cinética es la fuerza de fricción. Esta fuerza actúa a través de d , la distancia de patinado. La masa del vehículo es m y su rapidez inicial es v . En este problema, la rapidez final del vehículo será cero, y el cambio de energía cinética no es más que la energía cinética inicial, a la rapidez v . Estás buscando la distancia, así que escribe la ecuación en función de " d ". Esto es:

$$d = \frac{\Delta(1/2mv^2)}{F} = \frac{1/2mv^2}{f} = \frac{1/2mv^2}{mg^2} = \frac{v^2}{g}$$

donde F es la mitad del peso del vehículo, $mg/2$. Observa cómo los términos de la ecuación indican los pasos a seguir y guían tu razonamiento. La ecuación final te indica que la distancia de frenado es proporcional al cuadrado de la rapidez, lo que coincide con que sea proporcional a EC. También te indica que si g fuera mayor, la fuerza de fricción sería mayor y la distancia de patinado sería menor, lo cual es bastante razonable. La anulación de la masa te indica que no importa la masa del vehículo. Todos los automóviles que patinan con la misma rapidez inicial, con una fricción igual a la mitad de sus pesos, avanzarán la misma distancia. En cuanto a las unidades, observa que v^2/g tiene unidades $(m^2/s^2)/(m/s^2) = m$, distancia, como debería ser. Lo bello es que se pueda aprender tanto al examinar con detenimiento una sencilla ecuación.

7. Partiendo de $p = mv$ se llega a $v = p/m$. Se sustituye esto en la ecuación $EC = (1/2)mv^2$ para obtener $EC = (1/2)m(p/m)^2 = p^2/2m$. (También se puede avanzar en la otra dirección, sustituyendo $p = mv$ en $EC = p^2/2m$ para obtener $EC = (1/2)mv^2$.)

9. Con 25% de eficiencia, sólo 1/4 de los 40 megajoule en un litro, o 10 MJ, se transformarán en trabajo. Este trabajo es:

$$F \times d = 500 \text{ N} \times d = 10 \text{ MJ.}$$

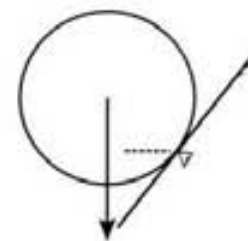
Se despeja d y se convierten MJ a J, para obtener $d = 10 \text{ MJ}/500 \text{ N} = 10,000,000 \text{ J}/500 \text{ N} = 20,000 \text{ m} = 20 \text{ km}.$

Así, bajo estas condiciones, el automóvil avanza 20 kilómetros por litro, o 47 millas por galón.

Capítulo 8 Movimiento rotacional

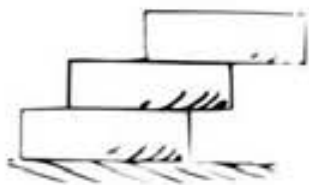
Respuestas a los ejercicios

- De acuerdo con $v = r\omega$, si suben al doble las RPM (ω), la rapidez sube al doble. Entonces, si r también es el doble, la rapidez se vuelve a doblar y la catarina se mueve con cuatro veces su rapidez inicial.
- Los neumáticos de diámetro grande recorren más distancia en cada revolución, por lo que te moverás más rápido de lo que indica tu "velocímetro" (en realidad, un "velocímetro" mide las RPM de las ruedas y las muestra como km/h o mi/h; la conversión de RPM a km/h o mi/h supone que las ruedas son de determinado tamaño). Las ruedas más grandes dan una indicación baja, porque en realidad recorren más distancia por revolución de lo que indica el "velocímetro", y las ruedas de diámetro pequeño producen una indicación muy grande, porque las ruedas no avanzan tanto por revolución.
- La conicidad se relaciona con la cantidad de curva que describen las vías de ferrocarril. En una curva donde la vía exterior es, por ejemplo, 10% más larga que la interior, la parte ancha de la rueda deberá ser también 10% más ancha que la parte angosta. Si es menor, la rueda externa dependerá de la ceja para permanecer en la vía, y cuando el tren tome la curva habrá fricción. Mientras más "cerrada" sea la curva, debe haber más conicidad en las ruedas.
- No, porque el yo-yo continúa girando en la misma dirección, de acuerdo con la ley de inercia para sistemas giratorios. Es la continuación de esa rotación lo que hace que suba de nuevo por el cordón.
- La regla de un metro contra la pared rotará hasta el suelo, y su CM describirá un arco de un cuarto de círculo. Sobre un piso liso, sin pared que evite el resbalamiento, el CM de una regla de un metro caerá a lo largo de una recta vertical. El extremo inferior de la regla se resbalará a medida que ésta caiga.
- La inercia rotacional y el momento de torsión (torca) se ilustran muy bien aquí, y también la conservación del momento angular desempeña su papel. La gran distancia a las ruedas delanteras aumenta la inercia rotacional del vehículo en relación con las ruedas traseras, y también aumenta el brazo de palanca de las ruedas delanteras sin aumentar mucho el peso del vehículo. Cuando las ruedas traseras se impulsan en el sentido de las manecillas del reloj, el chasis tiende a girar en contra de ellas (conservación del momento angular) y con ello se desprenden las ruedas delanteras del piso. Mientras haya mayor inercia rotacional y mayor momento de torsión (torca) en sentido de las manecillas del reloj, debido a que las ruedas delanteras están más alejadas, éstas se opondrán a este efecto.
- La fricción del asfalto con los neumáticos produce un momento de torsión (torca) respecto al CM del vehículo. Cuando éste acelera hacia adelante, la fuerza de fricción apunta hacia adelante y hace girar el vehículo hacia arriba. Al frenar, la dirección de la fricción es hacia atrás, y el par de giro hace girar el automóvil en dirección contraria, por lo que su lado trasero gira hacia arriba y su nariz hacia abajo.
- Si las haces rodar en una rampa, la esfera maciza bajará con más rapidez. (La esfera hueca tiene más inercia rotacional en comparación con su peso.)
- Es probable que lo que quiso decir tu amigo es que la rotación de un cuerpo no puede *cambiar* cuando un momento de torsión (torca) neto que actúa sobre él es cero. Una vez girando, un cuerpo continuará girando aún cuando *no* actúe al momento de torsión sobre él. De nuevo, subraya el *cambio*.
- En posición horizontal, el brazo de palanca es igual a la longitud del pedal; pero en la posición vertical, ese brazo es cero, porque la línea de acción de las fuerzas pasa precisamente por el eje de rotación. (Con punteras en los pedales, el ciclista pedalea en círculo, lo que quiere decir que impulsan sus pies hacia adelante, en la parte superior de la pedaleada, y tiran con el talón en la parte inferior, y hasta tiran en la subida. Esto permite aplicar el momento de torsión (torca) durante una mayor parte de la revolución.)
- Un autobús que se ladea, gira parcialmente respecto a su centro de masa, que está cerca del centro. Mientras más lejos del centro de masa se sienta uno, el movimiento de subir y bajar es mayor; como en un sube y baja. Es igual para el movimiento de un barco en un mar picado, o de un avión en una turbulencia.
- El movimiento errático de la estrella es una señal de que está girando respecto a un centro de masa que no está en su centro geométrico, y eso quiere decir que hay alguna otra masa cercana que aleja el centro de masa del centro de la estrella. Es la forma en que los astrónomos han descubierto que existen planetas en torno a otras estrellas que no son nuestro Sol.
- Con dos cubetas es más fácil porque se puede permanecer derecho al cargar una en cada mano. Con dos cubetas el CG estará en el centro de la base formada por los pies, por lo que no hay necesidad de inclinarse. Se puede lograr lo mismo colocando una sola cubeta en la cabeza.
- El CG de una pelota no está arriba de un punto de apoyo cuando está en un plano inclinado. En consecuencia, el peso de la pelota actúa a cierta distancia del punto de apoyo, que se comporta como tal. Se produce un momento de torsión (torca) y entonces gira

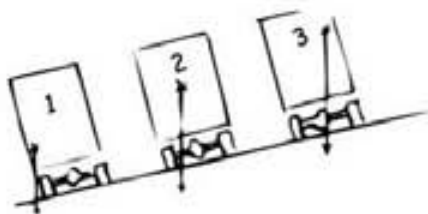


la pelota. Por eso es que una pelota rueda cuesta abajo.

29. El ladrillo superior sobresaldría $3/4$ de la longitud de un ladrillo, como se ve en la figura. Esto se explica mejor imaginando al ladrillo superior y avanzando hacia abajo; es decir, el CG del ladrillo superior está en su punto medio; el CG de los dos ladrillos superiores está a media distancia de su longitud combinada. Por inspección se demuestra que está a $1/4$ de la longitud de un ladrillo, que es lo que sobresale el ladrillo intermedio. (Es interesante que con unos cuantos ladrillos más, lo que sobresale puede ser mayor que la longitud de un ladrillo, y con una cantidad ilimitada de ladrillos, la parte volada puede ser tan grande como quieras.)



31. Es peligroso sacar los cajones superiores de un archivero totalmente lleno que no esté asegurado al piso, porque el CG del archivero puede fácilmente salirse de la base de apoyo. Cuando eso sucede, el momento de torsión (torca) que se produce hace que el mueble se voltee.
33. El CG del camión 1 no está sobre su base de soporte; los CG de los camiones 2 y 3 están arriba de sus bases de soporte. En consecuencia, sólo se volcará el camión 1.



35. La aceleración g en la superficie terrestre disminuye a medida que aumenta el movimiento giratorio de la Tierra. Esto se puede ver exagerando las cosas. Si la Tierra gira con suficiente rapidez, como por ejemplo a 12.5 veces mayor que ahora, g en el ecuador sería cero, y las cosas no caerían. A mayor rapidez, las cosas subirían, en lugar de bajar. (La cantidad de disminución depende de la latitud. En los polos terrestres, por ejemplo, no habría rapidez tangencial y el valor de g no se afectaría, siempre y cuando el diámetro de la Tierra, de polo a polo, no cambie.)
37. Las leyes primera y tercera de Newton proporcionan una explicación directa. Tiendes a moverte en línea recta (primera ley de Newton), pero te intercepta la puerta. Te oprimes contra la puerta porque la puerta está oprimiéndote (tercera ley de Newton). El empuje de la puerta proporciona la fuerza centrípeta que te mantiene en movimiento en una trayectoria curva. Sin el empuje de la puerta no girarías con el automóvil; te moverías en línea recta y serías "arrojado". No hay necesidad de invocar la fuerza centrífuga.
- 39.
41. (a)
- (b) La fuerza normal proporciona la fuerza centrípeta. De acuerdo con la tercera ley de Newton, la motocicleta oprime contra la pared de la pista, y la pista oprime contra la motocicleta con la fuerza normal, que es la que proporciona la fuerza centrípeta. Esta fuerza normal aumenta al aumentar la rapidez. [La fuerza centrípeta es proporcional a la rapidez al cuadrado (pie de página en el libro de texto) así que, por ejemplo, si se duplica la rapidez corresponde cuadruplicar la fuerza.]
43. La inercia rotacional tuya y de la tornamesa es mínima cuando estás en el eje de rotación. Al desplazarte hacia afuera, aumenta la inercia rotacional del sistema (como cuando sostienes las masas hacia afuera en la figura 8.52). Según la conservación del momento angular, a medida que avanzas hacia la orilla, aumentas la inercia rotacional del sistema giratorio, y disminuye la rapidez angular. También podrás ver que si no te deslizas al avanzar hacia afuera, ejerces una fuerza de fricción sobre la tornamesa, opuesta a su dirección de rotación, y con ello la desaceleras.
45. De acuerdo con la conservación del momento angular, a medida que aumenta la distancia radial de la masa, disminuye la rapidez angular. La masa de material usado para construir los rascacielos sube, aumentando un poco la distancia radial al eje de giro de la Tierra. Esto tendería a disminuir un poco la rapidez de rotación terrestre, que a su vez tiende a hacer los días un poco más largos. Sucede lo contrario con las hojas que caen, porque su distancia radial al eje terrestre disminuye. Desde el punto de vista práctico [esos efectos se pueden despreciar por completo]
47. De acuerdo con la conservación del momento angular, si la masa se aparta del eje de rotación, la rapidez de rotación disminuye. Entonces, la Tierra se desaceleraría en su rotación diaria.
49. Sin el pequeño rotor de cola, el helicóptero y el rotor principal girarían en direcciones opuestas. El rotor pequeño proporciona un momento de torsión (torca) que contrarresta al movimiento de rotación que tendría el helicóptero si no hubiera ese rotor.

Soluciones a los problemas del capítulo 8

1. Como la bicicleta avanza 2 m en cada vuelta de la rueda, y la rueda gira una vez cada segundo, la rapidez lineal de la bicicleta es 2 m/s.
3. El centro de masa de los dos pesos es el lugar donde se pondría un pivote para equilibrar a ambos, en donde los momentos de torsión (torcas) respecto al pivote se equilibrarían y sumarían cero. Si la distancia (brazo de palanca) del pivote al peso de 1 kg es x , entonces la distancia (brazo de palanca del pivote al peso de 3 kg es $(100 - x)$. Igualando esos pares:

$$1x = (100 - x) 3$$

$$x = 300 - 3x$$

$$x = 75$$

Así que el centro de masa del sistema está abajo de la marca de 75 cm. Entonces, el peso con tres veces la masa está a un tercio de la distancia del pivote.

5. La masa de la regla es 1 kg (¡esto es gratis! busca "Exáminate" y "Comprueba tu respuesta" en el libro de texto).
7. La fuerza centrípeta (y el "peso" y " g " en el hábitat giratorio) es directamente proporcional a la distancia al centro. A la mitad de la distancia radial, "la fuerza g será la mitad de la que hay en sus pies. El hombre tendrá literalmente la "cabeza ligera". (Con variaciones gravitatorias mayores que 10%, las personas se sienten incómodas de "la coronilla hasta la punta del pie").
9. El trapecista girará 3 veces por segundo. De acuerdo con la conservación del momento angular, aumentará 3 veces su rapidez de rotación, esto es:

$$I\omega_{\text{antes}} = I\omega_{\text{después}}$$

$$I\omega_{\text{antes}} = [(1/3)(3\omega)]_{\text{después}}$$

Capítulo 9 Gravedad**Respuestas a los ejercicios**

1. No debe preocupar esta etiqueta para el consumidor. Sólo enuncia la ley de la gravitación universal, que se aplica a *todos* los productos. Parece que el fabricante sabe algo de física y tiene cierto sentido del humor.
3. De acuerdo con la ley de la inercia, la Luna se movería en trayectoria rectilínea en lugar de describir círculos en torno al Sol y a la Tierra.
5. La fuerza de gravedad es la misma sobre ambos cuerpos, porque sus masas son iguales, como lo indica la ecuación de la fuerza gravitacional de Newton. Cuando se deja caer la bola de papel baja con más rapidez sólo porque encuentra menos resistencia del aire que la hoja desplegada.
7. La fuerza de gravedad de la Luna sobre las rocas lunares, en la superficie de la misma, es bastante mayor que la fuerza de gravedad debida a la Tierra distante. Las piedras dejadas caer en la Luna caen a su superficie (la fuerza de gravedad en la Luna es más o menos la sexta parte del peso de la piedra en la Tierra; la fuerza de la gravedad de la Tierra a esa distancia es sólo 1/3600 del peso de la piedra en la superficie terrestre).
9. Los astronautas no tienen peso porque carecen de una fuerza de apoyo, pero están muy sujetos a la gravedad terrestre, y eso explica que describan círculos en torno a la Tierra, en vez de salir en una trayectoria rectilínea hasta el espacio exterior.
11. De acuerdo con la tercera ley de Newton, el peso de la Tierra en el campo gravitacional de la manzana es 1 N; que es igual al peso de la manzana en el campo gravitacional de la Tierra.
13. Aunque las fuerzas son iguales, las aceleraciones no lo son. La Tierra, que es mucho más masiva, tiene mucho menos aceleración que la Luna. En realidad, la Tierra y la Luna sí giran en torno a un punto común, pero no está a la mitad de la distancia entre ellos (para lo cual se necesitaría que la Tierra y la Luna fueran de la misma masa). El punto en torno al cual giran la Tierra y la Luna (llamado *baricentro*) está dentro de la Tierra, a unos 4600 km de su centro.
15. Para el planeta a la mitad de la distancia al Sol, la luz sería cuatro veces más intensa. Para el planeta a la distancia 10 veces mayor, la luz tendría 1/100 de la intensidad.
17. La fuerza gravitacional sobre un cuerpo es su peso, y no sólo depende de la masa, sino también de la distancia. En Júpiter, esta distancia es entre el cuerpo que se pesa y el centro de Júpiter, que es el radio de ese planeta. Si el radio de Júpiter fuera igual al de la Tierra, un cuerpo pesaría 300 veces más, porque Júpiter tiene una masa aproximadamente 300 veces mayor que la de la Tierra. Pero también Júpiter es más grande que la Tierra, así que al existir una mayor distancia entre su centro y el CG del cuerpo se reduce la fuerza gravitacional. El radio es suficientemente grande para que el peso de un cuerpo sólo sea unas 3 veces mayor que en la Tierra. ¿Cuántas veces mayor será el radio de Júpiter? Eso será el problema 2.
19. Una persona no tiene peso cuando la única fuerza que actúa es la gravedad y no hay fuerza de apoyo. En consecuencia, la persona en caída libre no tiene peso. Pero sobre la persona que cae a la velocidad terminal actúa algo más que la gravedad, esa persona está "sostenida" por la resistencia del aire.
21. La fuerza gravitacional sí actúa sobre una persona que cae por una barranca, y también sobre una persona en un trasbordador espacial. Ambas están cayendo bajo la influencia de la gravedad.
23. Primero que nada, sería incorrecto decir que la fuerza gravitacional que ejerce el lejano Sol sobre ti es muy pequeña para poder medirse. Es pequeña, pero no inconmensurablemente pequeña. Si, por ejemplo, el eje de la Tierra estuviera sostenido de tal modo que la Tierra pudiera continuar girando, pero sin ningún otro movimiento, una persona de 85 kg aumentaría de peso 1/2 newton en su báscula de baño, a media noche, y bajaría 1/2 newton a mediodía. El concepto clave es *soporte*. No hay "soporte del Sol" porque la Tierra y todos los objetos que hay en ella, incluyéndote a ti, tu báscula de baño y todo lo demás, están cayendo continuamente en torno al Sol.

De igual modo que no quedarías oprimido contra el asiento de tu automóvil al desbarrancarse y que un lápiz no oprime contra el piso de un elevador en caída libre, no estamos oprimidos ni jalados de la Tierra debido a nuestra interacción gravitacional con el Sol. Esa interacción nos mantiene, a nosotros y a la Tierra, dando círculos en torno al Sol, pero no nos oprime contra la superficie terrestre. Lo que hace eso es nuestra interacción con la Tierra.

25. El tirón gravitacional del Sol sobre la Tierra es mayor que el tirón gravitacional de la Luna. Sin embargo, las mareas son causadas por las *diferencias* en fuerzas gravitacionales de la Luna en los lados opuestos de la Tierra. Esta diferencia es mayor que la correspondiente debida al Sol, que tira con más fuerza pero está mucho más alejado.
27. No. Las mareas son causadas por diferencias en tirones gravitacionales. Si no hay diferencias de tirón, no hay mareas.
29. Las bajamares mínimas suceden junto con las pleamares máximas, en las mareas de primavera. Así, el ciclo de la marea primaveral consiste en pleamares más altas que lo normal, seguidas por bajamares más bajas que lo normal (¡las mejores para buscar ostras!).
31. Por su tamaño relativamente pequeño, las distintas partes del Mediterráneo están esencialmente a la misma distancia de la Luna (o del Sol). En consecuencia, una parte no es atraída con una fuerza apreciablemente distinta a la de cualquier otra parte. Esto da como resultado mareas extremadamente diminutas. Se aplica el mismo argumento, pero todavía con más razón, a cuerpos de agua más pequeños como lagos, estanques y una cubeta. En un vaso de agua y bajo la Luna llena no se detectan mareas porque ninguna parte de la superficie del agua está más cercana a la Luna que las demás. Las mareas son causadas por diferencias apreciables en los tirones gravitacionales.
33. Sí, las mareas terrestres sólo se deberían al Sol. Sucederían dos veces diarias (cada 12 horas, y no cada 12.5 horas) debido a la rotación diaria de la Tierra.
35. Al cuerpo más cercano, la Tierra.
37. De acuerdo con la ley del cuadrado inverso, al doble de distancia al centro de la Tierra, g disminuye hasta $1/4$ de su valor en la superficie, o sea 2.45 m/s^2 .
39. Tu peso sería menor en el tiro de la mina. Una forma de explicarlo es tener en cuenta la masa de la Tierra arriba de ti, que tira hacia arriba de ti. Este efecto reduce tu peso, del mismo modo que tu peso se reduce si alguien tira de ti hacia arriba mientras te pesas en una báscula. Con más precisión, se puede afirmar que te encuentras dentro de un cascarón esférico, cuya contribución al campo gravitacional es cero, y que sólo estás siendo atraído por la parte esférica que está abajo de ti. Eres más ligero mientras más profundo te encuentres, y si el tiro de la mina continuara verticalmente hasta el centro de la Tierra, tu peso continuaría aproximándose a cero.

41. Un cohete que sale de la Tierra para ir a la Luna requiere de más combustible que en su viaje de regreso. Esto se debe a que debe moverse contra el intenso campo gravitacional de la Tierra en la mayor parte de su camino. Si se lanza desde la Luna hacia la Tierra, viaja la mayor parte del trayecto a favor del campo terrestre.
43. $F \sim m_1 m_2 / d^2$, donde m_2 es la masa del Sol (que no cambia si se convierte en un agujero negro); m_1 es la masa de la Tierra en órbita y d es la distancia entre el centro de masa de la Tierra y el del Sol. Ninguno de estos términos cambian por lo que la fuerza F que mantiene a la Tierra en órbita, no cambia. (De hecho, pueden existir agujeros negros en la galaxia, en torno a los cuales giran en órbita estrellas o planetas.)
45. Aquí el malentendido es no distinguir entre una teoría y una hipótesis o conjetura. Una teoría, como la de la gravitación universal, es una síntesis de un gran conjunto de información que abarca hipótesis sobre la naturaleza que están bien demostradas y verificadas. Todas las dudas acerca de la teoría tienen que ver con sus aplicaciones a casos todavía no probados y no con la teoría misma. Una de las propiedades de las teorías científicas es que se refinan con los conocimientos nuevos. (La teoría general de la relatividad de Einstein nos ha enseñado que, de hecho, hay límites a la validez de la teoría de la gravitación universal de Newton.)
47. Tu peso es un poco menor en la parte inferior de un edificio masivo, debido a que la masa del mismo, que está arriba de ti, tira de ti hacia arriba.
49. La masa total (o la densidad promedio) del universo. Si es menor que cierta cantidad crítica, la expansión continuará. Si es mayor que esa cantidad crítica, la expansión se detendrá y dará lugar a la contracción. Si es exactamente esa cantidad, la expansión se desacelerará hasta detenerse. (Las teorías actuales dicen que además de la masa, que siempre es de atracción, puede haber una forma de energía, repartida por el universo, que repele a la materia. Si eso fuera verdad, un universo con menor densidad de masa crítica se seguiría expandiendo sin límite.)

Soluciones a los problemas del capítulo 9

1. Partiendo de $F = GmM/d^2$, con cinco veces d al cuadrado es $1/25$ d , lo que quiere decir que la fuerza es 25 veces mayor.
3. Según la ley del cuadrado inverso, con cuatro veces la distancia al centro de la Tierra, el valor de g disminuye a $g/4^2$, o sea $g/16$, o 0.6 m/s^2 .
5. Es $g = GM/r^2 = (6.67 \times 10^{-11})(3.0 \times 10^{30})/(8.0 \times 10^3)^2 = 3.1 \times 10^{12} \text{ m/s}^2$, 300 mil millones de veces g sobre la Tierra.
7. (a) Por Marte: $F = G \frac{mM}{d^2} = 6.67 \times 10^{-11} \frac{(3\text{kg})(6.4 \times 10^{23})}{(5.6 \times 10^{10})^2} = 4.1 \times 10^{-8} \text{ N}$.

(b) Por el ginecólogo: $F = G \frac{mM}{d^2} = 6.67 \times 10^{-11} \frac{(3\text{kg})(10^2)}{(0.5)^2}$
 $= 8.0 \times 10^{-8} \text{ N}$.

(c) La fuerza gravitacional debida al ginecólogo es aproximadamente el doble que la debida a Marte.

9. Cerca de 10,000 km de espesor ¡no mucho menos que el diámetro mismo de la Tierra! A partir de la relación $3.6 \times 10^{22} \text{ N/x} = 5 \times 10^8 \text{ N/1 m}^2$, $x = (3.6 \times 10^{22})/(5 \times 10^8) = 7.2 \times 10^3 \text{ m}^2$. Sería el área transversal del cable. Del área del círculo $A = \pi D^2/4$, se determina que su diámetro $D = \sqrt{4A/\pi} = 9.6 \times 10^6 \text{ m} = 9600 \text{ km}$.

Capítulo 10 Movimiento de proyectiles y de satélites

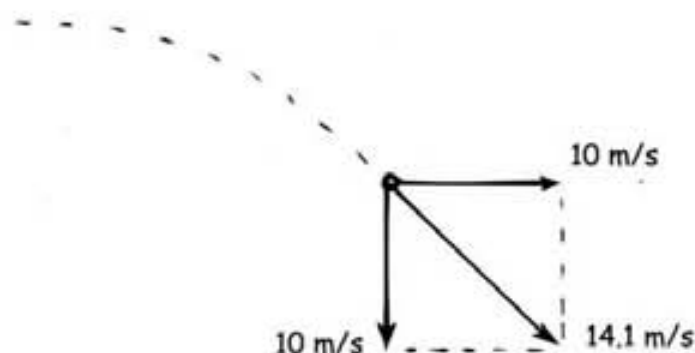
Respuestas a los ejercicios

- La caja no golpea al Ferrari, sino chocará a cierta distancia atrás de él, que está determinada por la altura y la rapidez del avión.
- Cuando la resistencia del aire es despreciable, la componente vertical del movimiento de un proyectil es idéntica a la de la caída libre.
- La rapidez mínima está en la cúspide, y es igual a la componente horizontal de la velocidad en cualquier lugar de la trayectoria.
- Al patear el balón con ángulos mayores de 45° se sacrifica algo la distancia, para ganar algo de tiempo. Una patada con un ángulo mayor que 45° no llega tan lejos, pero permanece más tiempo en el aire y los jugadores del equipo que patea tienen más oportunidad de correr y acercarse al jugador contrario que atrapará el balón.
- La bala cae bajo la línea prolongada del cañón. Para compensar la caída de la bala, se debe elevar el cañón. La cantidad de elevación depende de la velocidad y la distancia al blanco. En consecuencia, el alza se sube de tal manera que la visual del alza al punto de mira se prolongue hasta el blanco. Si se usa un telescopio, se inclina hacia abajo, para tener la misma visual.
- Todo objeto lanzado verticalmente tiene rapidez cero en la cúspide de su trayectoria. Pero si se dispara formando un ángulo, en la cima sólo es cero su componente vertical de velocidad, y la velocidad del proyectil es igual a su componente horizontal de velocidad. Eso sería 100 m/s cuando el proyectil de 141 m/s se disparara a 45° .
- El tiempo en el aire será igual, de acuerdo con la respuesta en el ejercicio anterior. El tiempo en el aire se relaciona con la altura vertical alcanzada en un salto, y no con la distancia horizontal recorrida sobre un piso horizontal.
- La velocidad tangencial de la Luna es la que la mantiene planeando en torno a la Tierra, sin chocar con ella. Si su velocidad tangencial se redujera a cero ¡caería directo a la Tierra!
- De acuerdo con la tercera ley de Kepler, $T^2 \sim R^3$, y el periodo es mayor cuando la distancia es mayor. Entonces, los periodos de los planetas más alejados del Sol son más largos que nuestros años.
- La subida inicial vertical permite que el cohete atraviese la parte más densa y resistente de la atmósfera con mayor rapidez, y también es la mejor dirección cuando la rapidez inicial es baja, y se necesita una gran parte del empuje del cohete sólo para sostener el peso del mismo. Pero al final, el cohete debe adquirir velocidad tangencial para permanecer en órbita sin empuje, por lo que se debe inclinar hasta que por último su trayectoria sea horizontal.
- La Luna no tiene atmósfera, por lo que la velocidad de escape en su superficie es menor que las rapididades de todos los gases atmosféricos. Un satélite a 5 km sobre la superficie terrestre sigue encontrándose dentro de atmósfera considerable, como la que existe en las cumbres de muchas montañas. La fricción con la atmósfera es el factor que más determina la altitud de la órbita.
- Imagina el "cañón de Newton" disparado desde una alta montaña en Júpiter. Para coincidir con la curvatura mucho menor de Júpiter, y para vencer el mayor tirón gravitacional de ese planeta, la bala debería ser disparada con una rapidez mucho mayor. (La rapidez orbital en torno a Júpiter es unas 5 veces mayor que en la Tierra.)
- Al desacelerar, describe una espiral en torno a la Tierra, y al hacerlo tiene un componente de fuerza gravitacional en su dirección de movimiento, que lo hace aumentar su rapidez. O bien, explicado de otro modo, en la órbita circular la componente perpendicular de la fuerza no efectúa trabajo sobre el satélite, y éste mantiene una rapidez constante. Pero cuando desacelera y baja en espiral hacia la Tierra, si hay componente de la fuerza gravitacional que efectúa trabajo, para aumentar la EC del satélite.
- A media noche ves en dirección contraria al Sol, por lo que no puedes ver a los planetas más cercanos a él: Mercurio y Venus (que quedan dentro de la órbita de la Tierra).
- Si, un satélite no necesita estar arriba de la superficie del cuerpo que orbita. Podría describir órbitas a cualquier distancia al centro de masa de la Tierra. Su rapidez orbital sería menor, porque la masa efectiva de la Tierra sólo sería la que está abajo del radio del túnel. Entonces, es interesante que un satélite en órbita circular tenga su mayor rapidez cerca de la superficie terrestre, que disminuye cuando las distancias aumentan o disminuyen.
- En una órbita circular no hay componente de fuerza en la misma dirección del movimiento del satélite, por lo que no se efectúa trabajo. En la órbita elíptica siempre (excepto en el apogeo y el perigeo) hay un componente de la fuerza en la dirección del movimiento del satélite, y en consecuencia se efectúa trabajo sobre el satélite.

33. El periodo de cualquier satélite de la Tierra que se encuentre a la misma distancia que la Luna, sería el mismo que el de la Luna, es decir, 28 días.
35. El plano de un satélite que describe una órbita cruza el centro de la Tierra. Si su órbita estuviera inclinada respecto al ecuador, a veces estaría sobre el hemisferio norte, y a veces sobre el hemisferio sur. Para quedarse sobre un punto fijo fuera del ecuador debería describir un círculo cuyo centro no estuviera en el centro de la Tierra.
37. No, porque una órbita que estuviera en el plano del círculo Ártico no pasaría por el centro de la Tierra. Todos los satélites terrestres describen órbitas en planos que pasan por el centro de la Tierra. Un satélite puede pasar sobre el círculo Ártico, pero no puede quedarse sobre él por tiempo indefinido, tal como lo hace sobre el ecuador.
39. Cuando una cápsula es lanzada hacia atrás a 7 km/s respecto a la nave que avanza a 7 km/s, la rapidez de la cápsula respecto a la Tierra será cero. No tendrá rapidez tangencial para describir órbitas. ¿Qué sucederá? Sólo caerá verticalmente y chocará con el suelo.
41. Éste se parece a los ejercicios 26 y 27. La velocidad tangencial de la Tierra en torno al Sol es de 30 km/s. Si se disparara un cohete con los desechos radiactivos a 30 km/s, desde la Tierra en dirección opuesta al movimiento orbital de la Tierra en torno al Sol, esos desechos no tendrían rapidez tangencial con respecto al astro. Sólo caerían en el Sol.
43. La mitad que queda en reposo caerá verticalmente a la Tierra. La otra mitad, según la conservación de la cantidad de movimiento, tendrá el doble de la velocidad inicial, saldrá de su órbita circular y entrará en una órbita elíptica cuyo apogeo (el punto más alejado) estará más alejado del centro de la Tierra.
45. Las rapideces de escape de diversos planetas son "rapideces balísticas", que son las que se alcanzan después de aplicar una fuerza a baja altitud. Si la fuerza es continua, un vehículo espacial podría salir de la Tierra a cualquier rapidez, siempre y cuando la fuerza se le aplique durante un tiempo suficientemente prolongado.
47. Esto se parece al ejercicio anterior. En este caso, la rapidez máxima de impacto de Plutón con el Sol, debido a la gravedad solar, sería la misma que la rapidez de escape de la superficie solar, que de acuerdo con la tabla 10.1 del libro de texto es de 620 km/s.
49. El satélite experimenta la máxima fuerza gravitacional en el punto A, que es el más cercano a la Tierra, y tiene la máxima rapidez y la máxima velocidad en A, y en consecuencia, la cantidad de movimiento máxima y la energía cinética máxima se tendrán en A, y la energía potencial gravitacional máxima estará en el punto más alejado, C. Tendría la misma energía total (EC + EP) en todas las partes de su órbita, al igual que el mismo momento angular, porque se conserva. Tendría la máxima aceleración en A, donde F/m es máximo.

Soluciones a los problemas del capítulo 10

1. Un segundo después de lanzarla, su componente horizontal de velocidad es 10 m/s y su componente vertical también es 10 m/s. Según el teorema de Pitágoras, $V = \sqrt{(10^2 + 10^2)} = 14.1 \text{ m/s}$. (Se mueve en un ángulo de 45° .)



3. 100 m/s. En la cumbre de su trayectoria, el componente vertical de la velocidad es cero, quedando sólo el componente horizontal. El componente horizontal, en la cumbre o en cualquier lugar de la trayectoria es igual al componente horizontal inicial, 100 m/s (el lado de un cuadrado cuya diagonal es 141).
5. La velocidad horizontal de salto de Juan y María será la distancia horizontal recorrida dividida entre el tiempo del salto. La distancia horizontal será 20 m como mínimo, pero, ¿cuál será el tiempo? ¡Ajá! Será el mismo tiempo que tardarían Juan y María en caer directo al suelo. En la tabla 3.3 se ve que esa caída tardaría 4 segundos. También se puede calcular el tiempo partiendo de:

$$d = 5t^2, \text{ que al reorganizar queda } t = \sqrt{\frac{d}{5}}$$

$$= \sqrt{\frac{80}{5}} = 4 \text{ s.}$$

Entonces, recorrer 20 m horizontalmente en este tiempo quiere decir que Juan y María deben brincar horizontalmente con una velocidad de $20 \text{ m}/4 \text{ s} = 5 \text{ m/s}$. Pero esto los pondría en la orilla de la alberca, por lo que deben saltar con una rapidez algo mayor. Si conociéramos la longitud de la alberca podríamos calcular con qué rapidez deberían saltar para evitar llegar a la orilla opuesta de la alberca. (Deberíamos decir a Juan y a María que mejor usen el elevador.)

7. El tiempo en el aire sólo depende del componente vertical de la velocidad, y de la distancia vertical correspondiente recorrida. Para $d = 5t^2$, una caída vertical de 1.25 m corresponde a 0.5 s (porque $t = \sqrt{2d/g} = \sqrt{2(1.25)/10} = 0.5 \text{ s}$). Este tiempo sube al doble (tiempo de subida y tiempo de bajada) para tener un tiempo en el aire de 1 s. El tiempo en el aire es el mismo independientemente de la distancia horizontal recorrida.

$$9. v = \sqrt{\frac{GM}{d}} = \sqrt{\frac{(6.67 \times 10^{-11})(6 \times 10^{24})}{3.8 \times 10^8}}$$

$$= 1026 \text{ m/s.}$$

Segunda parte. Propiedades de la materia**Capítulo 11 La naturaleza atómica de la materia****Respuestas a los ejercicios**

- En una molécula de agua, H_2O , hay tres átomos: uno de oxígeno y dos de hidrógeno.
- El gato deja un rastro de moléculas y átomos sobre el pasto. Esas moléculas dejan el pasto y se mezclan con el aire, con el que entran a la nariz del perro y activan su sentido del olfato.
- La rapidez con la que viaja el olor de una fragancia es mucho menor que la rapidez de las moléculas individuales que la forman, debido a las muchas colisiones entre las moléculas. Aunque es grande la rapidez molecular en los choques, la rapidez de migración en determinada dirección, a través de moléculas que estorban, es mucho menor.
- Los átomos que forman un recién nacido o cualquier cosa en este mundo se originaron en explosiones de estrellas antiguas (véase la figura 11.1, Leslie, mi hija). Sin embargo, las moléculas que forman al recién nacido, se formaron con átomos ingeridos por la madre y transferidos a la matriz.
- El agua no es un elemento, es un compuesto. Sus moléculas están formadas por átomos de los elementos hidrógeno y oxígeno.
- El movimiento browniano sólo se observa en partículas microscópicas, debido a su pequeña masa (quiere decir que también tienen tamaño pequeño). Su poca masa hace que respondan más cuando chocan con ellas al azar los átomos y moléculas que las rodean. Contra una partícula grande, los rebotes aleatorios ejercen fuerzas casi uniformes en cada lado, cuyo promedio es cero, pero para una partícula pequeña hay momentos en los que suceden apreciablemente bastante más golpes de un lado que del otro, produciendo movimientos visibles en un microscopio.
- No, no sería igual. Hay ciertos pares de elementos (como cobalto-níquel, telurio-yodo, torio-protactinio, uranio-neptunio, plutonio-americio y 106-107) con los que el orden creciente de masa es contrario al orden por número atómico creciente. (Antes de haberse comprendido el número atómico en 1913, esto causaba cierta confusión al ordenar los elementos en la tabla periódica.)
- Nueve.
- El elemento es cobre, con número atómico 29. Todo átomo que tenga 29 protones es de cobre, por definición. (En el capítulo 32 se explica que la cantidad total de "nucleones", que son protones + neutrones, determina el "número de masa" del elemento, que es distinto para diferentes isótopos. En este caso es Cu-63.)
- La fuente de oxígeno y nitrógeno es el aire, necesario para el quemado (la combustión) de la gasolina.
- Las propiedades químicas de un elemento dependen de los electrones que hay en las capas electrónicas. Pero a su vez, la cantidad de electrones está determinada por la cantidad de protones en el núcleo. Entonces, en esta forma indirecta, la cantidad de protones en el núcleo atómico determina las propiedades químicas del elemento.
- Carbono (ve la tabla periódica).
- Radón.
- Hidrógeno y oxígeno.
- Oxígeno.
- El silicio es el elemento que está abajo del carbono en la tabla periódica, y tiene propiedades parecidas y se puede uno imaginar que podría ser la base de moléculas orgánicas en otras partes del universo.
- Por la repulsión eléctrica. Los electrones que rodean a un átomo crean una nube electrificada que repele las nubes electrificadas de los demás átomos lo que impide que se unan y evitan que caigamos atravesando nuestras sillas. (En este caso, también los efectos cuánticos desempeñan un gran papel.)
- (a) El calentamiento da más energía cinética a las moléculas, por lo que se pueden agitar y soltarse de los enlaces que las unen en un sólido, y se forma un líquido. (b) El sólido debe tener fuerzas interatómicas más intensas.
- En realidad eres una parte de cada una de las personas que te rodean, en el sentido que estás formado por átomos procedentes no sólo de cada una de las personas que te rodean, sino ¡de todas las personas que han vivido en la Tierra! La afirmación del niño de Richardson con la que comienza la parte 2 es incontrovertible. Los átomos que hoy te forman serán el almacén atómico de donde se abastecerán otras personas.
- La cantidad de materia que aniquilaría determinada cantidad de antimateria sería igual a esa última cantidad, un par de partículas cada vez. No se podría aniquilar a todo el mundo con antimateria, a menos que la masa de esa antimateria fuera cuando menos igual a la masa del mundo mismo.

Soluciones a los problemas del capítulo 11

- Hay 16 gramos de oxígeno en 18 gramos de agua. En la fórmula del agua, H_2O , se puede ver que hay doble cantidad de átomos de hidrógeno (cada uno con masa atómica 1) que de átomos de oxígeno (cada uno con masa atómica 16). Así, la masa molecular del H_2O es 18, con 16 partes en masa de oxígeno.
- La masa atómica del elemento A es $3/2$ la del elemento B. ¿Por qué? El gas A tiene tres veces la masa del gas B. Si una cantidad igual de moléculas de A y B

tuviera igual cantidad de átomos, los átomos del gas A simplemente serían tres veces más masivos. Pero hay doble cantidad de átomos de A, por lo que la masa de cada uno debe ser la mitad de tres veces: es $3/2$.

5. (a) 10^4 átomos (longitud 10^{-6} m, dividida entre el tamaño 10^{-10} m). (b) 10^8 átomos ($10^4 \times 10^4$). (c) 10^{12} átomos ($10^4 \times 10^4 \times 10^4$). (d) Por ejemplo, con \$10,000 compras un buen automóvil usado. Con \$100 millones compras algunos aviones a reacción y un aeropuerto para tenerlos. Por ejemplo, con 10^{12} se podría uno comprar un país de tamaño mediano. (Las respuestas sólo están limitadas por la imaginación del alumno.)
7. Hay 10^{22} respiraciones de aire en la atmósfera terrestre, que es la misma cantidad de átomos en una sola respiración. Así, para cualquier respiración que se mezcle uniformemente en la atmósfera, se muestrea (se respira) un átomo en cualquier lugar o en cualquier momento en la atmósfera.

Capítulo 12 Sólidos

Respuestas a los ejercicios

1. Las propiedades físicas tienen que ver con el orden, enlazamiento y estructura de los átomos que forman un material, y con la presencia de otros átomos y sus interacciones en el material. El silicio en el vidrio es amorfo, mientras que en los semiconductores es cristalino. El silicio que se obtiene de la arena, con la que se fabrica el vidrio, está enlazado con el oxígeno, en forma de dióxido de silicio, mientras que el silicio en un semiconductor es elemental y extremadamente puro. Por consiguiente, sus propiedades físicas son distintas.
3. El hierro es más denso que el corcho, pero no es necesariamente más pesado. Por ejemplo, el tapón de corcho de una botella de vino es más pesado que una tachuela de acero; no sería así si los volúmenes de ambos fueran iguales.
5. Su densidad aumenta.
7. El aluminio tiene más volumen, porque es menos denso.
9. La parte superior del resorte sostiene todo el peso del resorte, y se estira más que, por ejemplo, su parte media, que sólo sostiene a la mitad del peso, y se estira la mitad de la distancia. Las partes del resorte cercanas a su parte inferior soportan muy poco peso y casi no se estiran.
11. Una cuerda con doble grosor tiene una sección transversal cuatro veces mayor y, en consecuencia, es cuatro veces más resistente. La longitud de la cuerda no se relaciona con su resistencia. (Recuerda el viejo adagio: una cadena tiene la resistencia de su eslabón más débil; la resistencia de la cadena tiene que ver con el grosor de sus eslabones y no con su longitud.)
13. El concreto resiste bien la compresión, pero no la tensión. Entonces, las varillas de acero deben estar en la parte de la losa que está bajo tensión, que es la parte superior.
15. El diseño de la izquierda es mejor, porque el peso del agua contra la cortina la pone en compresión. La compresión tiende a comprimir entre sí a las partes de la cortina, agregándoles resistencia, como en la compresión de un arco. El peso del agua pone en tensión la cortina de la derecha, y eso tiende a separar sus partes.
17. Un triángulo es la estructura geométrica más rígida. Por ejemplo, imagina clavar cuatro tablillas para formar un rectángulo. No se necesita mucha fuerza para deformar el rectángulo para que se forme otro paralelogramo. Pero si haces un triángulo clavando tres tablillas no se puede deformar y tomar una forma más estrecha. Cuando es importante la resistencia se usan los triángulos. Es la razón por la que los verás en la construcción de muchas cosas.
19. Como de cada eslabón de una cadena tiran los eslabones a sus lados, la tensión en la cadena que cuelga es exactamente a lo largo de ella; es paralela a la cadena en todos sus puntos. Si el arco toma la misma forma, entonces la compresión en todo el arco estará de igual manera a lo largo del arco, paralela a él en todos sus puntos. No habrán fuerzas internas que tiendan a doblar el arco. Esta forma es una catenaria y es la que tienen los arcos modernos, como el que adorna a la ciudad de San Luis, Misuri.
21. El dulcero necesita menos melcocha para las manzanas más grandes, porque la superficie por kilogramo de ellas es menor. (Esto se nota con facilidad al comparar las cáscaras de los mismos kilogramos de manzanas grandes y pequeñas.)
23. Las briznas se calientan a mayor temperatura y en menor tiempo que las rajas y los troncos grandes. Su área superficial mayor por unidad de masa da como resultado que la mayor parte de la masa esté muy cerca de la superficie, y se calienta con rapidez desde todos sus lados hasta la temperatura de ignición. Por otra parte, el calor cedido a un tronco no está tan concentrado al penetrar por conducción a la masa mayor. Las rajas y los troncos tardan más en alcanzar la temperatura de ignición.
25. Se pierde más calor en la casa extendida, debido a su mayor área superficial.
27. Para determinado volumen, una esfera tiene menor superficie que cualquier otra figura geométrica. De igual modo, una estructura en forma de domo tiene menor superficie por unidad de volumen que los diseños convencionales en bloque. Menor superficie expuesta al clima = menor pérdida de calor.
29. La hamburguesa más grandes y delgada tiene más superficie para el mismo volumen. Mientras mayor sea la superficie, la transferencia de calor de la estufa a la carne será mayor.
31. Los mitones tienen menor superficie que los guantes. Quien haya hecho mitones y guantes te dirá que se necesita mucho más material para hacer los guantes. Las manos en los guantes se enfriarán con más rapidez que en los mitones. Los dedos de las manos y los pies, así como las orejas, tienen una superficie desproporcionadamente grande en relación con otras partes del cuerpo, y en consecuencia están más propensos a la congelación.

33. Los animales pequeños irradian más energía por unidad de peso corporal, y entonces el flujo de la sangre es proporcionalmente mayor, y los latidos cardiacos son más rápidos.
35. La superficie interna de los pulmones no es lisa, sino como esponja. En consecuencia hay una enorme superficie expuesta al aire que se respira. Es la forma en que la naturaleza compensa la disminución proporcional de superficie en los cuerpos grandes. De esta forma se absorbe la cantidad adecuada de oxígeno, que es vital para la vida.
37. Las gotas grandes caen con más rapidez que las pequeñas por la misma razón que los paracaidistas más pesados caen más rápido que los más ligeros. Las cosas grandes tienen menor superficie en relación con sus pesos y en consecuencia la resistencia del aire es menor.
39. El escalamiento juega un papel importante en el diseño del colibrí y del águila. Las alas de un colibrí son menores que las del águila, en relación con el tamaño de esa ave, pero son mayores en relación con su masa. Las rápidas maniobras del colibrí son posibles por la pequeña inercia de rotación de las alas cortas, que permiten un aleteo rápido que sería imposible en alas tan grandes como las de un águila. Si un colibrí se escalara hasta el tamaño de un águila, sus alas serían mucho más cortas que las del águila, y no podría volar. Su frecuencia acostumbrada de aleteo sería insuficiente para darle sustentación a su peso desproporcionadamente mayor. Ese colibrí gigante no podría volar, y a menos que sus piernas fueran desproporcionadamente más gruesas, tendría gran dificultad para caminar. La gran diferencia en el diseño de los colibríes y las águilas es una consecuencia natural de la relación de escalamiento de área a volumen. Interesante ¿verdad?
7. (a) Ocho cubos pequeños (ve la figura 12.15). (b) Cada cara del cubo original tiene 4 cm^2 de superficie; hay 6 caras, por lo que el área total es 24 cm^2 . Cada uno de los cubos más pequeños tiene un área de 6 cm^2 , y como hay ocho, entonces su superficie total es 48 cm^2 ; es el doble. La relación de superficie a volumen para el cubo original es $(24 \text{ cm}^2)/(8 \text{ cm}^3) = 3 \text{ cm}^{-1}$. Para el conjunto de cubos más pequeños, es $(48 \text{ cm}^2)/(8 \text{ cm}^3) = 6 \text{ cm}^{-1}$; es el doble. Observa que la relación de superficie a volumen tiene unidades de centímetro inverso.
9. El cubo grande tendrá el mismo volumen combinado de los ocho cubos pequeños, pero la mitad de su área combinada. El área de cada cara de los cubos pequeños es 1 cm^2 , y con sus ocho caras el área total de cada cubo pequeño es 6 cm^2 . Entonces, los ocho cubos individuales tienen un área total de 48 cm^2 . Por otra parte, la superficie de cada cara del cubo grande es $2^2 = 4 \text{ cm}^2$; para las seis caras la superficie total es 24 cm^2 , la mitad que la de los cubos pequeños separados.

Capítulo 13 Líquidos

Respuestas a los ejercicios

Soluciones a los problemas del capítulo 12

1. Densidad = $\frac{\text{masa}}{\text{volumen}} = \frac{5 \text{ kg}}{V}$. El volumen de un cilindro es igual al área de su base $\times$ altura ($\pi r^2 h$).
Entonces, densidad = $\frac{5 \text{ kg}}{\pi r^2 h} = \frac{5000 \text{ g}}{(3.14)(3^2)(10) \text{ cm}^3} = 17.7 \text{ g/cm}^3$.
3. 45 N es tres veces 15 N, por lo que el resorte se estirará tres veces, 9 cm. También, según la ley de Hooke $F = kx$, $x = F/k = 45 \text{ N}/(15 \text{ N}/3 \text{ cm}) = 9 \text{ cm}$. (La constante del resorte es $k = 15 \text{ N}/3 \text{ cm}$.)
5. Si el resorte se corta a la mitad se estirará la mitad de lo que se estiraba antes de cortarlo. Esto se debe a que la tensión en el resorte sin cortar es igual en cualquier lugar; es igual a toda la carga en la mitad y en los extremos. Entonces, la carga de 10 N lo estirará 2 cm. (Al cortar el resorte a la mitad, la constante del resorte sube al doble. Al principio, $k = 10 \text{ N}/4 \text{ cm} = 2.5 \text{ N/cm}$; cuando se corta a la mitad, $k = 10 \text{ N}/2 \text{ cm} = 5 \text{ N/cm}$.)

1. La báscula mide fuerzas, no presiones, y se calibra para indicar el peso. Es la razón por la que tu peso en la báscula es igual, ya sea que te pares en ella en un pie o en ambos.
3. Un cuchillo afilado corta mejor que uno sin filo, porque tiene un área de corte más delgada, que produce más presión de corte para una fuerza dada.
5. ¡Una mujer con tacones de aguja ejerce más presión sobre el piso, en forma consistente, que un elefante! Por ejemplo: una dama que pese 500 N con tacones de aguja de 1 cm^2 descansa la mitad de su peso en cada pie, y se distribuye (por ejemplo) la mitad en el tacón y la mitad en la suela. Entonces, la presión ejercida en cada tacón será $(125 \text{ N}/1 \text{ cm}^2) = 125 \text{ N/cm}^2$. Un elefante de 20,000 N, con patas de 1000 cm^2 descansa $1/4$ de su peso en cada pata, y produce $(5000 \text{ N}/1000 \text{ cm}^2) = 5 \text{ N/cm}^2$, 25 veces menos presión. Una dama con tacones de aguja hará mayores abolladuras a un piso nuevo de linóleo que un elefante.
7. Tu cuerpo descansa más al estar acostado que al estar sentado o parado, porque al acostarte el corazón no debe bombear sangre a las alturas de cuando estás parado o sentado. En el caso normal, la presión sanguínea es mayor en las partes inferiores de tu cuerpo, simplemente porque allí la sangre es más "profunda". Como tus antebrazos están al mismo nivel que tu corazón, la presión sanguínea en ellos será igual a la que hay en tu corazón.
9. (a) El tanque está elevado para producir una presión adecuada del agua en las llaves por las que sale.
(b) Los cinchos están más cercanos entre sí en el fondo, porque la presión del agua es mayor allí. Más cerca de la superficie, la presión del agua no es tan grande, y entonces allí se necesita menos refuerzo.

11. Un bloque de un kilogramo de aluminio es mayor que un bloque de un kilogramo de plomo. En consecuencia, el aluminio desplaza más agua.
13. Tu masa disminuye, pero no en forma apreciable. Tu volumen decrece al contraer tus pulmones, causando que aumente tu densidad en forma apreciable (casi la misma masa dividida entre menos volumen). La densidad afecta más a tu altura de flotación.
15. Una conexión normal de plomería tiene tramos cortos de tubo doblados a 45 grados, entre tramos verticales de dos pisos de longitud. El agua negra sufre entonces una serie de caídas de dos pisos, lo que causa una cantidad de movimiento moderada al llegar al nivel del sótano.
17. El uso de una manguera de jardín llena de agua como indicador de elevación es un ejemplo frecuente del agua que busca su propio nivel. En un extremo, la superficie del agua tendrá la misma elevación sobre el nivel del mar que la superficie del agua en el otro extremo de la manguera.
19. Hay menos presión sanguínea en tu dedo cuando lo levantas.
21. La bebida dietética es menos densa que el agua, mientras que la bebida normal es más densa que el agua. El agua con azúcar disuelta es más densa que el agua pura.
23. Las serranías se parecen mucho a los témpanos de hielo: ambos flotan en un medio más denso, y se prolongan hacia abajo dentro del medio más de lo que sobresalen de él. Las montañas, como los témpanos, son mayores de lo que parecen. El concepto de la flotación de montañas es la *isostasia*; es el principio de Arquímedes aplicado a las rocas.
25. La fuerza necesaria será igual al peso de 1 L de agua, que es 9.8 N. Si el peso de la caja no es inapreciable, la fuerza necesaria será 9.8 N menos el peso de la caja, porque entonces la caja estaría "ayudando" a impulsarse hacia abajo.
27. El bloque de madera flotaría más si el trozo de hierro cuelga bajo ella, y no está sobre ella. De acuerdo con la ley de flotación: la unidad de hierro y madera desplaza su peso combinado y desplaza el mismo volumen de agua, cuando está el hierro sobre la madera o abajo de ella. Cuando el hierro está sobre la madera hay más madera en el agua. Cuando está abajo de ella, hay menos madera en el agua. Otra explicación alternativa es que cuando el hierro está abajo, sumergido, la fuerza de flotación sobre ella reduce su peso, y menos madera quedará abajo de la línea de flotación.
29. Un submarino que se sumerge se continuará hundiéndose hasta el fondo, mientras la densidad del submarino sea mayor que la del agua que lo rodea. Si no se hace nada para cambiar la densidad del submarino, continuará hundiéndose, porque la densidad del agua es prácticamente constante. En la práctica, se admite o se expulsa agua de los tanques de un submarino, para que su densidad coincida con la del agua que lo rodea.
31. El nivel del agua bajará, por la misma razón que en el ejercicio anterior. Haz también la prueba en la tarja de tu cocina. Observa el nivel del agua en el lado de la tarja cuando flota una palangana dentro. Voltea la palangana para que se llene y se sumerja, y verás que baja el nivel del agua en el lado de la tarja.
33. Tú eres compresible, mientras que una piedra no lo es. Entonces, cuando te sumerges, la presión del agua tiende a oprimirte y reducir tu volumen. Con esto aumenta tu densidad. Ten cuidado al nadar; a poca profundidad seguirás siendo menos denso que el agua, y saldrás a la superficie sin mucho esfuerzo. Pero a mayores profundidades estarás comprimido y tu densidad será mayor que la del agua. Tendrás que nadar hacia la superficie.
35. La fuerza de flotación no cambia. Esa fuerza sobre un objeto flotante siempre es igual al peso del objeto, sin importar cuál sea el fluido.
37. No; no debe ser realmente 14.5 N de fluido en el cráneo que suministren una fuerza de flotación a los 14.5 N del cerebro. Decir que la fuerza de flotación es 14.5 N es decir que el cerebro ocupa el espacio que ocuparían los 14.5 N del fluido, si hubiera fluido en vez de cerebro. La cantidad de fluido además del que rodea inmediatamente al cerebro no contribuye a la flotación del mismo. Un barco flota en medio del mar igual que en un dique pequeño, apenas mayor que ese barco. Siempre que haya suficiente agua que impulse al casco del barco, flotará. No importa que la cantidad de agua en este muelle estrecho pese tanto como el barco; imagina el caso y no te dejes confundir por una explicación en palabras literales "un objeto que flota desplaza un peso de fluido igual a su propio peso", con la idea que expresa.
39. Cuando el cubo de hielo se funde, no cambia el nivel del agua en el lado del vaso (sin tener en cuenta los efectos de la temperatura). Para visualizarlo, imagina que el cubo de hielo sea de 5 gramos; entonces, cuando flote desplazará 5 gramos de agua. Pero cuando se funda se transformará en 5 gramos de agua. En consecuencia, el nivel del agua no cambia. Lo mismo sucede cuando se funde un cubo de hielo con burbujas de aire. Sea hueco o macizo el cubo de hielo, desplazará tanta agua al flotar como la que se funde. Sin embargo, si el cubo contiene granos de arena pesada, al fundirse el nivel del agua en el lado del vaso bajará. Esto se parece al caso de la chatarra en el ejercicio 30.
41. Cuando la esfera está sumergida (sin tocar el fondo del recipiente), está soportada en parte por la fuerza de flotación de la izquierda, y en parte por el cordón amarrado en el lado derecho. Entonces, el platillo de la izquierda debe aumentar su fuerza hacia arriba para proporcionar flotación además de la fuerza que se haya proporcionado antes, y la fuerza hacia arriba en el platillo derecho disminuye en la misma cantidad, porque ahora soporta una esfera más ligera en la cantidad de la fuerza de flotación. Para restablecer el equilibrio en la báscula, el peso

adicional que se debe poner en el platillo derecho será igual al doble del agua desplazada por la esfera sumergida. ¿Por qué el doble? La mitad del peso agregado compensa la pérdida de fuerza hacia arriba en la derecha, y la otra mitad para que aumente igual la fuerza hacia arriba en la izquierda. (Si cada lado pesa 10 N al principio, y el lado izquierdo gana 2 N para estar en 12 N, el lado derecho pierde 2 N y se vuelve 8 N. Entonces se requiere un peso adicional de 4 N, y no de 2 N, en el lado derecho, para restaurar el equilibrio.) Como la densidad del agua es menor que la mitad de la densidad de la esfera de hierro, el peso equilibrante, igual al doble de la fuerza de flotación, seguiría siendo menor que el peso de la esfera.

43. Tú y el agua tendrían más o menos la mitad de la densidad gravimétrica que en la Tierra, y flotarías con la misma proporción de tu cuerpo sobre el agua que en la Tierra. El agua salpicada hacia arriba con cierta rapidez inicial subiría el doble porque sólo sentiría la mitad de la "fuerza de gravedad". Las olas en la superficie del agua se moverían con más lentitud que en la Tierra; más o menos al 70% de la rapidez, porque $v_{ola} \sim \sqrt{g}$.
45. Una pelota de ping-pong en el agua en un ambiente de gravedad cero no sentiría fuerza de flotación. Esto se debe a que la flotación depende de una diferencia de presión sobre distintas caras de un cuerpo sumergido. En este estado de ingravidez no existiría diferencia de presiones porque no existe presión de agua. (Ve la respuesta del ejercicio 20, y el proyecto 2.)
47. El fortachón no podría. Debe empujar con 50 veces el peso de 10 kilogramos. El arreglo hidráulico está dispuesto contra él. En el caso ordinario, la fuerza se aplica contra el pistón menor, y la fuerza producida se ejerce por el pistón grande. Este arreglo es justamente lo contrario.
49. Cuando el agua está caliente, las moléculas se mueven rápidamente y no se adhieren entre sí tan bien como cuando lo hacen lentamente, así que la tensión superficial es menor. La menor tensión superficial del agua caliente permite que pase sin dificultad a través de orificios pequeños.

Soluciones a los problemas del capítulo 13

1. Presión = densidad gravimétrica $\times$ profundidad = $9800 \text{ N/m}^3 \times 220 \text{ m} = 2,160,000 \text{ N/m}^2 = 2160 \text{ kPa}$.
3. (a) El volumen del agua adicional desplazada pesará igual que el caballo de 400 kg. Y el volumen del agua adicional desplazada también será igual al área del lanchón por la profundidad adicional. Esto es, $V = Ah$, donde A es el área horizontal del lanchón;

$$\text{entonces } h = \frac{V}{A}.$$

En este caso $A = 5 \text{ m} \times 2 \text{ m} = 10 \text{ m}^2$. Para calcular el volumen V del lanchón que penetra en el agua debido al peso del caballo, que es igual al volumen del agua desplazada, se sabe que

$$\text{densidad} = \frac{m}{V}. \text{ Es decir, } V = \frac{m}{\text{densidad}}$$

$$= \frac{400 \text{ kg}}{1000 \text{ kg/m}^3} = 0.4 \text{ m}^3.$$

$$\text{Entonces, } h = \frac{V}{A} = \frac{0.4 \text{ m}^3}{10 \text{ m}^2} \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2} = 0.04 \text{ m}; 4 \text{ cm más}$$

sumergido.

(b) Si cada caballo sumerge al lanchón 4 cm, surge la pregunta, ¿cuántos incrementos de 4 cm sumarán 15 cm? $15/4 = 3.75$, por lo que se pueden llevar 3 caballos sin hundirse. **4 caballos** harán que el lanchón se hunda.

5. En la tabla 12.1 se ve que la densidad del oro es 19.3 g/cm^3 . Tu oro tiene 1000 gramos de masa, por lo que

$$\frac{1000 \text{ g}}{V} = 19.3 \text{ g/cm}^3. \text{ Se despeja } V:$$

$$V = \frac{1000 \text{ g}}{19.3 \text{ g/cm}^3} = 51.8 \text{ cm}^3.$$

7. Si el 10% del hielo sale del agua, entonces el 10% de los 9 cm de espesor del hielo flotaría sobre el agua; serían **0.9 cm**. Entonces el hielo salta. Es interesante que cuando se erosionan las montañas se vuelven más ligeras, y ¡suben! de manera parecida. Es por lo que tardan mucho las montañas en desaparecer por la erosión.
9. El agua desplazada tiene un volumen igual al 90% del volumen del turista y pesa lo mismo que él (para suministrar una fuerza de flotación igual al peso del mismo). En consecuencia, su densidad es el 90% de la densidad del agua. La densidad del turista = $(0.90)(1,025 \text{ kg/m}^3) = 923 \text{ kg/m}^3$.
11. La presión aplicada al fluido en el recipiente debe ser igual a la presión que ejerce el pistón contra el fluido en el cilindro. Es el peso de los 2000 kg dividido entre 400 cm^2 . Eso es igual a $(2000 \text{ kg} \times 9.8 \text{ N/kg}) / 400 \text{ cm}^2 = (19,600 \text{ N}) / (400 \text{ cm}^2) = 49 \text{ N/cm}^2$. En las unidades normales equivale a $490,000 \text{ N/m}^2$ o **490 kPa**.

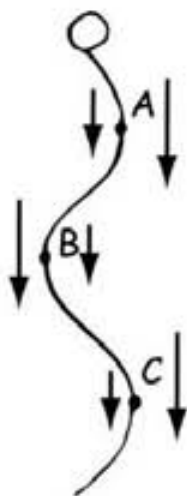
Capítulo 14 Gases

Respuestas a los ejercicios

1. Algunas de las moléculas de la atmósfera terrestre sí se pierden en el espacio exterior. Como las de helio, que llegan a tener rapidez mayores que la rapidez de escape. Pero la rapidez promedio de la mayor parte de las moléculas en la atmósfera son bastante menores que la rapidez de escape, por lo que la atmósfera queda sujeta a la Tierra por su gravedad.
3. El peso de un camión se distribuye sobre las partes de los neumáticos que tocan al asfalto. Peso/superficie = presión, por lo que mientras mayor sea la superficie, o lo que es igual, la cantidad de neumáticos, el peso del camión podrá ser mayor para determinada presión. ¿Cuál presión? La que ejercen los neumáticos sobre el asfalto, que está determinada por (pero es algo mayor que) la presión del aire en los neumáticos. ¿Puedes ver cómo se relaciona esto con el proyecto 1?

5. La densidad del aire en una mina profunda es mayor que en la superficie. El aire que llena la mina agrega peso y presión en el fondo de la mina; de acuerdo con la ley de Boyle, mayor presión de un gas equivale a mayor densidad.
7. La masa de la burbuja no cambia. Su volumen aumenta porque su presión disminuye (ley de Boyle) y su densidad disminuye (igual masa, mayor volumen).
9. Para empezar, los dos troncos de caballos que se usaron en la demostración de los hemisferios de Magdeburgo fueron para crear asombro, porque un solo tronco y un árbol robusto hubieran producido la misma fuerza en los hemisferios. Entonces, si dos troncos de nueve caballos cada uno pudieran separar los hemisferios, también podría un solo tronco si se usara un árbol u otro objeto firme para sujetar el otro extremo de la cuerda.
11. Las ventanillas de los aviones son pequeñas, porque la diferencia de presiones entre las superficies interna y externa provocan grandes fuerzas, directamente proporcionales a la superficie de la ventanilla. Las ventanas mayores deberían tener un espesor proporcionalmente mayor para resistir la mayor fuerza neta; de igual manera, las ventanillas en los vehículos de investigación submarina son pequeñas.
13. A causa del vacío dentro de un cinescopio, cuando se rompe implota. La presión de la atmósfera empuja hacia adentro las partes del tubo roto.
15. Una aspiradora no trabajaría en la Luna. En la Tierra si funciona porque la presión atmosférica arrastra al polvo hacia la región de la máquina que tiene menor presión. En la Luna no hay presión atmosférica que impulse el polvo hacia ningún lado.
17. Si el líquido en el barómetro tuviera la mitad de la densidad del mercurio, para pesar igual que él se necesitaría una columna con el doble de altura. Un barómetro que usara ese líquido debería tener dos veces la altura que un barómetro normal de mercurio, más o menos 152 cm en lugar de 76 cm.
19. El mercurio se puede succionar a un máximo de 76 cm de altura con un sifón. Esto se debe a que 76 cm verticales de mercurio ejercen la misma presión que una columna de aire que se prolongue hasta arriba de la atmósfera. Visto de otra manera, se puede subir agua hasta 10.3 m con la presión atmosférica. El mercurio es 13.6 veces más denso que el agua, por lo que sólo puede subir $1/13.6$ veces la altura del agua.
21. Tomar agua con un popote es un poco más difícil en la cima de una montaña. Esto se debe a la menor presión atmosférica, que es menos efectiva para impulsar la bebida hacia arriba por el popote.
23. Debes estar de acuerdo con tu amigo, porque el elefante desplaza mucho más aire que el pequeño globo lleno de aire. Sin embargo, los efectos de las fuerzas de flotación son cosa aparte. La gran fuerza de flotación sobre el elefante es insignificante en relación con su peso enorme. Sin embargo, la diminuta fuerza de flotación que actúa sobre el globo que tiene un peso diminuto, si es importante.
25. Los pulmones, como un globo inflado, se comprimen cuando uno se sumerge en el agua y se comprime el aire que contienen. Por sí mismo, el aire no fluye de una región de baja presión a una de mayor presión. El diafragma del organismo reduce la presión en los pulmones para permitir la respiración, pero esta capacidad se reduce casi a 1 m bajo la superficie del agua. Se rebasa a más de 1 m.
27. El aire tiende a irse hacia atrás (ley de la inercia) y de momento se vuelve más denso en la parte trasera de un automóvil, y menos denso en la parte delantera. Como el aire es un gas que obedece la ley de Boyle, su presión es mayor cuando su densidad es mayor. Entonces el aire tiene un "gradiente de presión" que es vertical y horizontal a la vez. El gradiente vertical, debido al peso de la atmósfera, impulsa al globo hacia arriba. El gradiente horizontal, debido a la aceleración, impulsa al globo hacia adelante. Entonces, el cordón del globo se inclina en ángulo. La inclinación del globo siempre tendrá la dirección de la aceleración. Si se pisan los frenos, el globo se inclina hacia atrás. Al dar la vuelta, el globo se inclina notablemente hacia el centro de la curva. ¡Bien! Otra forma de verlo implica el efecto de las aceleraciones, g y la del vehículo. El cordón del globo será paralelo a la resultante de esas dos aceleraciones. ¡Otra vez bien!
29. La fuerza de flotación no cambia, porque el volumen del globo no cambia. La fuerza de flotación es igual al peso del aire desplazado, y no depende de lo que causa el desplazamiento.
31. La forma sería una catenaria. Se parecería al arco Gateway en San Luis, Misuri y a la de la cadena colgante descrita en el capítulo 12.
33. El extremo que sostiene al globo se inclina hacia arriba, porque se aligera en la cantidad de aire que escapa. También hay una pérdida de fuerza de flotación en el globo picado, pero esa pérdida es menor que la pérdida de fuerza de gravedad, porque la densidad del aire dentro del globo, antes de picarlo, era mayor que la densidad del aire que lo rodeaba.
35. El hábitat giratorio es una centrifuga, y el aire más denso es "arrojado" hacia la pared exterior. Igual que en la Tierra, la densidad máxima del aire está en el "nivel del piso" y disminuye cuando aumenta la altura (la distancia hacia el centro). La densidad del aire en el hábitat giratorio es mínima en la región de gravedad cero: en el eje de giro.
37. La fuerza de la atmósfera está en ambos lados de la ventana; la fuerza neta es cero, y en el caso normal las ventanas no se rompen bajo el peso de la atmósfera. Sin embargo, con un fuerte viento, la presión se reduce en la cara expuesta al viento (principio de Bernoulli) y las fuerzas no se cancelan. Muchas ventanas se rompen *hacia afuera* bajo fuertes vientos.

39. Pasa más aire sobre la pelota de playa que debajo de ella, haciendo menor la presión sobre ella que la presión debajo de ella (principio de Bernoulli). La diferencia de presiones proporciona una fuerza de soporte que contrarresta la fuerza gravitacional.
41. (a) La rapidez aumenta (de modo tal que en el tubo se mueva la misma cantidad de gas en el mismo tiempo). (b) La presión disminuye (principio de Bernoulli). (c) Las distancias entre las líneas de flujo disminuyen, porque en un área más pequeña cabe igual cantidad de líneas de flujo.
43. Un avión vuela de cabeza inclinando su fuselaje de modo que el ala tenga un ángulo de ataque respecto al aire que se acerca. Hace lo mismo cuando no está volteado, pero entonces, como las alas están diseñadas para volar así, la inclinación del fuselaje no necesita ser tan grande.
45. El principio de Bernoulli. En el vehículo en movimiento, la presión será menor en el lado donde el aire se mueva con más rapidez, que es el cercano al camión; eso hace que el automóvil sea impulsado hacia el camión. Dentro del convertible, la presión atmosférica es mayor que afuera y la lona es empujada hacia arriba, hacia la región de menor presión. Es lo mismo en las ventanas del tren, donde el aire del interior está en reposo en relación con la ventana, y el aire exterior está en movimiento. La presión del aire contra la superficie interior de la ventana es mayor que la presión atmosférica exterior. Cuando la diferencia de presiones aumenta lo suficiente, la ventana se rompe hacia afuera.
47. El comportamiento de la bandera se parece al de las olas en el agua del ejercicio anterior. Ve el esquema adjunto. Donde la bandera se curva hacia la derecha (punto A), la rapidez del viento es mayor sobre la cara derecha, porque el "valle" de la izquierda queda parcialmente protegido. En consecuencia, la presión es menor sobre la cara derecha. Donde se curva la bandera hacia la izquierda (punto B), la rapidez del viento es mayor hacia la izquierda y la presión es menor hacia la izquierda. En ambos casos, la diferencia de presiones sobre las dos caras de la bandera tenderá a impulsar a la "onda" de la bandera con mayor amplitud. Los puntos A y C serán impulsados hacia la derecha; el punto B será impulsado hacia la izquierda. Con las crestas de onda amplificadas, el viento las empujará a lo largo de la bandera (hacia abajo en este diagrama), y el resultado será que el extremo libre ondea en vaivén. Debemos dar algo de crédito a tu amigo que dijo que una bandera ondea debido al principio de Bernoulli. Para quien entienda el principio de Bernoulli, esta respuesta debe bastar. Para quien no lo entienda, se le debe explicar algo más.



49. De acuerdo con el principio de Bernoulli, cuando un fluido aumenta su rapidez al fluir por una región angosta, se reduce su presión. El aumento de rapidez es la causa, y produce el efecto de menor presión. Pero uno puede decir que la presión reducida en un fluido es la causa, y produce un flujo en dirección de la presión reducida, que es el efecto. Por ejemplo, si disminuyes la presión del aire en un tubo, mediante una bomba o con cualquier método, el aire adyacente entrará a la región de menor presión. En este caso, el aumento de la rapidez del aire es el resultado y no la causa de la presión reducida. Causa y efecto quedan abiertas a la interpretación. ¡El principio de Bernoulli es un tema de controversia entre muchos físicos!

Soluciones a los problemas del capítulo 14

- Según la ley de Boyle, la presión aumentará al triple de su valor original.
- Para bajar la presión a la décima parte, a su valor original, en un volumen fijo, debe escapar el 90 % de sus moléculas, quedando un décimo de la cantidad original.
- Si la atmósfera estuviera formada por vapor de agua puro, se condensaría a una profundidad de 10.3 m. Como la atmósfera está formada por gases que tienen menor densidad en estado líquido, sus profundidades en estado líquido serían mayores, más o menos 12 m. (Es un buen recordatorio de lo delgada y frágil que es en realidad nuestra atmósfera.)
- (a) El peso del aire desplazado debe ser igual que el peso soportado, ya que la fuerza total (gravedad más flotación) es cero. El aire desplazado pesa 20,000 N. (b) Como peso = mg , la masa del aire desplazado es $m = W/g = (20,000 \text{ N})/(10 \text{ m/s}^2) = 2000 \text{ kg}$. Como la densidad es masa/volumen, el volumen del aire desplazado es $\text{vol} = \text{masa}/\text{densidad} = (2000 \text{ kg})/(1.2 \text{ kg/m}^3) = 1700 \text{ m}^3$. (Respuesta igual con dos cifras si se usa $g = 9.8 \text{ m/s}^2$.)
- Como la columna de mercurio tiene la mitad de la altura que tiene al nivel del mar (donde es 760 mm), la presión del aire es la mitad que su valor al nivel del mar. La presión del aire no disminuye a una tasa constante, en la forma que baja la presión del agua, por lo que no disminuye tanto en los segundos 5.6 km de altura como en los primeros. A 11.2 km, la columna de mercurio será más corta, pero no cero.

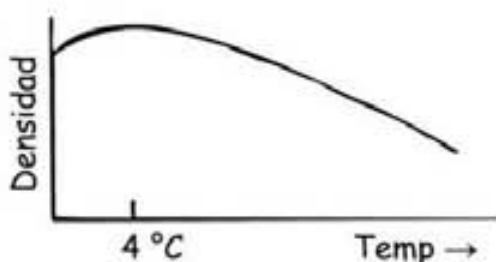
Tercera parte. Calor**Capítulo 15 Temperatura, calor y expansión****Respuestas a los ejercicios**

1. Las cosas inertes, como mesas, sillas, muebles, etc., tienen la misma temperatura que la del aire que las rodea (suponiendo que estén en equilibrio térmico con ese aire; es decir, que no haya rachas repentinas de aire con distinta temperatura o cosas por el estilo). Sin embargo, las personas y otros mamíferos generan su propio calor, y la temperatura de su organismo es normalmente mayor que la temperatura del aire.
3. Las moléculas de los gases se mueven en todas direcciones y con rapidez aleatoria. Continuamente chocan entre sí, y a veces ceden energía cinética a sus vecinas, y a veces reciben energía cinética de ellas. En esta interacción continua, sería estadísticamente imposible que una gran cantidad de moléculas tuviera la misma rapidez. La temperatura tiene relación con rapidez promedio.
5. El café caliente tiene mayor temperatura, pero no una gran energía interna. Aunque el témpano tiene menor energía interna por unidad de masa, su masa, que es inmensamente mayor, le da una energía total mayor que la que hay en la pequeña taza de café. Si el volumen de hielo fuera menor, la menor cantidad de moléculas más energéticas que hay en la taza caliente de café puede tener una mayor cantidad de energía interna; pero no se compara con la de un *iceberg*.
7. La radiación directa del Sol puede calentar el termómetro a mayor temperatura que la del aire que lo rodea, si el termómetro absorbe la radiación mejor que el aire. El termómetro no está "mal". Está indicando su *propia* temperatura. Es lo que hace cualquier termómetro.
9. Cuando no se puede extraer más energía de un material, está en el cero absoluto. Pero en principio no hay límite de cuánta energía se puede agregar a un material. Es como la energía cinética: tiene un mínimo, pero no tiene máximo.
11. Sin tener en cuenta otros efectos, la temperatura debe ser un poco mayor, porque la EP del agua que estaba arriba se ha transformado en EC abajo, que a su vez se transforma en calor y en energía interna, cuando se detiene el agua que cae. (En su luna de miel, James Prescott Joule no se podía apartar de sus preocupaciones con el calor, y trató de medir la temperatura del agua arriba y abajo de una cascada en Chamonix. Sin embargo, el aumento de temperatura que esperaba fue enmascarado por el enfriamiento debido a la evaporación, cuando caía el agua.)
13. Distintas sustancias tienen distintas propiedades térmicas, debido a diferencias en la forma en que se almacena internamente la energía en ellas. Cuando la misma cantidad de calor produce distintos cambios de temperatura en dos sustancias de la misma masa, se dice que tienen distintas capacidades específicas de calor. Cada sustancia tiene su propia y característica capacidad térmica específica. La temperatura indica la energía cinética promedio del movimiento aleatorio, y ninguna otra clase más de energía.
15. El agua tiene una capacidad calorífica específica grande, lo que equivale a decir que normalmente tarda más tiempo en calentarse o en enfriarse. El agua en la sandía resiste cambios de temperatura, por lo que una vez fría durará fría más que los emparedados u otras sustancias no acuosas, bajo las mismas condiciones. ¡Date por satisfecho por que el agua tenga una capacidad calorífica específica alta, la siguiente vez que disfrutes una sandía fresca en un día caluroso!
17. El clima de Islandia, como el de Bermuda en el ejercicio anterior, está moderado por el agua que la rodea.
19. Cuando se enfria el mar frente a la costa de San Francisco durante el invierno, el calor que pierde calienta la atmósfera en contacto con el agua. Este aire caliente sopla sobre la costa de California y produce un clima relativamente templado. Si los vientos fueran del Este, en lugar del Oeste, el clima de San Francisco se enfriaría por los vientos de invierno procedentes de Nevada, que es seco y frío. El clima se invertiría también en Washington, D.C., porque el aire calentado por el enfriamiento del océano Atlántico soplaría hacia el continente y produciría un clima más templado durante el invierno.
21. La arena tiene bajo calor específico, lo que se ve por sus cambios de temperatura relativamente grandes cuando sus cambios de energía interna son pequeños. Una sustancia con gran calor específico, por otra parte, debe absorber o emitir grandes cantidades de energía interna para tener cambios iguales de temperatura.
23. No, lo que flexiona una cinta o un resorte son las diferentes dilataciones. Sin las distintas dilataciones de una cinta bimetalica, ésta no se flexionaría al calentarla.
25. Al bañarlas, sus partes externas se enfriaban, cuando los interiores todavía estaban calientes. Eso causaba una diferencia de contracciones que rompía a las piedras.
27. En un día cálido, el péndulo se alarga un poco y aumenta su periodo. Entonces, el reloj "se atrasa". (Algunos péndulos de reloj tienen dispositivos compensadores que anulan este efecto.)
29. Enfriar el vaso interior y calentar el vaso exterior. Si se hace al revés, los vasos quedarán más apretados, si es que no se rompen.
31. La foto fue tomada en un día caluroso. Observa que el elemento móvil está inclinado ligeramente hacia el extremo, y no hacia el centro; eso quiere decir que la barra de acero está ligeramente alargada.
33. Cada parte de un anillo metálico se dilata al calentarse; no sólo el espesor, sino también la circunferencia interna y la externa. En consecuencia, la esfera que apenas pasa por el agujero cuando sus temperaturas son iguales, pasará con más facilidad por el agujero dilatado al calentar el anillo. Es interesante, pero el agujero se dilatará tanto como un

Física CONCEPTUAL

disco del mismo metal que tenga el mismo aumento de temperatura. Los herreros montaban las llantas metálicas en las ruedas de madera de las diligencias, calentando primero esas llantas. Al contraerse producían un ajuste apretado.

35. El hueco en el anillo se agrandará al calentarlo. Haz la prueba siguiente: traza un par de líneas donde quieras que esté el hueco. Cuando calientes el anillo, las líneas se alejarán, la misma distancia que crecerá el hueco real, si estuviera allí. Cada parte del anillo se dilata en forma proporcional al calentarlo uniformemente: su espesor, su longitud y todo.
37. No es la excepción. Cuando se calienta el aire *si* se dilata. Aunque puede ser que la casa se dilate un poco, no lo hace lo suficiente para que quepa todo el volumen adicional de aire. Algo del aire se fuga al exterior. Y cuando enfrias la casa, entra aire en ella, desde el exterior.
39. En la fabricación de un foco es importante que las terminales metálicas y el vidrio tengan la misma rapidez de expansión térmica. Si las terminales se dilatan más que el vidrio, éste se puede romper. Si el metal se dilata menos que el vidrio al calentarse, el aire entrará a través de los huecos que se produzcan.
41. Fue 4 °C.
43. Los átomos y las moléculas de la mayor parte de las sustancias se empaquetan más en los sólidos que en los líquidos. Entonces, la mayor parte de las sustancias son más densas en la fase sólida que en la fase líquida. Es el caso del hierro y del aluminio, así como la mayor parte de los demás metales. Pero en el agua es distinto. La estructura del agua en fase sólida tiene espacios abiertos y el hielo es menos denso que el agua en fase líquida. En consecuencia, el hielo flota en el agua.
45. La curva de la densidad en función de la temperatura es:



47. Es importante evitar que se congele el agua en las tuberías, porque cuando baja la temperatura del punto de congelación, el agua se dilata al congelarse, mientras que el tubo (si es de metal) se rompe al no poder contener al hielo.
49. Los estanques se congelarían con más probabilidad si el agua tuviera menor calor específico. La temperatura bajaría más al ceder su energía el agua; el agua se enfriaría con más facilidad hasta llegar a su punto de congelación.

Soluciones a los problemas del capítulo 15

1. El calor ganado por el agua del enfriador = calor perdido por el agua más caliente. Como las masas

de las aguas son iguales, la temperatura final será intermedia, 30 °C. Entonces terminarías con 100 g de agua a 30 °C.

3. Para aumentar un grado la temperatura de 10 gm de cobre se requieren $10 \times 0.092 = 0.92$ calorías, y para aumentarla 100 grados se necesitan 100 veces más, es decir, 92 calorías.

De acuerdo con la expresión, $Q = mc\Delta T = (10 \text{ g})(0.092 \text{ cal/g } ^\circ\text{C})(100 ^\circ\text{C}) = 92 \text{ cal}$.

Para calentar 10 g de agua en esa diferencia de temperaturas se necesitan 1000 calorías, **más de 10 veces más** que para el cobre; es otro recordatorio de que el agua tiene una capacidad calorífica específica grande.

5. Calor ganado por el agua = calor perdido por los clavos

$$(cm \Delta T)_{\text{agua}} = (cm \Delta T)_{\text{clavos}}$$

$$(1)(100)(T - 20) = (0.12)(100)(40 - T)$$

el resultado es que $T = 22.1 ^\circ\text{C}$.

7. De acuerdo con la expresión $\Delta L = L_0 \alpha \Delta T = (1300 \text{ m})(11 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C})(15 ^\circ\text{C}) = 0.21 \text{ m}$.
9. El aluminio se dilata más, debido a su mayor coeficiente de dilatación lineal. La relación de los aumentos es igual a las relaciones de los coeficientes de expansión, $24 \times 10^{-6} / 11 \times 10^{-6} = 2.2$. Entonces, para el mismo aumento de temperatura, el cambio de longitud del aluminio será **2.2 veces mayor** que el cambio de longitud del acero.

Capítulo 16 Transferencia de calor Respuestas a los ejercicios

1. No, la manta no es una fuente de calor, sino sólo evita que la energía térmica del usuario se disipe rápidamente.
3. Cuando las temperaturas de los bloques son iguales a la de tu mano, no sucede transferencia de calor. El calor sólo fluirá entre tu mano y lo que estés tocando si hay entre ellos una diferencia de temperaturas.
5. El cobre y el aluminio son mejores conductores que el acero inoxidable, y en consecuencia se transfiere más calor al interior de los utensilios.
7. Al tocar con la lengua un metal muy frío, el calor puede salir de aquella con rapidez suficiente como para que la saliva baje a una temperatura menor que cero, y por tanto se congela, quedando pegada la lengua al metal. En el caso de la madera, que es relativamente no conductora de calor, pasa mucho menos calor de la lengua y no sucede la congelación con la rapidez suficiente como para que suceda una adhesión repentina.
9. El calor del suelo, que está relativamente caliente, es conducido por la losa para fundir la nieve que está tocándola. De igual modo sucede con los árboles, o con cualquier material que sea mejor conductor de calor que la nieve, y que entre al terreno.

11. Gran parte de la energía de la llama se conduce con facilidad, atraviesa el papel y llega al agua. La gran cantidad de agua en relación con el papel, absorbe la energía, que de otro modo elevaría la temperatura del papel. El límite superior de 212 °F (es decir 100 °C) para el agua es bastante menor que la temperatura de ignición del papel, que es de 451 °F (equivalente a 230 °C). En consecuencia, el título "451" de una novela de ciencia ficción, por Ray Bradbury, acerca de la quema de libros.
13. El aire es mal conductor, a cualquier temperatura. Entonces, no es peligroso poner tu mano en aire caliente durante corto tiempo, porque es muy poco el calor que se conduce del aire a tu mano. Pero si tocas la superficie conductora y caliente del horno, el calor pasa con facilidad a ti. ¡Ay!
15. La conductividad de la madera es relativamente baja a cualquier temperatura, aun en los carbones al rojo. Puedes caminar con seguridad, descalzo, cruzando carbones de madera al rojo si puedes pisar con rapidez (como al quitar el platillo del horno en el ejercicio anterior) porque muy poca energía térmica pasa a tus pies por conducción. Debido a la mala conductividad de los carbones, la energía de ellos no sustituye con facilidad a la energía que pasa a tus pies. Esto se ve muy bien en el color menos rojo de los carbones después que los ha dejado de pisar tu pie. Sin embargo, caminar sobre *hierros* al rojo, es otra historia. Debido a la excelente conductividad del hierro, a tus pies pasarán cantidades de calor que serán muy dañinas. Mucho más que sólo ¡ay!
17. Debes estar de acuerdo, porque tu amigo está en lo correcto.
19. En el salón más frío hay más moléculas. La mayor cantidad de moléculas con movimientos lentos produce una presión de aire igual a la de la menor cantidad de moléculas más rápidas que hay en el salón más caliente.
21. A la misma temperatura, las moléculas de helio, nitrógeno y oxígeno tienen la misma energía cinética promedio. Pero el helio, por su poca masa, tiene mayor rapidez promedio. Entonces, algunos átomos de helio en la atmósfera superior se moverán más rápido que la velocidad de escape de la Tierra, y se perderán en el espacio. Debido a los choques aleatorios, todos los átomos de helio acabarán por rebasar la rapidez de escape.
23. Sí; la gravedad disminuye el movimiento de las moléculas hacia arriba, y aumenta su movimiento hacia abajo. Entonces, el efecto de la rapidez molecular favorece una migración de las moléculas hacia abajo. Sí, hay una mayor "ventana" hacia arriba debido a la menor densidad del gas con la altitud. La ventana más amplia de densidad favorece a la migración hacia arriba. Cuando esas dos influencias son iguales, no sucede convección y el aire está en equilibrio térmico.
25. Las moléculas de hidrógeno serán las que se muevan con más rapidez al mezclarse con las de oxígeno. Tendrán la misma temperatura, y eso quiere decir que tendrán la misma energía cinética promedio. Recuerda que $EC = 1/2 mv^2$. Como la masa del hidrógeno es bastante menor que la de oxígeno, la rapidez debe ser correspondientemente mayor.
27. De nuevo, las moléculas de gas con menos masa tienen mayor rapidez promedio. Entonces, las moléculas que contengan el U 238, que es más pesado, son más lentas, en promedio. Esto favorece a la difusión del gas más rápido, el que contiene U 235, a través de una membrana porosa. ¡Así separaron los científicos el U 235 del U 238 en la década de 1940!
29. Cuando se calienta un volumen de aire se le agrega energía. Cuando se expande un volumen de aire se le saca energía (porque el aire en expansión efectúa trabajo sobre sus alrededores. Así, las condiciones son bastante distintas y los resultados serán diferentes. En realidad, al expandir un volumen de aire disminuye su temperatura.
31. La mezcla se expande al salir por la boquilla y en consecuencia se enfría. En la temperatura de congelación, de 0 °C, se forma hielo.
33. El calor que recibiste fue de energía radiante.
35. Si los buenos absorbedores no fueran también buenos emisores, no se podría llegar al equilibrio térmico. Si un buen absorbedor sólo absorbiera, su temperatura aumentaría más que la de los malos absorbedores en su cercanía. Y si los malos absorbedores fueran buenos emisores, sus temperaturas bajarían más que las de los absorbedores mejores.
37. La energía cedida por la roca en la superficie de la Tierra se transfiere a sus alrededores casi tan rápido como se generó. En consecuencia no hay la acumulación de energía que sucede en el interior de la Tierra.
39. El calor se irradia al aire nocturno transparente, y la temperatura del automóvil baja. En el caso normal, el calor es conducido al vehículo por el suelo, relativamente más caliente, pero los neumáticos de hule evitan la conducción de calor del suelo. Entonces, el calor irradiado no se reemplaza con facilidad, y el vehículo se enfría a temperaturas menores que la de sus alrededores. De este modo puede formarse escarcha en un automóvil a temperaturas bajo cero, cuando el ambiente está sobre cero.
41. La casa blanca también es un mal radiador, por lo que cuando se calienta desde el interior, su blancura reduce la radiación que emite al exterior. Esto ayuda a mantenerla caliente por dentro.
43. Cuando se desea reducir la radiación que entra a un invernadero se aplica lechada de cal al vidrio, sólo para reflejar gran parte de la radiación que llega. La energía reflejada es energía que no se absorbe.

45. Si la atmósfera superior permitiera escapar más radiación terrestre que hoy, escaparía más energía y el clima de la Tierra sería más frío.
47. Apaga el calefactor y ahorra combustible. Cuando hace frío afuera, tu casa pierde calor en forma constante. La cantidad que pierda depende del aislamiento y de la diferencia entre las temperaturas interior y exterior (ley del enfriamiento de Newton). Si se mantiene ΔT alto se consume más combustible. Para consumir menos, mantén la ΔT baja y apaga tu calefactor. ¿Se necesitará más combustible para volver a calentar la casa cuando regreses, que el que se hubiera necesitado para mantenerla caliente mientras estuviste fuera? Para nada. Cuando llegues, estás reemplazando el calor perdido por la casa a una temperatura promedio menor que el ajuste normal, pero si hubieras dejado encendido el calefactor, habría suministrado más calor, lo bastante para compensar el calor que pierde la casa en su ajuste de temperatura normal. (Quizá tu profesor lo demuestre con la analogía de las cubetas de agua con fugas.)
49. Como el aire caliente sube, hay mayor temperatura en el techo que en las paredes. Con una mayor diferencia entre las temperaturas en el interior y en el exterior, se necesita aislamiento más grueso para aminorar la transferencia de calor.

Soluciones a los problemas del capítulo 16

1. (a) La cantidad de calor absorbido por el agua es $Q = cm\Delta T = (1.0 \text{ cal/g } ^\circ\text{C})(50.0 \text{ g})(50^\circ\text{C} - 22^\circ\text{C}) = 1400 \text{ cal}$. A 40% de eficiencia sólo el 0.4 de la energía del cacahuate hace aumentar la temperatura del agua, por lo que el contenido de calorías del cacahuate es $1400/0.4 = 3500 \text{ cal}$. (b) El valor calorífico del cacahuate es $3500 \text{ cal}/0.6 \text{ g} = 5.8 \text{ kilocalorías por gramo}$.
3. El trabajo que efectúa el martillo sobre el clavo es $F \times d$, y el cambio de temperatura del clavo se puede calcular usando $Q = cm\Delta T$. Primero se pasa todo a unidades más cómodas para los cálculos: 5 gramos = 0.005 kg; 6 cm = 0.06 m. Entonces $F \times d = 500 \text{ N} \times 0.06 \text{ m} = 30 \text{ J}$, y $30 \text{ J} = (0.005 \text{ kg})(450 \text{ J/kg } ^\circ\text{C})(\Delta T)$, de donde se puede despejar $\Delta T = 30/(0.005 \times 450) = 13.3^\circ\text{C}$. Observarás un efecto parecido al sacar un clavo de un trozo de madera. El clavo que sacas estará apreciablemente más caliente.
5. De acuerdo con la ley de Newton del enfriamiento, su rapidez de enfriamiento es proporcional a la diferencia de temperaturas, así que cuando la diferencia de temperaturas es la mitad, la rapidez de enfriamiento será la mitad. Después de otras ocho horas, el café bajará 12.5 grados, la mitad que en las primeras ocho horas, y se enfriará de 50°C a 37.5°C . La ley de Newton del enfriamiento describe un comportamiento exponencial, en el que el cambio fraccionario es igual con iguales incrementos del tiempo.

Capítulo 17 Cambio de fase Respuestas a los ejercicios

1. Cuando se pone al viento un dedo mojado, la evaporación es mayor del lado del viento, que se siente frío. El lado frío de tu dedo es el de barlovento.
3. Cuando soplas en la superficie de un plato de sopa caliente, aumentas la evaporación neta y su efecto de enfriamiento, al quitar el vapor caliente que tiende a condensarse y a reducir la evaporación neta.
5. Desde nuestro punto de vista macroscópico, parece que nada sucede en un vaso de agua tapado, pero en el nivel atómico hay un movimiento caótico, porque las moléculas están rebotando en forma continua. Las moléculas salen de la superficie del agua y entran al aire de arriba, mientras que las moléculas de vapor que hay en el aire salen del mismo y se sumergen en el líquido. La evaporación y la condensación suceden en forma continua, aun cuando la evaporación neta o la condensación neta sea cero. En este caso se hace la distinción entre los procesos y el efecto neto de los procesos.
7. En este caso hipotético la evaporación no enfriaría al líquido que quedara, porque la energía de las moléculas que salen no sería distinta de la de las que quedan. Aunque la energía interna del líquido disminuiría con la evaporación, no cambiaría la energía por molécula. No sucedería cambio alguno de temperatura del líquido. (Por otra parte, el aire que lo rodea se enfriaría en este caso hipotético. Las moléculas que se alejaran de la superficie del líquido serían desaceleradas por la fuerza de atracción del líquido que actuaría sobre ellas.)
9. Si el perfume no se evapora no produce olores. El olor de una sustancia es la prueba de que se evapora.
11. Una botella envuelta en tela mojada se enfriará por la evaporación del líquido de la tela. Al avanzar la evaporación, la temperatura promedio del líquido que queda en la tela puede bajar con facilidad a temperatura menor que la del agua fría que lo empapa, en primer lugar. Entonces, para enfriar una botella de cerveza, bebida o lo que sea en un día de campo, moja un trozo de tela en una cubeta de agua fría. Envuelve la botella que vas a enfriar con la tela mojada. Al avanzar la evaporación, baja la temperatura del agua en la tela y enfría la botella a una temperatura menor que la de la cubeta de agua.
13. Se reduce la visibilidad de las ventanas si hay condensación del agua entre las láminas de vidrio. En consecuencia, el gas entre esas láminas no debe contener vapor de agua.
15. Aparte de lo que significan las moléculas del beso y el estacionarse en una noche fría, el aire caliente generado en el interior del vehículo llega al vidrio frío y una disminución de la rapidez molecular da como resultado la condensación de agua en el interior de las ventanillas.

17. El aire arrastrado hacia arriba se expande en regiones de menor presión atmosférica. La expansión se acompaña de enfriamiento, lo que significa que las moléculas se mueven a rapidez lo bastante bajas para coalescer en los choques; entonces, formar con la humedad la nube.
19. Se desprende una energía térmica enorme cuando la energía potencial molecular se transforma en energía cinética molecular en la condensación. (El congelamiento de las gotitas para formar hielo agrega todavía más energía térmica.)
21. Al subir las burbujas se ejerce menor presión sobre ellas.
23. La menor presión disminuye el apretujamiento de las moléculas, lo cual favorece su tendencia a separarse y formar vapor.
25. La humedad en la tela se convertirá en vapor y te quemará.
27. Como en la respuesta del ejercicio anterior, la temperatura alta y la energía interna resultante que pasa al alimento son la causa del cocimiento si el agua hierve a menor temperatura (quizá bajo presión reducida), el alimento no está lo suficientemente caliente como para cocinarse.
29. El aire en el vaso está a una presión muy baja, de modo que el calor de tu mano producirá la ebullición a esta presión reducida. (Tu profesor debe asegurarse de que el recipiente es lo bastante fuerte como para resistir a la implosión, antes de dártelo.)
31. La tapa de la olla aprisiona el calor, lo cual acelera la ebullición. También la tapa aumenta un poco la presión sobre el agua caliente, lo cual eleva su temperatura de ebullición. El agua, que está más caliente, cocina entonces el alimento en menor tiempo, aunque el efecto no es importante a menos que la tapa se mantenga cerrada, como en una olla de presión.
33. Después de haber terminado el géiser, debe rellenarse y pasar por el mismo ciclo de calentamiento. Si la rapidez de llenado y de calentamiento no cambian, el tiempo para hervir hasta la etapa de erupción será igual.
35. Si, el hielo puede enfriarse mucho más que 0°C , que es la temperatura a la que se funde cuando absorbe energía. La temperatura de una mezcla de hielo y agua en equilibrio es 0°C . El té helado, por ejemplo, está a 0°C .
37. No habría regelamiento si los cristales de hielo no tuvieran estructura abierta. La presión del alambre sobre la red abierta de cristales los hunde y el alambre sigue a la presión. Cuando la presión inmediatamente arriba del alambre baja, las moléculas ocupan de nuevo su estado cristalina con baja energía. Es interesante que se compensen las energías en estos cambios de estado: la energía cedida por el agua que se vuelve a congelar sobre el alambre, se conduce a través del mismo y funde el hielo que se aplasta abajo. Mientras más conductor sea el calor, el regelamiento sucede con más rapidez. Para un aislador, como un cordón, no hay regelamiento. ¡Haz la prueba y verás!
39. La madera, por su mayor calor específico, que equivale a que desprende más energía al enfriarse.
41. Éste, es un ejemplo que ilustra la figura 17.7. El vapor de agua en el aire caliente se condensa en la superficie de la lata, que está a una temperatura relativamente baja.
43. El punto de rocío es más alto en un día húmedo de verano, y se requiere menor disminución de temperatura para producir la condensación. (Cuando el punto de rocío y la temperatura son iguales, el aire está saturado, y es probable que se forme niebla.)
45. Cada gramo de agua que se congela desprende 80 calorías de energía térmica a la bodega. Este desprendimiento continuo de energía al congelarse el agua evita que la temperatura de la bodega baje de 0°C . El azúcar y las sales de los artículos enlatados evitan que se congelen a 0°C . Sólo después de que el agua de la tina se congele, la temperatura de la bodega bajará de 0°C y se congelarán los artículos enlatados. En consecuencia, el campesino debe cambiar la tina antes o tan pronto como se haya congelado el agua en ella.
47. A medida que hay más congelación y los casquetes polares crecen, queda menos superficie de agua expuesta a la evaporación. Esto da como resultado menos nubes y, en consecuencia, menos precipitación. Sin el apilamiento de nieve nueva, la fusión puede suceder con más facilidad. La Edad de Hielo se retira.
49. A tu amigo lo estafaron; mejor hubiera donado ese dinero a alguna asociación caritativa seria y caminado sobre brasas que él hubiera preparado. Aunque en algunos casos imaginar la mente sobre la materia puede ser benéfico, no se demuestra caminando sobre brasas. Uno puede caminar sobre brasas de carbón sin dañarse por dos razones netamente físicas. La primera es que la madera es mal conductor, aunque esté caliente (por eso las asas de los utensilios de cocina son de madera). Se transfiere muy poca energía térmica si el contacto es breve, de modo que los pasos rápidos sobre brasas transfieren cantidades inocuas de calor a los pies. En segundo lugar, así como puedes tocar una lancha caliente con tu dedo mojado, la evaporación de la humedad en tus pies absorbe energía térmica que en otro caso te quemaría. Sin embargo, *sí* es una actividad peligrosa, y muchas personas se han dañado caminando sobre clavos calientes o carbones que se adhieren a los pies. A veces los pies mojados contribuyen a esa adhesión, y muchos caminantes sobre brasas prefieren hacer esta suerte con pies secos (capítulo 16). Sea con pies mojados o secos, no se recomienda esta práctica. (Igual que los charlatanes que juntan el dinero: si realmente desean demostrar la mente sobre la materia ¡que caminen descalzos sobre brasas de metal!)

Soluciones a los problemas del capítulo 17

1. (a) Para convertir 1 kg de hielo a 0 °C en agua a 0 °C se requieren 80 kilocalorías.
- (b) Para convertir 1 kg de agua a 0 °C en agua a 100 °C se requieren 100 kilocalorías.
- (c) Para convertir 1 kg de agua a 100 °C en vapor a 100 °C se requieren 540 kilocalorías.
- (d) Para convertir 1 kg de hielo a 0 °C en vapor a 100 °C se requieren $(80 + 100 + 540) = 720$ kilocalorías, es decir, 720,000 calorías.

3. Primero se calcula la cantidad de calorías que se desprenden de 10 g de vapor a 100 °C para convertirse en 10 g de agua a 0 °C.

Al convertirse 10 g de vapor en 10 g de agua hirviendo a 100 °C se desprenden 5400 calorías.

Al enfriarse 10 g de agua de 100 °C a 0 °C se desprenden 1000 calorías.

Entonces son 6400 las calorías disponibles para fundir hielo.

$$\frac{6400 \text{ cal}}{80 \text{ cal/g}} = 80 \text{ gramos de hielo.}$$

5. La cantidad de calor perdido por el hierro es $Q = cm\Delta T = (0.11 \text{ cal/g } ^\circ\text{C})(50 \text{ g})(80 ^\circ\text{C}) = 440 \text{ cal}$. El hierro cederá una cantidad de calor al hielo $Q = mL$. Entonces, la masa de hielo fundido será $m = Q/L = (440 \text{ cal})/(80 \text{ cal/g}) = 5.5 \text{ gramos}$. (El menor calor específico del hierro se muestra por sí mismo al comparar el resultado del problema anterior.)

7. $0.5mgh = cm \Delta T$

$$\Delta T = 0.5 mgh/cm = 0.5gh/c = (0.5)(9.8 \text{ m/s}^2)(100 \text{ m})/450 \text{ J/kg} = 1.1 ^\circ\text{C}.$$

Observa de nuevo que simplifica la masa, y entonces la misma temperatura es válida para una esfera de cualquier masa, suponiendo que la mitad del calor generado se usa en calentar esa esfera. Como en el problema anterior, las unidades coinciden, porque $1 \text{ J/kg} = 1 \text{ m}^2/\text{s}^2$.

Capítulo 18 Termodinámica
Respuestas a los ejercicios

1. En el caso del horno a 500 grados hay una gran diferencia. 500 kelvin son 227 °C; es mucha la diferencia con 500 °C. Pero en el caso de la estrella de 50,000 grados, el aumento o disminución de 273 prácticamente no causa diferencia. Con 273 de más o de menos, la estrella sigue estando a 50,000 K o a 50,000 °C, redondeados.
3. Su temperatura absoluta es $273 + 10 = 283 \text{ K}$. El doble de esto es 566 K. Expresado en Celsius es $566 - 273 = 293 ^\circ\text{C}$.
5. Tú efectúas trabajo para comprimir el aire, con lo cual aumentas su energía interna. Esto se evidencia con un aumento de temperatura.

7. La presión del gas aumenta en la lata, al calentarla, y disminuye al enfriarla. La presión que ejerce un gas depende de la energía cinética promedio de sus moléculas y, en consecuencia, de su temperatura.
9. La gran compresión de la mezcla de aire y combustible en los cilindros de un motor diesel calienta esa mezcla hasta su punto de ignición, y no se necesitan bujías.
11. Energía solar. Los términos renovable y no renovable indican en realidad escalas de tiempo de regeneración: decenas de años para la madera, y millones de años para el carbón y el petróleo.
13. Energía solar.
15. El término contaminación indica un subproducto indeseable de algunos procesos. Lo deseable o no deseable de determinado subproducto es relativo y depende de las circunstancias. Por ejemplo, podría ser deseable usar calor de desecho de una central eléctrica para calentar una alberca, mientras que usar el mismo calor para calentar el río con truchas puede ser indeseable.
17. Es preferible usar vapor tan caliente como sea posible en una turbina de vapor, porque la eficiencia es mayor cuando hay mayor diferencia de temperaturas entre la de la fuente y la del sumidero (ve la ecuación de Sadi Carnot en el libro de texto).
19. La eficiencia aumenta porque se reduce la contrapresión. Es parecido a reducir la contrapresión sobre los álabes de la turbina en una planta de generación eléctrica. La eficiencia aumenta (aunque no en forma notable) en un día frío, por la mayor ΔT de la ecuación de Carnot.
21. Como en el ejercicio anterior, con una inspección se verá que al disminuir $T_{\text{frío}}$ se tendrá un mayor incremento en la eficiencia que con un aumento de T_{caliente} en la misma cantidad. Por ejemplo, si T_{caliente} es 600 °K y $T_{\text{frío}}$ es 300 K, la eficiencia es $(600 - 300)/600 = 1/2$. Ahora, si T_{caliente} aumenta 200 K, la eficiencia es $(800 - 300)/800 = 5/8$. Compara lo anterior con el caso en que $T_{\text{frío}}$ disminuye 200 K, cuando la eficiencia es $(600 - 100)/600 = 5/6$; es claro que es mayor.
23. Aunque el refrigerador fuese 100% eficiente, por arte de magia, no se enfriaría el cuarto porque hay otros aparatos domésticos que emiten calor. Por eso los serpentines de condensación están en una región fuera de donde van a enfriar. Lo que sucede realmente en el caso de trabajar el refrigerador con su puerta abierta en un cuarto cerrado es que aumenta la temperatura de éste. Esto se debe a que el motor del refrigerador calienta el aire. La energía eléctrica neta entra al cuarto y lo calienta.
25. Eres enfriado por el ventilador, que sopla aire sobre ti para aumentar la rapidez de evaporación de tu piel, pero eres una pequeña parte del sistema, que se calienta.
27. Baja eficiencia de una central eléctrica con combustible fósil o nuclear equivale a mayor cantidad de

combustible requerido para determinada producción de energía. Pero una central de energía oceánica (OTEC) no usa combustible. Su baja eficiencia sólo significa que debe pasar mayor cantidad de agua de mar por ella para tener determinada producción de energía. Como abunda el agua marina en torno a la planta, su baja eficiencia no es problema.

29. Algo de la energía eléctrica que se usa para encender una lámpara pasa, por conducción y convección, al aire; algo se irradia a longitudes de onda invisibles ("radiación térmica") y se convierte en energía interna al ser absorbida; algo aparece como luz. En una lámpara incandescente sólo un 5% se usa como luz y en una lámpara fluorescente, un 20%. Pero toda la energía que toma la forma de luz se convierte en energía interna cuando los materiales absorben la luz que les llega. Entonces, de acuerdo con la primera ley, toda la energía eléctrica se convierte, en último término, en energía interna. De acuerdo con la segunda ley, la energía eléctrica organizada degenera y se transforma en energía interna, que está más desorganizada.
31. La energía pasa del traje de baño y su ocupante, al aire que los rodea. No se pierde energía, sino sólo se reparte a medida que las moléculas que se evaporan del traje se vuelven más desordenadas. El desorden asociado con el escape de las moléculas más que compensa al orden correspondiente a enfriar el traje de baño y su ocupante, de modo que "se salva" la segunda ley.
33. Es fundamental, porque gobierna la tendencia general de la naturaleza a pasar del orden al desorden; sin embargo, es inexacta porque se basa en la probabilidad, y no en la certidumbre.
35. No, la congelación del agua no es una excepción del principio de entropía, porque se ha efectuado trabajo en el sistema de refrigeración para provocar este cambio de estado. En realidad hay mayor desorden neto cuando se considera a los alrededores del congelador.
37. Esas máquinas violan al menos la segunda ley de la termodinámica, y quizá a la primera ley también. Estas leyes están tan respaldadas por los incontables experimentos durante tanto tiempo, que la Oficina de Patentes supone, con razón, que el invento reivindicado tiene un error.
39. Como en el ejercicio anterior, mientras menor sea la cantidad de partículas aleatorias, aumenta la probabilidad de que se ordenen "en forma espontánea". Pero ¿cuál es la cantidad de moléculas en el recinto más pequeño? ¡Duerme tranquilo!

Soluciones a los problemas del capítulo 18

1. Calor agregado al sistema = cambio de energía del sistema + trabajo efectuado por el sistema, $Q = \Delta E + W$, por lo que $W = Q - \Delta E = 0 \text{ J} - (-3000 \text{ J}) = 3000 \text{ J}$.

3. Conversión a kelvin: $25^\circ\text{C} = 298 \text{ K}$; $4^\circ\text{C} = 277 \text{ K}$. Entonces, la eficiencia de Carnot es

$$\frac{T_{\text{cal}} - T_{\text{frio}}}{T_{\text{cal}}} = \frac{298 - 277}{298} = 0.07 \text{ o } 7\%. \text{ Es muy}$$

baja y eso equivale a que se deben procesar grandes volúmenes de agua (que allí están) para generar suficiente energía.

5. La compresión adiabática calentaría el aire confinado aproximadamente 10°C por cada kilómetro de disminución de altitud. El aire a -35°C se calentaría 100°C y la temperatura en el suelo sería aproximadamente $(-35 + 100) = 65^\circ\text{C}$ o 149°F ¡para tostarse!
7. (a) Para el recinto, $W = 0.044 \text{ J}$. (b) Para el congelador, $W = 0.69 \text{ J}$. (c) Para el refrigerador de hielo, $W = 74 \text{ J}$. Mientras mayor es la subida de temperatura, se necesita más calor para mover la energía.

Cuarta parte. Sonido

Capítulo 19 Vibraciones y ondas Respuestas a los ejercicios

1. El periodo de un péndulo depende de la aceleración de la gravedad. Igual que en un campo gravitacional más intenso una pelota cae con más rapidez, un péndulo oscilará con más rapidez. (La relación exacta es $T = 2\pi\sqrt{l/g}$ se ve en el pie de página del capítulo. Entonces, en las montañas, donde el campo gravitacional de la Tierra es menor, un péndulo oscila con un periodo un poco mayor, y un reloj se atrasará un poco y "perderá" tiempo.)
3. Suponiendo que no cambie el centro de gravedad del portafolio al llenarlo de libros, la frecuencia del péndulo con el portafolio vacío y lleno será la misma. Esto se debe a que el periodo de un péndulo es independiente de la masa. Como la longitud del péndulo no cambia, sigue igual la frecuencia y, en consecuencia, el periodo.
5. La frecuencia de un péndulo depende de la fuerza de restauración, que es la gravedad. Si la masa sube al doble, se dobla la fuerza gravitacional que provoca el momento de torsión (torca) que actúa sobre el péndulo. Mayor masa equivale a mayor momento de torsión, pero también a mayor inercia, de modo que no hay efecto neto. De igual modo, la masa no afecta la aceleración de la caída libre (ve la figura 18.1).
7. Los periodos son iguales. Es interesante que al ver "de canto" un cuerpo que tiene movimiento circular, parece que oscila en una línea recta. ¿Cómo? Exactamente en movimiento armónico simple. Así, el movimiento de los pistones que suben y bajan dentro de un motor de automóvil es armónico simple, y tienen el mismo periodo que el eje que gira y que es impulsado por ellos.
9. Para producir una onda transversal con un *slinky*, mueve uno de sus extremos en dirección perpendicular a su propia longitud (igual que la manguera

de jardín del ejercicio anterior). Para producir una onda longitudinal, mueve el extremo alternativamente en dirección de su longitud, para que se produzca una serie de compresiones y enrarecimientos.

11. El que se pueda oír el gas que escapa de una llave, antes de poder olerlo, indica que los impulsos de los choques moleculares (es decir, el sonido) viajan con más rapidez que la que tienen las moléculas al migrar. (Hay tres rapidezces por considerar: 1. la rapidez media de las moléculas mismas, que se traduce en la temperatura; es muy alta. 2. La rapidez del impulso que producen al chocar, más o menos $3/4$ de la rapidez de las moléculas mismas, y 3. la rapidez de migración molecular, que es mucho menor.)
13. La luz violeta tiene la mayor frecuencia.
15. Algo que vibre u oscile.
17. La frecuencia de vibración y la cantidad de ondas que pasan cada segundo son iguales.
19. La energía de una onda en el agua se reparte en la circunferencia creciente de esa onda, hasta que su magnitud disminuye hasta un valor que no puede diferenciarse de los movimientos térmicos del agua. La energía de las ondas se suma a la energía interna del agua.
21. La velocidad de la luz es 300,000 km/s, más o menos un millón de veces mayor que la del sonido. Debido a esta diferencia en la rapidez, el rayo se ve un millón de veces más pronto que lo que se oye.
23. Los nodos están en los puntos fijos, los dos extremos de la cuerda. La longitud de onda es el doble de la longitud de la cuerda (ve la figura 19.14a).
25. El efecto Doppler es un cambio de frecuencia causado por el movimiento de la fuente, el receptor o ambos. Entonces, si te acercas hacia una fuente sonora estacionaria, si te encuentras con crestas de onda con más frecuencia, y la frecuencia del sonido que percibes es mayor. Pero si te alejas de la fuente, las crestas de onda llegan a ti con menos frecuencia y oyes un sonido de menor frecuencia.
27. No, los efectos de las ondas acortadas y las ondas estiradas se anularían entre sí.
29. La policía usa ondas de radar, que se reflejan en los automóviles en movimiento. A partir del desplazamiento de las frecuencias que regresan, se determina la rapidez de los reflectores (es decir, de las carrocías).
31. ¡Cuidado! El efecto Doppler se refiere a cambios de *frecuencia* y no de rapidez.
33. Un bote que forma una onda de proa viaja con más rapidez que las ondas de agua que genera.
35. El hecho que oigas un avión en una dirección distinta de la que lo estás viendo, sólo significa que el avión se está moviendo, y no necesariamente que es más rápido que el sonido. ¡La prueba de que el vuelo es supersónico es el estampido sónico! Si la rapidez del sonido y la de la luz fueran iguales, oirías

al avión en el lugar donde se ve en el cielo. Pero como son tan distintas esas dos magnitudes, el avión que ves parece estar antes del avión que oyes.

37. La rapidez de la fuente sonora, más que la intensidad del sonido, es fundamental para producir una onda de choque. A rapidezces subsónicas no habrá traslape de las ondas y no se producirá una onda de choque. Por consiguiente, no se produce estampido sónico.
39. Son preguntas libres.

Soluciones a los problemas del capítulo 19

1. (a) $f = 1/T = 1/0.10 \text{ s} = 10 \text{ Hz}$. (b) $f = 1/5 = 0.2 \text{ Hz}$. (c) $f = 1/(1/60 \text{ s}) = 60 \text{ Hz}$.

3. El marinero observa que pasan olas de 15 metros cada 5 segundos, es decir, que cada segundo pasan 3 metros. Entonces, la rapidez de la ola debe ser

$$\text{Rapidez} = \frac{\text{distancia}}{\text{tiempo}} = \frac{15 \text{ m}}{5 \text{ s}} = 3 \text{ m/s.}$$

Es decir, en terminología de ondas:

$$\text{Rapidez} = \text{frecuencia} \times \text{longitud de onda} = (1/5 \text{ Hz})(15 \text{ m}) = 3 \text{ m/s.}$$

5. Decir que la frecuencia de las ondas de radio es 100 MHz, y que viajan a 300,000 km/s, es decir que hay 100 millones de longitud de onda empacadas en 300,000 kilómetros de espacio. Expresado en metros, en 300 millones de metros de espacio. Ahora bien, 300 millones de metros divididos entre 100 millones de ondas da como resultado una longitud de onda de 3 metros. Es decir

$$\text{Longitud de onda} = \frac{\text{rapidez}}{\text{frecuencia}} = \frac{(300 \text{ megametros/s})}{(100 \text{ megahertz})} = 3 \text{ m.}$$

7. (a) Periodo = $1/\text{frecuencia} = 1/(256 \text{ Hz}) = 0.00391 \text{ s}$ o sea 3.91 ms. (b) Rapidez = longitud de onda $\times$ frecuencia, y entonces longitud de onda = rapidez/frecuencia = $(340 \text{ m/s})/(256 \text{ Hz}) = 1.33 \text{ m}$.
9. Menor. Rapidez = frecuencia $\times$ longitud de onda, por lo que frecuencia = rapidez/longitud de onda = $(3 \times 10^8 \text{ m/s})/(3.42 \text{ m}) = 8.77 \times 10^7 \text{ Hz} = 87.7 \text{ MHz}$, justo abajo de la banda de FM.

Capítulo 20 Sonido Respuestas a los ejercicios

1. Circular, igual. Los círculos se forman en relación con el agua, y círculos y agua se moverán juntos, con la corriente.
3. Los murciélagos oyen las menores longitudes de onda (las menores longitudes de onda tienen mayores frecuencias).
5. La longitud de onda del sonido de la fuente A es la mitad de la longitud de onda del sonido de la fuente B.

7. La luz viaja más o menos un millón de veces más rápido que el sonido en el aire, así que ves un evento lejano un millón de veces más pronto de lo que lo oyes.
9. Cuando el sonido pasa por determinado punto en el aire, éste primero se comprime y después se enrarece. Entonces, su densidad aumenta y después disminuye al pasar la onda.
11. Como la nieve es un buen absorbedor acústico, refleja poco sonido, y es la causa de la quietud.
13. Se dice que la Luna es un planeta silente porque no tiene atmósfera que transmita los sonidos.
15. Si la rapidez del sonido fuera distinta para distintas frecuencias, por ejemplo, mayor para las frecuencias mayores, entonces mientras más lejano se encuentre un escucha de la música, el sonido que percibiría sería más confuso. En ese caso, las notas de mayor frecuencia llegarían a él primero. El hecho que no suceda esta confusión es la prueba de que el sonido de todas las frecuencias viaja a esa rapidez. (Considérate afortunado de que así suceda, en especial cuando te sientas lejos del escenario, o si te gustan los conciertos al aire libre.)
17. El sonido viaja con más rapidez en el aire caliente, porque sus mismas moléculas se mueven con más rapidez, y en consecuencia no pasa tanto tiempo para que choquen entre sí. Este menor tiempo que tardan las moléculas en rebotar da como consecuencia mayor rapidez del sonido.
19. La refracción es el resultado de cambios de rapidez de la onda, donde parte de ella viaja a distinta rapidez que otras partes. Esto sucede en los vientos no uniformes, y en temperaturas no uniformes. Es interesante que si los vientos, las temperaturas u otros factores no pudieran cambiar la rapidez del sonido, no habría refracción. (El hecho de que si hay refracción es la prueba de que cambia la rapidez del sonido.)
21. El sonido se oye con más facilidad cuando el viento va hacia el escucha y se mueve con mayor rapidez a mayores alturas sobre el piso, que a la altura del suelo. Entonces, las ondas se desvían hacia abajo como en el caso de la refracción del sonido que se ve en la figura 20.7.
23. Un eco es más débil que el sonido original, porque se reparte y en consecuencia es menos intenso al aumentar la distancia. Si estás en la fuente, el eco sonará como si se hubiera originado en el otro lado de la pared de donde se refleja (igual que cuando tu imagen en un espejo parece provenir de atrás del espejo). También el muro contribuye a este debilitamiento, ya que probablemente no es un buen reflector.
25. La regla es correcta. Se debe a que la rapidez del sonido en el aire es 340 m/s y se puede redondear a 1/3 de km/s. Entonces, como distancia = rapidez × tiempo, en este caso distancia = (1/3) km/s × (cantidad de segundos). Observa que el tiempo en segundos, dividido entre 3, da el mismo valor.
27. Quienes marchan al final de un largo desfile estarán fuera de paso de los que van más cerca de la banda, por el tiempo que requiere el sonido de la banda para llegar a los que marchan al final. Guardarán el paso respecto al ritmo que oigan, que estará demorado.
29. Un arpa produce sonidos relativamente más suaves que un piano, porque su caja es menor y más ligera.
31. El sonido es más intenso cuando se sujeta un diapason golpeado contra una mesa, porque se pone a vibrar más superficie. De acuerdo con la conservación de la energía, eso reduce el tiempo durante el cual vibra el diapason. Un sonido intenso durante corto tiempo emplea la misma energía que uno débil durante largo tiempo.
33. Ciertos pasos de danza ponen a vibrar el piso, y puede resonar con su frecuencia natural. Cuando eso sucede, el piso se levanta.
35. Las ondas largas se anulan en su mayor parte, y el sonido que resulta es muy agudo. Por ejemplo, cuando los conos de las bocinas están, por ejemplo, a 4 cm de distancia, las ondas de más de un metro de longitud están casi a 180° fuera de fase, mientras que las de 2 cm estarán en fase. Las frecuencias mayores se anulan menos con este procedimiento. Hay que hacer la prueba para poder apreciarlo.
37. Las ondas de la misma frecuencia pueden interferir en forma destructiva o constructiva, dependiendo de su fase relativa; pero para *alternar* entre interferencia constructiva y destructiva, dos ondas deben tener distintas frecuencias. Las pulsaciones se deben a esa alteración entre interferencia constructiva y destructiva.
39. El afinador de pianos debe aflojar esa cuerda. Cuando se oyen por primera vez 3 pulsaciones por segundo, el afinador sabe que le faltan 3 hertz para llegar a la frecuencia correcta. Podrían ser 3 hertz de más o de menos. Cuando apretó la cuerda y aumentó su frecuencia, una menor frecuencia de pulsaciones le habría dicho que estaba en el camino correcto. Pero la mayor frecuencia de pulsaciones le dijo que debía aflojar la cuerda. Cuando no hay frecuencia de pulsaciones, las frecuencias coinciden.

Soluciones a los problemas del capítulo 20

$$1. \text{Longitud de onda} = \text{rapidez/frecuencia} = \frac{340 \text{ m/s}}{340 \text{ Hz}} = 1 \text{ m.}$$

$$\text{Igual con la onda de 34,000 hertz: longitud de onda} = \frac{340 \text{ m/s}}{34,000 \text{ Hz}} = 0.01 \text{ m} = 1 \text{ cm.}$$

$$3. \text{El fondo del mar está a 4590 metros. La demora de 6 segundos quiere decir que el sonido llegó al fondo en 3 segundos. Distancia} = \text{rapidez} \times \text{tiempo} = 1530 \text{ m/s} \times 3 \text{ s} = 4590 \text{ m.}$$

$$5. \text{La mujer está más o menos a 340 metros. La clave es que oyes sólo un golpe cuando deja de martillar. Ese golpe se originó con el penúltimo golpe que tú}$$

viste. El primer golpe habría parecido sin ruido, y los ruidos sucesivos estarían sincronizados con los golpes sucesivos. En un segundo, el sonido viaja 340 metros en el aire.

7. (a) Constructivamente. (b) Constructivamente (aun cuando cada onda recorre 1.5 longitudes de onda, viajan la *misma* distancia y en consecuencia están en fase e interfieren constructivamente). (c) Destructivamente. La cresta de una onda coincide con el valle de la otra.
9. Longitud de onda = rapidez/frecuencia = $(1500 \text{ m/s})/(57 \text{ Hz}) = 26 \text{ m}$. Método alternativo: para sonidos de la misma frecuencia en distintos medios, las longitudes de onda son proporcionales a la rapidez de la onda. Entonces $(\text{longitud de onda en el agua})/(\text{longitud de onda en el aire}) = (\text{rapidez en el agua})/(\text{rapidez en el aire}) = (1500 \text{ m/s})/(340 \text{ m/s}) = 4.4$. Se multiplica 6 m por 4.4 y se obtiene 26 m.

Capítulo 21 Sonidos musicales

Respuestas a los ejercicios

1. El sonido de los comerciales se concentra en las frecuencias para las que el oído es más sensible. Mientras el sonido en general cumpla con los reglamentos, nuestros oídos perciben que el sonido es claramente más intenso.
3. Se produce un tono grave cuando una cuerda de guitarra (a) se alarga, (b) se afloja para reducir su tensión, y (c) se hace más masiva, normalmente enrollando sobre ella un alambre. Es la razón por la que las cuerdas de graves sean más gruesas: tienen más inercia.
5. La altura depende de la frecuencia. No depende de la intensidad ni de la calidad.
7. Si se reduce la longitud de onda de una cuerda vibratoria, por ejemplo oprimiéndola con tu dedo contra el mástil, aumenta la frecuencia de la vibración. Se oye de mayor altura.
9. Los brazos más largos tienen mayor inercia rotacional, lo que equivale a que son más resistentes a la vibración y vibrarán con menor frecuencia. De igual modo, un péndulo largo tiene mayor inercia rotacional y oscila con un ritmo menor.
11. La gran superficie de la caja de resonancia puede poner más aire en vibración que lo que podría hacer la cuerda sola.
13. La frecuencia fundamental de una cuerda se presenta cuando sólo existen dos nodos, uno en cada extremo de ella, de tal modo que vibra en un segmento. El tocar el punto medio produce un tercer nodo allí, y la cuerda vibra en dos segmentos. La longitud de onda disminuye a la mitad, y así la frecuencia aumenta al doble. (Esto se debe a que la rapidez de la onda a lo largo de la cuerda no cambia; $\text{rapidez} = \text{frecuencia} \times \text{longitud de onda}$.)
15. Periodo = $1/f = 1/440$ segundos (0.002 segundos, o 2 ms).
17. La amplitud de una onda sonora corresponde al exceso de presión en la compresión, o lo que es igual, a la baja de presión en el enrarecimiento.
19. La figura de la derecha tiene la mayor amplitud y, en consecuencia, es más sonora.
21. El intervalo de audición humana es tan amplio que ninguna bocina mecánica de audio puede reproducir con fidelidad todas las frecuencias que nosotros podemos oír. Entonces, las bocinas de alta fidelidad dividen el intervalo en dos (y en tres) partes. Una bocina con una superficie relativamente grande tiene más inercia y no responde tanto a las mayores frecuencias como una con menor superficie. Entonces, la bocina más grande empuja las longitudes de onda mayores, o sea, las frecuencias menores, y la más pequeña maneja las longitudes más cortas, o las frecuencias mayores. (En el caso ideal, el diámetro de la bocina debe ser $1/2$ de la longitud de onda de determinado sonido; entonces, una bocina de 12 pulgadas corresponde, más o menos, a unos 550 hertz; y para las notas bajas son mejores las bocinas todavía mayores.)
23. La persona con audición más aguda es la que puede escuchar los sonidos más débiles: la que puede percibir 5 dB.
25. El sonido de 110 dB es un millón de veces más intenso que el de 50 dB. La diferencia es 60 dB y corresponde a 10^6 , un millón.
27. Las moléculas de helio y las de oxígeno a la misma temperatura tienen la misma energía cinética. La energía cinética es igual a $1/2 mv^2$. La masa menor del helio se compensa por su mayor rapidez (capítulo 16).
29. El intervalo limitado de frecuencias que transmite un teléfono no puede igualar a todo el intervalo de la música. En especial, recorta los sobretonos de alta frecuencia, que dan calidad a la música.
31. La frecuencia de la segunda armónica es el doble que la fundamental, es decir, 440 Hz. La tercera es tres veces la de la fundamental, 660 Hz.
33. La primera armónica es la fundamental, y es 440 Hz. La segunda armónica es el doble, 880 Hz. La tercera armónica es el triple de la primera, $3 \times 440 = 1320$ Hz.
35. Controlando la intensidad con que sopla y la forma de aplicar la boca; de este modo puede estimular distintas armónicas. Las notas de la trompeta que tú escuchas en realidad son armónicas; no oyes la fundamental.
37. El CD gira más lento cuando se lee cerca de su parte externa. Una sola revolución allí recorre más huecos, que cuando está más cerca del disco. Así, cuando se lee cerca de la periferia del disco, éste gira a menores RPM.
39. Hay una gran probabilidad de que estés sometido a sonidos más intensos que los que oían tus abuelos; en especial con los audífonos.

Soluciones a los problemas del capítulo 21

- La escala de decibelios se basa en potencias de 10. El oído responde en forma logarítmica a la intensidad del sonido. Cada vez que la intensidad del sonido aumenta 10 veces, el nivel de intensidad en decibelios aumenta 10 unidades. Entonces, un sonido de
 - 10 dB es **diez** veces más intenso que el umbral de audición.
 - 30 dB es **mil** veces más intenso que el umbral de audición.
 - 60 dB es **un millón** de veces más intenso que el umbral de audición.
- Una octava arriba de 1000 Hz es **2000 Hz**, y dos octavas arriba de 1000 Hz es **4000 Hz**. Una octava abajo de 1000 Hz es **500 Hz**, y dos octavas abajo de 1000 Hz es **250 Hz**.
- La longitud de onda de la fundamental es el doble de la longitud de la cuerda, o sea 1.5 m. Entonces, la rapidez de la onda es

$$v = f\lambda = 220 \text{ Hz} \times 1.5 \text{ m} = 330 \text{ m/s.}$$
 (Observa que es para una vibración transversal de la cuerda. Una onda sonora longitudinal dentro de la cuerda podría tener una rapidez mucho mayor.)

Quinta parte. Electricidad y magnetismo**Capítulo 22 Electrostatica**
Respuestas a los ejercicios

- En gravitación no hay positivos ni negativos; las interacciones entre las masas sólo son de atracción, mientras que las interacciones eléctricas pueden ser de atracción o de repulsión. La masa de una partícula no puede "anular" a la de otra, mientras que la carga de una partícula sí puede anular el efecto de la carga opuesta de otra partícula.
- Las prendas se cargan cuando se intercambian electrones de una prenda de un material que se frota con otro material. Si los materiales fueran buenos conductores, pronto se descargarían entre ellos. Pero las prendas no son conductoras, y la carga permanece el tiempo suficiente como para que las prendas con carga opuesta sean atraídas eléctricamente y se peguen entre sí.
- El exceso de electrones que salieron del cabello que frotaste lo dejan con carga positiva; el exceso de electrones en el peine lo dejan con carga negativa.
- Hace más de dos décadas, antes de que los neumáticos de camión se fabricaran para conducir la electricidad, solían arrastrarse cadenas o alambres por el camino, desde los bastidores de los camiones. Tenían por objeto descargar toda la carga que se acumulara por la fricción con el aire y con el pavimento. Los neumáticos conductores de electricidad, que se usan hoy, evitan la acumulación de carga estática que pueda producir una chispa; eso es especialmente peligroso para los camiones que transportan cargas inflamables.
- Los rayos cósmicos producen iones en el aire, los cuales forman una trayectoria conductora por donde se descargan los objetos cargados. Las partículas de los rayos cósmicos que bajan por la atmósfera son atenuadas por su decaimiento radiactivo y por absorción, por lo que la radiación y la ionización son más intensas a mayor altitud. Los objetos cargados pierden su carga con mayor rapidez a mayores altitudes.
- Cuando un objeto adquiere una carga positiva, pierde electrones y disminuye su masa. ¿Cuánto? Una cantidad igual a la masa de los electrones que lo dejaron. Cuando un objeto adquiere una carga negativa, gana electrones y también la masa de ellos. Las masas que intervienen son increíblemente diminutas, en comparación con las masas de los objetos. Para un globo que se frote contra tu cabello, por ejemplo, los electrones adicionales que adquiere equivalen a menos que un milmillonésimo de billonésimo de billonésimo ($1/10^{-27}$) de la masa del globo.
- El cristal en su totalidad tiene carga neta cero, por lo que cualquier carga negativa en una parte se compensa con la carga positiva necesaria en otra parte. Entonces, la carga neta de los electrones negativos tiene la misma magnitud que la carga neta de los iones. Este balanceo de cargas positivas y negativas dentro del cristal es casi perfecto, pero no totalmente, porque el cristal puede ganar o perder unos pocos electrones más.
- Para los electrones externos, la fuerza de atracción del núcleo se anula en gran parte por la fuerza repulsiva de los electrones internos, y la fuerza que queda sobre los electrones externos es poco diferente a la que hay sobre el electrón único de un átomo de hidrógeno. Por otra parte, para los electrones internos, todos los electrones más alejados del núcleo no ejercen fuerza neta (parecido al caso dentro de la Tierra, donde sólo la tierra que hay abajo, y no la que hay arriba, ejerce una fuerza gravitacional sobre un objeto enterrado a gran profundidad). Entonces, los electrones internos sienten toda la fuerza del núcleo, y se requiere una gran cantidad de energía para separarlos. Es muy difícil separar todos los electrones de un átomo pesado. Sólo en años recientes, los investigadores de la Universidad de California, en Berkeley, pudieron quitar todos los electrones de los átomos de elementos pesados, como los del uranio.
- La ley se hubiera escrito igual.
- De acuerdo con la ley del cuadrado inverso, la fuerza se reduce a la cuarta parte cuando las partículas están al doble de distancia, y a la novena parte cuando están tres veces más alejadas.
- (a) Para las píldoras cargadas, es probable que la fuerza eléctrica sea mucho mayor que la fuerza gravitacional. (b) Las dos cambian con el mismo factor (a la cuarta parte de su valor original) porque las dos obedecen a una ley del inverso del cuadrado.
- El inmenso valor de la constante k de la fuerza eléctrica indica que hay una fuerza relativamente gigan-

tesca entre las cargas, en comparación con la pequeña fuerza gravitacional entre las masas y con el pequeño valor de la constante de la gravitación, G .

25. El planeta Tierra tiene carga negativa. Si fuera positivo, el campo apuntaría hacia afuera.
27. Es probable que cayera en el árbol, porque proporciona una trayectoria de menor resistencia entre la nube de arriba y el piso abajo. El árbol y el terreno cercano se elevan a un gran potencial en relación con el terreno más alejado. Si te paras con las piernas apartadas, una en una parte de mayor potencial que la otra, o si te acuestas con una diferencia de potencial apreciable entre tu cabeza y tus pies, formarás una trayectoria conductora. ¡No lo hagas!
29. Tanto para la electricidad como para el calor, la conducción es a través de electrones, que en un metal están enlazados débilmente, fluyen con facilidad y son fáciles de poner en movimiento. (Sin embargo, en la conducción del calor intervienen mucho menos electrones que en la conducción eléctrica.)
31. Un ion polariza a un átomo neutral cercano, de modo que la parte del átomo que está más cercana al ion adquiere una carga opuesta a la de éste, y la que está más alejada, adquiere una carga del mismo signo que la del ion. El lado del átomo más cercano al ion es atraído al ion con más fuerza que la de repulsión para la parte alejada, y hay una atracción neta. (De acuerdo con la tercera ley de Newton, a su vez el ion es atraído hacia el átomo.)
33. Las fuerzas sobre el electrón y el protón tendrán igual magnitud, pero dirección opuesta. Debido a la masa mayor del protón, su aceleración será menor que la del electrón, y tendrá la dirección del campo eléctrico. ¿Cuánto menor? Como la masa del protón es casi 2000 veces mayor que la del electrón, su aceleración será aproximadamente $1/2000$ que la del electrón. La mayor aceleración del electrón tendrá dirección contraria a la del campo eléctrico. El electrón y el protón aceleran en direcciones contrarias.
35. Sólo por convención, la dirección de un campo eléctrico en cualquier punto es la de la fuerza que actúa sobre una carga positiva de prueba colocada en ese punto. Una carga positiva colocada cerca de un protón es empujada alejándose del protón. En consecuencia, la dirección del vector campo eléctrico es alejándose del protón.
37. La carga se concentrará más en las esquinas. Ve la figura 22.21.
39. Si, en ambos casos se tiene una relación de energía entre alguna cosa. En el caso de la temperatura la relación es de energía por molécula. En el caso del voltaje es energía/carga. Aun con un numerador pequeño, la relación puede ser grande si el denominador es suficientemente pequeño. Es el caso de las energías pequeñas que intervienen en la producción de chispas de alta temperatura y esferas metálicas con alto voltaje.

41. Como las cargas de igual signo se repelen entre sí, cuando cae un rayo sobre un conductor, como lo es un automóvil, las cargas se reparten sobre la superficie conductora externa y el campo eléctrico del interior se anula y es cero. Hablando con propiedad, sólo es la carga estática la que sólo ocupa la superficie externa de un conductor y produce campo cero en el interior (ve la respuesta del siguiente ejercicio), pero las corrientes que no son muy grandes obedecen la regla en forma aproximada.
43. Aumenta el área de las placas y aumentarás el almacenamiento de energía. También puedes aumentar ese almacenamiento acercando más las placas entre sí, pero sin que se toquen. O bien, puedes insertar un material no conductor, llamado *dieléctrico*, entre ellas.
45. Debes estar de acuerdo con tu amigo. Los cabellos funcionan como las hojas de un electroscope. Si tus brazos fueran tan ligeros, también se levantarían.

Soluciones a los problemas del capítulo 22

1. De acuerdo con la ley del inverso del cuadrado, dos veces más lejos equivale a $1/4$ de la fuerza; 5 N.

La solución sólo implica la distancia relativa, por lo que la magnitud de las cargas es irrelevante.

3. Según la ley de Coulomb, $F = k \frac{q_1 q_2}{d^2}$

$$= (9 \times 10^9) \frac{(1.0 \times 10^{-6})^2}{(0.03)^2} = 10 \text{ N.}$$
 Es igual que el peso de una masa de 1 kg.

$$5. F_{(\text{grav})} = G m_1 m_2 / d^2$$

$$= (6.67 \times 10^{-11}) \frac{(9.1 \times 10^{-31})(1.67 \times 10^{-27})}{(1.0 \times 10^{-10})^2}$$

$$= 1.0 \times 10^{-47} \text{ N.}$$

$$F_{(\text{elec})} = k q_1 q_2 / d^2 = (9 \times 10^9) \frac{(1.6 \times 10^{-19})^2}{(1.0 \times 10^{-10})^2}$$

$$= 2.3 \times 10^{-8} \text{ N.}$$

¡La fuerza eléctrica entre un electrón y un protón es mayor que 1,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000 veces más que la fuerza gravitacional entre ellos!

(Nota que esta razón de fuerzas es la misma para cualquier separación de partículas.)

7. La energía es carga $\times$ potencial: $EP = qV$
 $= (2 \text{ C})(100 \times 10^6 \text{ V}) = 2 \times 10^8 \text{ J.}$

$$9. (a) \text{ De } E = \frac{F}{q} \text{ se ve que } q = \frac{F}{E} = \frac{mg}{E}$$

$$= \frac{(1.1 \times 10^{-14})(9.8)}{1.68 \times 10^5} = 6.4 \times 10^{-19} \text{ C.}$$

$$(b) \text{ Cantidad de electrones } = \frac{6.4 \times 10^{-19} \text{ C}}{1.6 \times 10^{-19} \text{ C/electrón}}$$

$$= 4 \text{ electrones.}$$

Capítulo 23 Corriente eléctrica**Respuestas a los ejercicios**

1. Si sólo conoces la *energía* potencial eléctrica de cada objeto no puedes decir si fluirá la carga. Debes conocer que es distinta la energía potencial eléctrica POR CARGA, es decir, el potencial eléctrico (voltaje). Se parece al caso de la diferencia entre calor y temperatura. Así como el calor no pasa necesariamente del objeto de mayor energía interna al de menor energía interna, sino del objeto de mayor temperatura al objeto de menor temperatura, la carga pasa del objeto de mayor potencial eléctrico al de menor potencial eléctrico. Si no queda claro así, asegúrate de comprender la diferencia entre la energía potencial eléctrica y el potencial eléctrico.
3. El sistema de enfriamiento de un automóvil es mejor analogía de un circuito eléctrico, porque como un sistema eléctrico, el sistema es cerrado, y contiene una bomba, análoga al acumulador o alguna otra fuente de voltaje en un circuito. La manguera de agua no recircula a ésta, como sí lo hace el sistema de enfriamiento del automóvil.
5. La carga neta de un conductor, esté o no conduciendo corriente, normalmente es cero. La cantidad de electrones se compensa de ordinario con una cantidad igual de protones en la red atómica. Así, la corriente y la carga no son la misma cosa. Muchas personas creen que decir que un conductor tiene corriente es igual que decir que un conductor está cargado. Pero un conductor que está cargado no conduce corriente alguna a menos que la carga se mueva en cierta dirección uniforme. Y un conductor que conduce una corriente normalmente no tiene carga eléctrica y no afecta a un electroscope. (Si la corriente está formada por un haz de electrones en el vacío, el haz sí tiene carga. La corriente no es la carga misma: la corriente es el *flujo* de la carga.)
7. Sólo está completo el circuito número 5 y se encenderá su lámpara. (Los circuitos 1 y 2 son "cortocircuitos" y consumirán la energía de la pila. En el circuito 3 los dos extremos del filamento de la lámpara están conectados con la misma terminal y, en consecuencia, están al mismo potencial. Sólo un extremo del filamento de la lámpara está conectado a la pila, en el circuito 4.)
9. Un dispositivo eléctrico no "consume" electricidad, sino más bien *energía*. Y hablando estrictamente, no "consume" energía, sino que la transforma de una forma a otra. Es común decir que la energía se consume cuando se convierte en formas menos concentradas, que es cuando se degrada. La energía eléctrica se transforma en último término en energía térmica. En este sentido sí se consume.
11. El acumulador bajo se carga con el alternador, una vez que el motor está trabajando. Suponiendo que el alternador funcione, podrás volver a arrancar el automóvil después de algunos minutos de cargar el acumulador.
13. Lo calentaste y aumentaste un poco su resistencia. ¿Habías notado que los focos se suelen fundir en el momento de encenderlos? Si el filamento es débil, el impulso inicial de una corriente mayor, debida a la menor resistencia del filamento que todavía está frío, lo hace fallar.
15. Un circuito detector de mentiras se basa en la probabilidad de que cambie la resistividad del cuerpo cuando se dice una mentira. Los nervios causan sudoración, que baja la resistencia eléctrica del organismo y aumenta la corriente que fluye. Si una persona puede mentir sin cambios emocionales y de sudoración, el detector de mentiras no funciona (quienes son mejores detectores de mentiras se fijan en la reacción de los ojos).
17. Los conductores gruesos tienen menos resistencia, y conducen mejor las corrientes sin calentarse demasiado.
19. (a) La resistencia será la mitad, 5 ohms, cuando se corte a la mitad. (b) La resistencia será la mitad, de nuevo, cuando se duplique el área transversal, por lo que será 2.5 ohms.
21. La corriente será mayor en la lámpara conectada a la fuente de 220 volts. Con el doble de voltaje se produciría el doble de la corriente si la resistencia del filamento permaneciera igual. En la práctica, la mayor corriente produce mayor temperatura y mayor resistencia en el filamento, por lo que la corriente es mayor que la que producen 110 volts, pero notablemente menor que el doble con 220 volts. Una lámpara con capacidad para 110 volts tiene una duración muy corta al funcionar en 220 volts.
23. En el primer caso, la corriente atraviesa el pecho; en el segundo caso la corriente sólo atraviesa el brazo. Puede cortarte el brazo y sobrevivir, pero no podrás sobrevivir sin el corazón.
25. Los faros de los automóviles se conectan en paralelo. Así, cuando se funde uno, el otro queda encendido. Si alguna vez viste un automóvil con un faro fundido, tienes la prueba de que se conectaron en paralelo.
27. (a) volt, (b) ampere, (c) joule.
29. La resistencia equivalente de resistores en paralelo es menor que la menor de los dos. Así que conecta un par de resistores en paralelo para tener menor resistencia.
31. Ese letrero es una broma. El alto voltaje puede ser peligroso, pero la alta resistencia es una propiedad de todos los no conductores.
33. Si los conductores en paralelo están más próximos que la envergadura de las alas de las aves, una de ellas podría hacer cortocircuito en los alambres al tocarlos con sus alas, morir en el proceso y quizá interrumpir el servicio eléctrico.
35. La rapidez con que se enciende una lámpara después de haber cerrado el interruptor eléctrico no

depende de la velocidad de deriva de los electrones de conducción, sino de la rapidez con la que se propaga el campo eléctrico por el circuito; más o menos es la rapidez de la luz.

37. Una lámpara eléctrica se funde cuando se rompe el filamento, cuando se desintegra el filamento o cuando se cae.
39. La mayor parte de la energía eléctrica en el filamento de una lámpara se transforma en calor. Cuando las corrientes son bajas en la lámpara, el calor que se produce puede ser suficiente para sentirlo, pero no para poner al rojo o al rojo blanco el filamento.
41. A medida que se conectan más lámparas en serie, se agrega más resistencia a la única trayectoria del circuito, y la corriente que produce la batería disminuye. Eso se ve porque la luz de las lámparas es menos intensa. Por otro lado, cuando se conectan más lámparas en paralelo con la batería, prácticamente no cambia su luminosidad. Esto se debe a que cada lámpara se conecta de hecho en forma directa a la batería, y no hay otras lámparas en su trayectoria eléctrica que aumenten su resistencia. Cada lámpara tiene su propia trayectoria de corriente.
43. Lo que afecta los otros ramales es el voltaje a través de ellos, y su propia resistencia. Punto. Al abrir o cerrar un ramal no se afecta cualquiera de los demás.
45. Todas son iguales para resistores idénticos en paralelo. Si los resistores no son iguales, el que tenga mayor resistencia será atravesado por menos corriente y se disipará menos energía en él. Independientemente de las resistencias, el voltaje a través de ambos será idéntico.
47. Los electrodomésticos no se conectan en serie, cuando menos por dos razones. Primera, que el voltaje, la corriente y la potencia para cada aparato variaría al conectar otros. La segunda es que si un aparato se quema, cesa la corriente en todo el circuito. Sólo si cada electrodoméstico se conecta en paralelo con la fuente de voltaje, el voltaje y la corriente en cada uno será independiente de los que hay en los demás.
49. En el foco de 100 watts pasa más corriente. Esto se ve en la ecuación "potencia = corriente × voltaje". Si pasa más corriente con el mismo voltaje quiere decir que hay menos resistencia. Así, un foco de 100 watts tiene menos resistencia que uno de 60 watts. Menos resistencia para la misma longitud del mismo material equivale a un filamento más grueso. Los filamentos de los focos de gran potencia son más gruesos que los de baja potencia. (Es importante hacer notar que en el foco están impresos los watts y los volts. Un foco que dice 100 W, 120 V es de 100 W *solamente* que haya 120 volts en sus terminales. Si sólo hay 110 volts en sus terminales y la resistencia no cambia ¡la potencia sólo será de 84 watts!

Soluciones a los problemas del capítulo 23

1. De la ecuación "potencia = corriente × voltaje",
60 watts = corriente × 120 volts; corriente
$$= \frac{60 \text{ W}}{120 \text{ V}} = 0.5 \text{ A.}$$
3. De la ecuación potencia = corriente × voltaje,
corriente = $\frac{\text{potencia}}{\text{voltaje}} = \frac{1200 \text{ W}}{120 \text{ V}} = 10 \text{ A.}$
De la expresión deducida en el problema anterior,
resistencia = $\frac{\text{voltaje}}{\text{corriente}} = \frac{120 \text{ V}}{10 \text{ A}} = 12 \Omega.$
5. \$2.52. Primero, 100 watts = 0.1 kilowatt. Segundo, hay 168 horas en una semana (7 días × 24 horas/día = 168 horas). Entonces 168 horas × 0.1 kilowatt = 16.8 kilowatt-horas, que a 15 centavos por kWh da como resultado \$2.52.
7. La potencia de la plancha es $P = IV = (110 \text{ V})(9 \text{ A}) = 990 \text{ W} = 990 \text{ J/s}$. La energía térmica generada en 1 minuto es $E = \text{potencia} \times \text{tiempo} = (990 \text{ J/s})(60 \text{ s}) = 59,400 \text{ J}$.
9. Se diseñó para usarse en un circuito de 120 V. Con un voltaje aplicado de 120 V, la corriente en la lámpara es $I = V/R = (120 \text{ V})/(95 \text{ W}) = 1.26 \text{ A}$. Entonces, la potencia disipada por la lámpara es $P = IV = (1.26 \text{ A})(120 \text{ V}) = 151 \text{ W}$, cerca del valor nominal. Si esta lámpara se conectara a 220 V, conduciría dos veces la corriente y disiparía cuatro veces la potencia (dos veces la corriente × dos veces el voltaje), más de 600 W. Es probable que se queme. Este problema también se puede resolver haciendo primero algunas transformaciones algebraicas. Como corriente = voltaje/resistencia, la expresión para la potencia se puede escribir como $P = IV = (V/R)V = V^2/R$. Se despeja V y se obtiene $V = \sqrt{PR}$. Sustituyendo la potencia y la resistencia da como resultado $V = \sqrt{(150)(95)} = 119 \text{ V}$.

Capítulo 24 Magnetismo

Respuestas a los ejercicios

1. Todo el magnetismo se origina en cargas eléctricas en movimiento. Para un electrón hay magnetismo correspondiente a su giro respecto a su propio eje, y con su movimiento en torno al núcleo, y como su movimiento como parte de la corriente eléctrica.
3. Habrá atracción, porque el imán induce polaridad opuesta en un trozo cercano de hierro. El norte inducirá sur, y el sur inducirá norte. Se parece a la inducción de carga, donde un globo se pega a un muro, tenga carga negativa o positiva.
5. Los polos del imán se atraen entre sí y harán que éste se doble, hasta tocarse si el material es lo bastante flexible.
7. Un campo eléctrico rodea a una carga eléctrica estacionaria. Un campo eléctrico y un campo magnético rodean a una carga eléctrica en movimiento (y también un campo gravitacional rodea a ambas cargas).

9. Un imán induce el alineamiento de los dominios magnéticos de un clavo o de un broche para papel. Entonces quedan cercanos entre sí los polos opuestos del imán y del objeto de hierro, y se produce una atracción (se parece al caso de un peine cargado que atrae trozos de papel sin carga eléctrica, figura 22.13). Por otra parte, un lápiz de madera no tiene dominios magnéticos que interaccionen con un imán.
11. Se induce el alineamiento de los dominios en el broche para papel en forma parecida a la polarización de la carga eléctrica en un aislador, cuando se le acerca un objeto cargado. Cualquier polo de un imán induce alineamiento de los dominios en el broche para papel: se produce atracción, porque el polo de los dominios alineados que está más cerca del polo del imán siempre es el opuesto.
13. La aguja no es atraída hacia el lado norte del recipiente, porque el polo sur de ella será atraído hacia el sur. La fuerza neta sobre la aguja es cero. Por otra parte, el par de giro neto sólo será cero cuando la aguja esté alineada con el campo magnético terrestre.
15. La aguja de sumergencia apuntará casi verticalmente cerca de los polos magnéticos terrestres, que es donde el campo apunta hacia o alejándose de los polos, que están enterrados bajo la superficie. Apuntará casi horizontalmente cerca del ecuador (ve la figura 24.19).
17. Los polos norte y sur de un imán se llaman así porque "buscan al norte" y "buscan al sur", respectivamente. Imagina que los polos magnéticos estuvieran marcados en la Tierra con postes de madera. Si hubiera que pintar una N o una S en el poste de madera que esté en el polo geográfico norte, le pintaríamos una S, que es el polo magnético que atrae al polo N de una brújula. De igual modo, deberíamos pintar una N en el poste de madera hincado en el hemisferio sur, porque es el polo que atrae al polo S de una brújula magnética.
19. Sí, porque la brújula se alinea con el campo magnético terrestre, que va del polo magnético en el hemisferio sur hasta el campo magnético en el hemisferio norte.
21. Los electrones en movimiento se desvían de sus trayectorias mediante un campo magnético. Un imán sostenido frente a un cinescopio desvía el haz de electrones de la trayectoria que debería tener, y distorsiona la imagen.
23. Sí, la ejerce. Como el imán ejerce una fuerza sobre el alambre, de acuerdo con la tercera ley de Newton, el alambre debe ejercer una fuerza sobre el imán.
25. Al golpear el clavo se agitan los dominios y se les permite volver a alinearse con el campo geomagnético. El resultado es un alineamiento neto de los dominios a lo largo del clavo. Ten en cuenta que si golpeas un trozo de hierro ya magnetizado que no esté alineado con el campo terrestre, podrá debilitarse el imán, y no reforzarse.
27. Un electrón debe cruzar líneas de campo magnético para sentir una fuerza magnética. Entonces, un electrón en reposo dentro de un campo magnético estacionario no sentirá fuerza alguna sobre él que lo ponga en movimiento. Sin embargo, en un campo eléctrico, un electrón acelerará, esté o no moviéndose ya. En los aceleradores de partículas, como los ciclotrones, se usa una combinación de campos eléctricos y magnéticos. El campo eléctrico acelera a la partícula en su dirección, y el campo magnético la acelera en dirección perpendicular a su trayectoria, haciéndolo describir una trayectoria casi circular.
29. Cuando se escribe *trabajo = fuerza × distancia*, lo que se implica en realidad es la componente de la fuerza que tiene la dirección del movimiento, multiplicada por la distancia recorrida en esa dirección (capítulo 7). Como la fuerza magnética que actúa sobre un haz de electrones siempre es perpendicular al haz, no hay componente de fuerza magnética a lo largo de la dirección instantánea de movimiento. En consecuencia, un campo magnético no puede efectuar trabajo sobre una partícula cargada. (Sin embargo, en forma indirecta, un *campo magnético variable en el tiempo* sí puede inducir un campo eléctrico que *pueda* efectuar trabajo sobre una partícula cargada.)
31. Hay un campo magnético asociado con toda partícula cargada en movimiento, sea electrón, protón o la que sea. Como un campo magnético no es exclusivo de los electrones en movimiento, también hay un campo magnético rodeando a los protones en movimiento. Sin embargo, su dirección es diferente. Las líneas de campo en torno del haz de protones son círculos con una dirección, y las de campo en torno a un haz de electrones tienen la dirección opuesta. En física se usa la "regla de la mano derecha": si el pulgar derecho apunta en dirección del movimiento de una partícula cargada, los dedos flexionados de esa mano indican la dirección del campo magnético. Para las partículas negativas se puede usar una regla de la mano izquierda.
33. Los cinturones de radiación de Van Allen están llenos de multitud de partículas cargadas de alta energía, que pueden dañar los tejidos vivos. En consecuencia, los astronautas tratan de mantenerse alejados de esos cinturones.
35. La intensidad de los rayos cósmicos en la superficie terrestre sería mayor si el campo magnético terrestre pasara por una fase cero. Hay pruebas fósiles que indican que los periodos cuando no hay campo magnético de protección han tenido la misma eficacia para cambiar las formas de vida como fueron los rayos X en los célebres estudios de herencia con las moscas de las frutas.
37. Un hábitat en el espacio podría protegerse contra la radiación cósmica si se estableciera un campo magnético a su alrededor, al igual que el campo geomagnético nos protege contra la radiación cósmica, que llegaría a la Tierra si no fuera por él. (En cuanto a una cubierta, hay quienes proponen recubrir al hábitat con una gruesa capa de jales de operaciones mineras en los planetas o asteroides.)
39. La levitación magnética reduce la fricción con la superficie casi hasta cero. Entonces sólo quedará la fricción con el aire. Se puede hacer relativamente

pequeña con un diseño aerodinámico, pero no hay forma de eliminarla, a menos que los vehículos se envíen por túneles al vacío. La fricción con el aire aumenta rápidamente al aumentar la rapidez del móvil.

Capítulo 25 Inducción electromagnética

Respuestas a los ejercicios

- No habrá inducción magnética en el nylon, porque no tiene dominios magnéticos. Por eso se usan cuerdas de acero en las guitarras eléctricas.
- El campo magnético del núcleo de hierro aumenta el campo magnético de la bobina, como se dijo en la respuesta al ejercicio anterior. Mayor campo magnético equivale a mayor momento de torsión (torca) sobre la armadura.
- Un ciclista llegará más lejos si desconecta el faro de su generador. La energía que se emplea en encender el faro se toma de la energía cinética de la bicicleta, por lo que ésta desacelera. El trabajo ahorrado al no encender el faro será la "fuerza $\times$ distancia" adicional que permite llegar más lejos.
- Como en la respuesta anterior, las corrientes parásitas inducidas en el material cambian el campo magnético, que a su vez cambia la corriente alterna en las bobinas y se pone a funcionar una alarma.
- En tiempos de Henry, los alambres de cobre no se aislaban. Una bobina de alambre no aislado, cuyas espiras se toquen entre sí, formaría un cortocircuito. Se usó seda para aislar a los alambres, para que la corriente pasara por ellos en la bobina, y evitar que las espiras se tocaran entre sí.
- No hay una diferencia básica entre un motor eléctrico y un generador eléctrico. Cuando se introduce energía mecánica al dispositivo y se produce electricidad, se le llama generador. Cuando se le conecta energía eléctrica y gira, efectuando trabajo mecánico, se le llama motor. Si bien suelen haber algunas diferencias prácticas en su diseño, en algunos casos se diseñan para funcionar como motores y generadores, sólo dependiendo de si la entrada es mecánica o eléctrica.
- De acuerdo con la ley de Faraday de la inducción, mientras mayor sea la razón de cambio en el tiempo del campo magnético en una bobina o una armadura, el voltaje inducido será mayor. Entonces, el voltaje de salida aumenta cuando el generador gira con más rapidez.
- De acuerdo con la inducción electromagnética, si el campo magnético entra y sale en el agujero del anillo, se inducirá un voltaje en él. Como el anillo es de metal, su resistencia es relativamente baja, y causará una corriente alterna alta. Esta corriente se hace notar por el calentamiento del anillo.
- Si el foco se conecta con una espira de alambre que cruce líneas de campo magnético variables, producidas por un electroimán, se inducirá voltaje, que puede encender el foco. El cambio es la clave, por lo que el electroimán debe estar activado por una ca.
- Sólo hay inducción cuando *cambia* el campo magnético interceptado. El galvanómetro indicará un impulso al cerrar el interruptor en el primer circuito y aumente la corriente en la bobina, a partir de cero. Cuando la corriente esté estable en la primera bobina no se induce corriente en el secundario, y el galvanómetro indica cero. La aguja del galvanómetro oscilará en dirección contraria cuando se abra el interruptor y la corriente baje a cero.
- Un transformador requiere voltaje alterno, porque el campo magnético en el devanado primario debe cambiar para que pueda inducir voltaje en el secundario. Si no hay cambio, no hay inducción.
- Un transformador se parece a una palanca mecánica, porque se transfiere trabajo de una parte a otra. Lo que se multiplica en una palanca mecánica es la *fuerza*, y en una palanca eléctrica es el *voltaje*. En ambos casos se conserva la energía y la potencia, así que lo que no se multiplica es la energía. ¡Sería en contra de la conservación de la energía!
- Para que la eficiencia sea alta se requiere que una cantidad máxima de líneas de campo magnético producidas en el primario crucen al secundario. El núcleo guía a las líneas del primario al secundario. En caso contrario, algo del campo magnético generado por el primario se emplearía en calentar las partes metálicas del transformador, en lugar de dar potencia al circuito secundario.
- ¡Ay! Es un circuito de cd. A menos que haya una corriente cambiante, no hay inducción. En el medidor no se inducen voltaje ni corriente.
- No, no, no; ¡mil veces no! Ningún aparato puede aumentar la energía. Este principio está en la base de la física. La energía no se puede crear ni destruir.
- El imán móvil inducirá una corriente en la bobina. Esta corriente produce un campo que tiende a repeler al imán al acercarse, y atraerlo al alejarse, desacelerándolo en su vuelo. Desde el punto de vista de la energía, la energía que la bobina transfiere al resistor es igual a la disminución de energía cinética del imán.
- Se induce una diferencia de voltaje a través de las alas de un avión en movimiento. Esa diferencia produce una corriente momentánea y se acumula la carga en las puntas de las alas, produciendo una diferencia de voltaje que contrarresta a la diferencia de voltaje inducida. Entonces, la carga es jalada igualmente en ambas direcciones, y no se mueve.
- Al agitarla cambia el "flujo" del campo geomagnético en la espira, lo cual induce voltaje y corriente, en consecuencia. Puedes imaginar que el flujo es la cantidad de líneas de campo que pasan por la espira. Esa cantidad depende de la orientación de la espira, aunque el campo sea constante.

37. La onda de radio incidente hace que oscilen los electrones de conducción en la antena. Esta carga oscilante (es una corriente oscilante) suministra la señal que alimenta al radio.
39. Concuerda con tu amigo, porque la luz es radiación electromagnética que tiene la frecuencia a la cual son sensibles nuestros ojos.

Soluciones a los problemas del capítulo 25

1. Si se pueden ignorar las pérdidas de potencia, de acuerdo con la conservación de la energía, la potencia que proporciona el secundario también es 100 W.

3. Según la ecuación de los transformadores,

$$\frac{\text{voltaje primario}}{\text{vueltas en el primario}} = \frac{\text{voltaje secundario}}{\text{vueltas en el secundario}}$$

$$\frac{120 \text{ V}}{240 \text{ vueltas}} = \frac{6 \text{ V}}{x \text{ vueltas}}$$

Se despeja x: $x = (6 \text{ V})(240 \text{ vueltas}) / (120 \text{ volts}) = 12 \text{ vueltas}$.

5. (a) Como potencia es voltaje $\times$ corriente, la corriente suministrada a los usuarios es

$$\text{corriente} = \frac{\text{potencia}}{\text{voltaje}} = \frac{100000 \text{ W}}{12000 \text{ V}} = 8.3 \text{ A}.$$

(b) Voltaje en cada conductor = corriente $\times$ resistencia del conductor = $(8.3 \text{ A})(10 \Omega) = 83 \text{ V}$.

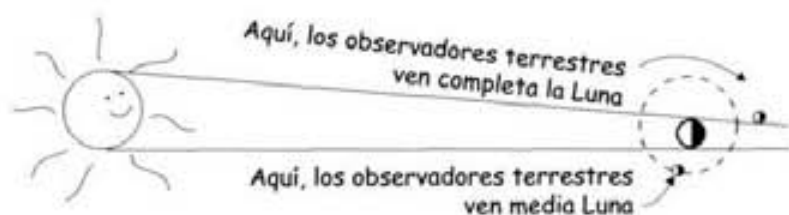
(c) En cada línea, potencia = corriente $\times$ voltaje = $(8.3 \text{ A})(83 \text{ V}) = 689 \text{ W}$. La potencia total desperdiciada en forma de calor es el doble, 1.38 kW. Es una pérdida pequeña y tolerable. Si el voltaje de transmisión fuera diez veces menor, las pérdidas en forma de calor en los alambres serían 100 veces mayores. Entonces se usaría más energía para calentar los alambres que la que podrían aprovechar los clientes. Eso no se puede tolerar. Es la razón de que tenga tanta importancia la transmisión en alto voltaje.

Sexta parte. Luz

Capítulo 26 Propiedades de la luz Respuestas a los ejercicios

1. Tu amigo tiene razón. También podría decir en tono solemne que el sonido es lo único que podemos oír.
3. La fuente básica de la radiación electromagnética es la de cargas eléctricas oscilantes, que emiten campos magnéticos y eléctricos oscilantes.
5. El ultravioleta tiene ondas más cortas que el infrarrojo. En consecuencia, el ultravioleta también tiene las frecuencias mayores.
7. Lo que ondula en una onda luminosa son los campos eléctrico y magnético. Su frecuencia de oscilación es la frecuencia de la onda.
9. La onda más corta corresponde a una frecuencia más alta, por lo que la frecuencia de la luz verde azulada del láser de argón tiene mayor frecuencia que la luz roja del láser de helio-neón.
11. Las ondas de radio casi con seguridad viajan a la rapidez de todas las demás ondas electromagnéticas: la rapidez de la luz.
13. Las ondas de radio y ondas luminosas son electromagnéticas, transversales, se mueven a la rapidez de la luz y se crean y absorben en cargas oscilatorias. Son distintas en su frecuencia, en su longitud de onda y en la clase de carga oscilatoria que las produce y las absorbe.
15. La rapidez promedio de la luz será menor donde interaccione con partículas de materia que absorban y emitan la luz, como por ejemplo, en la atmósfera. Mientras mayor sea la cantidad de interacciones a lo largo de la trayectoria de la luz, su velocidad promedio será menor.
17. La persona que cruza el recinto y se detiene a saludar a otros se parece al modelo de transmisión de la luz, porque hay una pausa en cada interacción. Sin embargo, la misma persona que inicia la caminata la termina, mientras que en la transmisión de la luz hay una sucesión de "nacimientos y muertes" porque la luz se absorbe y se emite "nueva luz" en su lugar. La luz que llega al vidrio no es la misma que la que sale. (Otra analogía es una carrera de relevos, cuando el corredor que la comienza no es el corredor que cruza la línea de meta.)
19. Mientras mayor sea la cantidad de interacciones para determinada distancia, mayor la tendencia a desacelerar a la luz, y el resultado es una rapidez promedio menor.
21. Las nubes son transparentes a la luz ultravioleta, y es la razón de que no protejan contra las quemaduras por el Sol. Sin embargo, el vidrio es opaco a la luz ultravioleta y en consecuencia te protege contra las quemaduras por el Sol.
23. Toda sombra producida por un objeto lejano, como por ejemplo un avión que vuela muy alto, se llena principalmente de luz solar oblicua, ya que el Sol no es una fuente puntual. Esta inclinación es la responsable de la umbra y la penumbra de los eclipses solares (figura 26.12). Sin embargo, si el avión está cerca del suelo, la inclinación no es suficiente para llenar la sombra y se ve parte de ella. Este concepto se muestra en la figura 26.10.
25. Un eclipse lunar sucede cuando la Tierra, el Sol y la Luna están en una línea recta, y la Tierra está entre el Sol y la Luna. Durante un alineamiento perfecto, la sombra de la Tierra cae sobre la Luna. Si el alineamiento no es tan perfecto, los observadores en Tierra tienen la vista completa de la Luna.

La luz de la Luna es más intensa, y la Luna está más llena, cuando el alineamiento se acerca al alineamiento perfecto; es por la noche en los eclipses lunares. Sin embargo, cuando hay media luna, las líneas de la Tierra a la Luna y de la Tierra al Sol forman ángulo recto. Es lo más desalineados que pueden estar Tierra, Luna y Sol, y la Luna no está cerca de la sombra de la Tierra; entonces no hay eclipse posible. Es lo mismo con las veces no alineadas que la Luna está en creciente.



27. Son los bastones, y no los conos, los que responden a la luz débil, por lo que debes enfocar la luz de baja intensidad en una parte de la retina formada por bastones. Sería fuera del lado de la fovea o mácula. Si estás viendo una estrella débil, ve un poco hacia un lado de donde esperas verla. Entonces su imagen caerá en una parte del ojo donde la puedan captar los bastones.
29. El cielo es negro visto desde la Luna, porque allí no hay atmósfera. Algo tiene color, y nada no tiene color. No hay nada que refleje o emita luz en el espacio que rodea a la Luna.
31. El punto ciego está del lado de la mácula opuesto a la nariz.
33. No podemos deducir que las personas con grandes pupilas están más a gusto en general que las de pupila pequeña. El tamaño de las pupilas de una persona tiene que ver con la sensibilidad de la retina a la intensidad luminosa. También con la edad las pupilas tienden a empequeñecerse. Es el *cambio* en el tamaño de la pupila lo que indica la disposición psicológica de una persona.
35. La luz del destello (flash) se reparte de acuerdo con la ley del cuadrado inverso, hasta el suelo, y la poca que regresa al avión se reparte todavía más. El pasajero verá que el destello no causa diferencia alguna. Es absurdo tomar fotografías a grandes distancias, sea desde un avión o desde las gradas de los campos deportivos, teniendo intencionalmente activado el *flash*.
37. De acuerdo con la ley del cuadrado inverso, el brillo es aproximadamente $1/25$ que desde la Tierra. En realidad es menor, porque la distancia es más de cinco veces mayor.
39. ¡Ves tu mano en el pasado! ¿Cuánto tiempo? Para calcularlo sólo divide la distancia de las manos a los ojos entre la rapidez de la luz. (A 30 cm, es una mil millonésima de segundo.)

Soluciones a los problemas del capítulo 26

1. En segundos, este tiempo es $16.5 \text{ min} \times 60 \text{ s} = 990 \text{ s}$.

$$\text{Rapidez} = \frac{\text{distancia}}{\text{tiempo}} = \frac{30,0000 \text{ km}}{990 \text{ s}} = 303,030 \text{ km/s.}$$

Este valor calculado se acerca mucho al valor que se acepta en la actualidad, de 300,000 km/s.

3. Partiendo de $v = \frac{d}{t}$,

$$t = \frac{d}{v} = \frac{d}{c} = 500 \text{ s,}$$

(que es igual a 8.3 min).

El tiempo para cruzar el diámetro de la órbita terrestre es el doble, o 1000 s, más o menos el 24% menos de los 1320 s medido por Roemer.

5. Como en el problema anterior, $t = \frac{d}{v}$

$$= \frac{4.2 \times 10^{16} \text{ m}}{3 \times 10^8 \text{ m/s}} = 1.4 \times 10^8 \text{ s.}$$

Conversión a años, por análisis dimensional:

$$1.4 \times 10^8 \text{ s} \times \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} \times \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ h}} \times \frac{1 \text{ año}}{365 \text{ días}} = 4.4 \text{ años.}$$

7. De $c = f \lambda$, $\lambda = \frac{c}{f} = \frac{(3 \times 10^8 \text{ m/s})}{(6 \times 10^{14} \text{ Hz})}$

$= 5 \times 10^{-7} \text{ m}$, o 500 nanómetros. Es 5000 veces mayor que el tamaño de un átomo, que es 0.1 nanómetros. (El nanómetro es una unidad frecuente de medida en física atómica y en óptica física.)

9. (a) Frecuencia = rapidez / longitud de onda = $(3 \times 10^8 \text{ m/s}) / (0.03 \text{ m}) = 1.0 \times 10^{10} \text{ Hz} = 10 \text{ GHz}$.
 (b) Distancia = rapidez $\times$ tiempo, entonces tiempo = distancia / rapidez = $(10,000 \text{ m}) / (3 \times 10^8 \text{ m/s}) = 3.3 \times 10^{-5} \text{ s}$. (Observa la importancia de usar unidades correctas SI para obtener los resultados numéricos correctos.)

Capítulo 27 Color Respuestas a los ejercicios

1. El cliente tiene razón al pedir ver los colores a la luz del día. Bajo iluminación fluorescente, como predominan las frecuencias mayores, se acentúan los colores más azules, y no los más rojos. Los colores se verán bastante diferentes a la luz solar.
3. Una prenda blanca o verde reflejará la luz verde incidente, y será más fría. El color complementario es el magenta, y absorberá a la luz verde; es el mejor color que pueden tener las prendas cuando se desea absorber la energía.
5. La pintura interior absorbe, y no refleja la luz, y en consecuencia se ve negra. Un interior negro en un instrumento óptico absorberá toda la luz desviada, sin reflejarla ni pasarla por el interior del instrumento, donde interferiría con la imagen óptica.
7. Las pelotas de tenis son de color verde amarillo, que es el color al que somos más sensibles.

9. Las prendas rojas se ven rojas a la luz del Sol, y rojas cuando se iluminan con luz roja de un tubo de neón. Pero como la ropa roja absorbe a la luz cian, parece negra al iluminarla con luz cian (azul verdoso).
11. El color que saldrá de una lámpara con recubrimiento absorbente al amarillo es azul, el color complementario. (Blanco – amarillo = azul.)
13. Los rayos encimados azul y amarillo producirán luz blanca. Sin embargo, cuando se encimen las dos láminas de vidrio, colocándolas frente a una sola lámpara, se transmitirá poca o nada de luz.
15. Rojo y verde producen amarillo; rojo y azul producen magenta; rojo, azul y amarillo producen blanco.
17. Azul.
19. A gran profundidad en el agua ya no hay rojo en la luz. Entonces, la sangre se ve negra. Pero hay mucho rojo en un destello de cámara, y al iluminarla con el *flash*, la sangre se ve roja.
21. La camiseta verde de la fotografía se ve magenta en el negativo, y la camiseta roja se ve cian; son los colores complementarios. Cuando la luz blanca atraviesa el negativo, se transmite verde donde se absorbe magenta. De igual modo, se transmite rojo donde se absorbe el cian.
23. La iluminación azul produce negro. Un plátano amarillo refleja el amarillo y los colores adyacentes, que son naranja y verde; entonces, al iluminarlo con cualquiera de esos colores, lo reflejará y se verá de ese color. Un plátano no refleja el azul, demasiado alejado del amarillo en el espectro; entonces, al iluminarlo con azul, se verá negro.
25. Ves los colores complementarios por la fatiga de la retina. El azul parecerá amarillo, el verde parecerá cian, y el blanco, negro. ¡Haz la prueba y verás!
27. A mayores alturas hay menos moléculas sobre ti, y en consecuencia menos dispersión de la luz solar. Eso da como resultado un cielo más oscuro. El extremo es cuando no hay moléculas, y el cielo es negro, como por ejemplo visto desde la Luna.
29. La luz ultravioleta se refleja en la arena, así que aunque no estés a la luz directa sí estás en la luz indirecta, que incluye al ultravioleta. También, de igual modo que la luz visible es dispersada en partículas de la atmósfera, la radiación ultravioleta es dispersada todavía más. Entonces puedes quemarte con el Sol estando en la sombra: debido tanto a la reflexión como a la dispersión. (¡El autor tuvo una gran quemadura de Sol al sentarse a la sombra de un manglar, en una playa arenosa, meditando los ejercicios para este libro!)
31. La luz viaja con más rapidez por la atmósfera superior, donde la densidad es menor y hay menos interacciones con las moléculas del aire.
33. La afirmación es correcta. Un tono más positivo evitaría las palabras "no es más", porque la puesta del Sol no *sólo* es los colores sobrantes, sino *es* los colores que no fueron dispersados en otras direcciones.
35. Por las emisiones volcánicas, la Luna se ve cian, que es el color complementario del rojo.
37. Las nubes de lluvia están formadas por partículas relativamente grandes que absorben gran cantidad de la luz que les llega. Si las nubes de lluvia sólo estuvieran formadas por partículas absorbentes, se verían negras. Pero en su mezcla de partículas están las diminutas, que dispersan las altas frecuencias, por lo que la nube no es totalmente absorbente; sólo es oscura, en lugar de negra.
39. Si suponemos que Júpiter tiene una atmósfera parecida a la terrestre, en términos de transparencia, el Sol parecería tener un tono anaranjado rojizo profundo, así como cuando la luz solar roza 1000 kilómetros de la atmósfera terrestre en un ocaso visto desde un lugar elevado. Es interesante que hay una gruesa cubierta de nubes en la atmósfera de Júpiter, que absorbe toda la luz solar y no la deja llegar a su "superficie". ¡Y no tiene superficie sólida! Tus nietos podrán visitar una de las lunas de Júpiter, pero no "atterrizarán" en Júpiter mismo, al menos en forma intencional. (Por cierto, solo hay 4 1/3 planetas con superficie "sólida": Mercurio, Venus, Marte, Plutón ¡y 1/3 de la Tierra!)

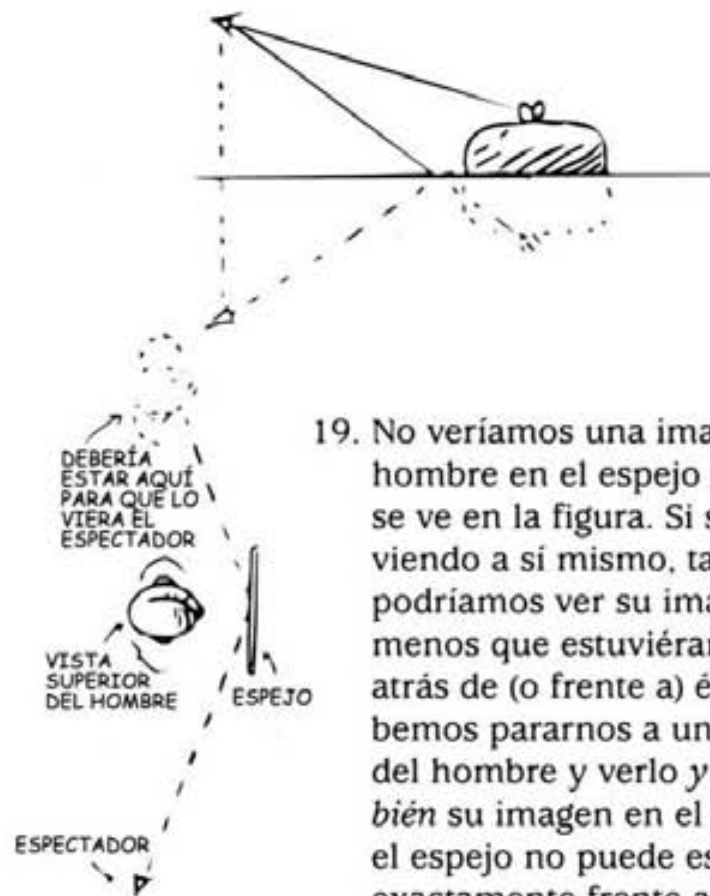
Capítulo 28 Reflexión y refracción

Respuestas a los ejercicios

1. El principio de Fermat para la refracción es de tiempo mínimo, pero para la reflexión también podría ser de mínima distancia. Esto se debe a que la luz no pasa de un medio a otro en la reflexión, por lo que no hay cambio de rapidez y las trayectorias de tiempo mínimo y distancia mínima son equivalentes. Pero para la refracción, la luz va de un medio donde tiene determinada rapidez y pasa a otro donde su rapidez es distinta. Cuando esto sucede, las trayectorias rectilíneas tardan más en recorrerse que las no lineales de tiempo mínimo. Ve, por ejemplo, la diferencia en las trayectorias de distancia mínima y de tiempo mínimo, en la figura 28.13 de la página 538 del libro de texto *Física Conceptual*.
3. El vaquero Joe sólo debe apuntar a la imagen de su asaltante en el espejo, porque la bala que rebota seguirá los mismos cambios de dirección cuando cambia su cantidad de movimiento (ángulo de incidencia = ángulo de rebote) que la luz al reflejarse en una superficie plana.
5. Esas letras se ven en forma correcta en el espejo retrovisor de los automóviles que van adelante.

7. Dos superficies del espejo reflejan la luz. La delantera refleja un 4% de la luz incidente, y la superficie plateada refleja casi todo el resto. Cuando el espejo se ha inclinado a la posición "de día", el conductor ve que la luz se refleja en la superficie plateada. En la posición "de noche", con el espejo inclinado hacia arriba, la luz que se refleja en la superficie plateada se dirige arriba de la visual del conductor, y éste ve la que se refleja en la superficie delantera. El 4% de la luz reflejada basta para conducir de noche.
9. Una ventana transmite y refleja la luz al mismo tiempo. Los vidrios de ventana suelen transmitir más o menos el 92% de la luz incidente, y las dos superficies reflejan un 8%. El porcentaje es una cosa y la cantidad total es otra. La persona fuera, a la luz de día, que ve hacia la ventana de un recinto oscuro en su interior, ve reflejado el 8% de la luz del exterior, y 92% de la luz del interior, que sale. Pero el 8% de la luz brillante del exterior puede ser más intensa que el 92% de la luz del interior, que es mortecina, haciendo difícil o imposible que vea la persona desde el exterior. Por otra parte, la persona en el recinto oscuro, que recibe el 92% de la luz brillante del exterior y el 8% de la luz mortecina del interior reflejada, ve hacia afuera con facilidad. Podrás ver cómo lo contrario se aplica a un recinto alumbrado por la noche. Entonces la persona del interior podrá no ver hacia fuera de la ventana, mientras que la que está afuera ve con facilidad hacia adentro.
11. Mientras que la reflexión difusa de una carretera áspera permite a un conductor verla iluminada por sus faros en una noche seca, en una noche lluviosa la carretera se cubre de agua y funciona como un espejo plano. Muy poca de la iluminación de los faros regresa al conductor, y en vez de ello se refleja hacia adelante (deslumbrando a los conductores que se acercan).
13. El espejo de medio cuerpo sirve a cualquier distancia. Se debe a que si te acercas, tu imagen se acerca también. Si te alejas, tu imagen hace lo mismo. En realidad muchas personas deben hacer la prueba para creerlo. La confusión se origina porque las personas saben que pueden ver edificios lejanos completos, o hasta serranías, en un espejo de bolsillo que tengan a mano. Aun así, la distancia del objeto al espejo es igual que la distancia de la imagen virtual del otro lado del espejo. Puedes ver la totalidad de una persona lejana en tu espejo, pero esa persona no puede verse toda ella en tu espejo.
15. La zona limpiada tendrá la mitad de la altura de tu cara.
17. En primer lugar, la vista reflejada de una escena es distinta de una vista invertida de la misma, porque la primera se ve desde más abajo. Así como una vista de un puente podrá no mostrar su cara inferior mientras que la reflexión sí, sucede lo mismo con el ave. La vista que se refleja en el agua es la vista invertida que verías si tu ojo estuviera tan abajo del

agua como está realmente sobre ella (y como si no hubiera refracción). Entonces tu visual cortaría a la superficie del agua donde suceda la reflexión. Pon un espejo en el piso, entre ti y una mesa. Si estás de pie, tu vista de la mesa es desde arriba. Pero la vista reflejada muestra la cara inferior de la mesa. Es claro que las dos vistas no tan sólo son inversiones una de otra. Ten en cuenta lo anterior siempre que veas reflexiones (y en las pinturas con reflexiones ¡es sorprendente cuántos artistas no tienen en cuenta esto!).



19. No veríamos una imagen del hombre en el espejo como se ve en la figura. Si se está viendo a sí mismo, tampoco podríamos ver su imagen, a menos que estuviéramos atrás de (o frente a) él. Si debemos pararnos a un lado del hombre y verlo y *también* su imagen en el espejo, el espejo no puede estar exactamente frente a él.

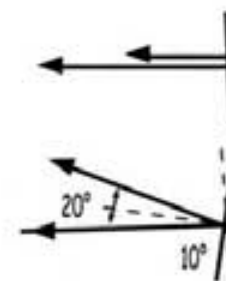
Debería estar ubicado a su derecha, como se ve en el diagrama. La vista del hombre podría no estar en el espejo. Se hacen esos arreglos cuando se muestra a una persona que se supone se está viendo en el espejo. Sin embargo, en realidad el actor hace como si se viera. Si se viera en realidad, su imagen no la vería el público. ¡Es Hollywood!

21. La luz roja atraviesa el vidrio con más rapidez y sale primero.
23. Las rapidezces en el vidrio y en el aceite de soya son iguales, por lo que no hay refracción entre esos materiales.
25. Arrojarías la lanza abajo de la posición aparente del pescado, porque el efecto de la refracción es hacer que el pescado parezca estar más cerca de la superficie de lo que en realidad está. Pero para matar a un pescado con un láser, no se necesitan correcciones y tan sólo se apunta directamente a él. Esto se debe a que la luz que viene del pez y que tú ves, se refracta en la misma trayectoria que la luz del láser que va hacia él. Podría necesitarse una pequeña corrección, que depende de los colores del rayo láser y del pescado —ve el siguiente ejercicio.

27. Un pescado ve el cielo (con el fondo algo reflejado) al ver hacia arriba a 45° , porque para el agua el ángulo crítico es 48° . Si ve a 48° o con más inclinación, sólo ve el fondo reflejado.
29. Para mandar un rayo láser a una estación espacial, no hagas correcciones y sólo apunta a la estación que veas. Es como la caza del pescado del ejercicio 25. La trayectoria de la refracción es la misma en cualquier dirección.
31. No podemos ver un arco iris si está "a un lado", porque no es una cosa tangible que "esté allí". Los colores se refractan en una infinidad de direcciones, y llenan el cielo. Los únicos colores que vemos y no están encimados con otros son los que forman ángulos cónicos entre 40° y 42° con respecto al eje "Sol-antisol". Para comprenderlo, imagina un vaso cónico de papel con un agujero en el fondo. Puedes ver su orilla circular como una elipse, desde un lado. Pero si sólo ves la orilla cuando tu ojo está tras el agujero, sólo lo puedes ver como un círculo. Es la forma en que se ve un arco iris. Nuestro ojo está en el vértice de un cono cuyo eje es el eje Sol-antisol y cuya "orilla" está en el arco. Desde cualquier punto de observación, el arco forma parte de un círculo, o es todo el círculo.
33. Cuando el Sol está alto en el horizonte y las personas del avión ven hacia abajo, hacia una nube opuesta a la dirección del Sol, pueden ver un arco iris que forma un círculo completo. La sombra del avión estará en el centro del arco circular. Esto se debe a que el avión está directamente entre el Sol y las gotas de la nube o la lluvia que producen el arco iris.
35. Una lente de proyección con aberración cromática produce franjas de arco iris en torno a una zona de luz blanca. La razón de que esos colores no aparezcan dentro de la zona es porque se superponen y forman blanco. Sólo en las orillas, que funcionan como un prisma circular, no se superponen.
37. La intensidad promedio de la luz solar en el fondo es igual, esté el agua en movimiento o estancada. La luz que no llega a una parte del fondo de la alberca, llega a otra parte. Toda región oscura está balanceada por una región clara, es la "conservación de la luz".
39. La visión normal depende de la cantidad de refracción que tiene la luz al pasar del aire al ojo. El cambio de rapidez asegura que la visión sea normal. Pero si el cambio de rapidez es del agua al ojo, la luz se refractará menos, y se producirá una imagen poco clara. Un nadador usa anteojos para asegurarse de que la luz vaya del aire al ojo, aunque esté bajo el agua.
41. El diamante brilla menos, porque hay menor ángulo de refracción entre el agua y él. La luz ya es lenta cuando llega al diamante, por lo que el aumento de la lentitud, y refracción se reduce.
43. Si la luz tuviera la misma rapidez promedio en los lentes de vidrio que la que tiene en el aire, los lentes no refractarían la luz, y no tendrían aumento. El aumento depende de la refracción, que a su vez depende de los cambios de rapidez.
45. Sencillo. Una cámara oscura con dos agujeros produce dos imágenes. Si los agujeros están cercanos entre sí, las imágenes se traslapan. Si tiene varios agujeros se producen varias imágenes. Se puede evitar el traslape colocando una lente convergente en los agujeros. Si juntas los agujeros en uno grande cubierto con una lente grande ¡tendrás una cámara común y corriente!
47. Para objetos muy lejanos, de hecho en el "infinito", la luz llega al foco, en el plano focal de la lente. Entonces tu película está a una distancia focal tras la lente, para objetos muy lejanos. Para menores distancias, la película debe estar más lejos de la lente.
49. Los mapas de la Luna son vistas invertidas de ella, para que coincidan con la imagen invertida que se ve en un telescopio.

Soluciones a los problemas del capítulo 28

1. Cuando se gira un espejo, su normal gira también. Como el ángulo que forma el rayo incidente con la normal es igual al que forma el ángulo reflejado con la normal, la desviación total es el doble. En el diagrama se muestra que si el espejo gira 10° , la normal también gira 10° , y se produce una desviación total de 20° en el rayo reflejado. Es una de las razones por las que se usan espejos para detectar movimientos delicados en instrumentos como galvanómetros. La razón más importante es la amplificación del desplazamiento al hacer que el rayo llegue a una escala a cierta distancia.



3. Ajusta tu foco a 4 m, porque tu imagen estará detrás del espejo la misma distancia que hay entre él y tú.
5. Si se transmite 96 % por la primera cara y 96 % del 96 % se transmite por la segunda cara, a través de ambas caras del vidrio se transmite el 92 %.
7. Usa relaciones: $(1440 \text{ min})/(360 \text{ grados}) = (\text{tiempo desconocido})/(0.53 \text{ grados})$. Entonces, el tiempo desconocido es $0.53 \times 1440/360 = 2.1$ minutos. Entonces, el Sol recorre un diámetro solar en el cielo cada 2.1 minutos. En la puesta del Sol el tiempo es un poco mayor, dependiendo del grado de la refracción. Entonces, el disco del Sol poniente desaparece en el horizonte en un poco más que 2.1 minutos.

Capítulo 29 Ondas luminosas
Respuestas a los ejercicios

1. La Tierra intercepta una fracción tan diminuta de la onda esférica en expansión que procede del Sol, que se puede aproximar con una onda plana (igual que una pequeña parte de la superficie de la Tierra se puede considerar plana). Las ondas esféricas que proceden de la lámpara cercana tienen una curvatura apreciable (ve las figuras 28.3 y 28.4).
3. La longitud de las ondas de radio de AM son de cientos de metros, mucho mayores que el tamaño de las construcciones, por lo que se difractan con facilidad en torno a esas construcciones. Las longitudes de onda de FM son de algunos metros, a punto de poder refractarse en torno a las construcciones. La luz, con longitudes de onda de una diminuta fracción de un centímetro, no se difractan en torno a los edificios en forma apreciable.
5. Las señales de los canales con número menor se transmiten a menores frecuencias y mayores longitudes de onda, que se difractan más hacia regiones de mala recepción comparadas con las señales de frecuencias mayores.
7. La alternancia de intenso a suave es prueba de interferencia. Cuando el sonido es intenso, las ondas de cada altoparlante interfieren en forma constructiva; cuando es suave, hay interferencia destructiva entre los altoparlantes.
9. Las franjas de interferencia de la luz y las intensidades variables del sonido se deben a la superposición de ondas que interfieren en forma constructiva y destructiva.
11. La luz azul producirá franjas más próximas.
13. Habrás fotografiado lo que ves por la lente: un espectro de colores a ambos lados de las luces. En el próximo capítulo veremos que los colores que se difractan se correlacionan con el gas de la iluminación ("neón" o "luz de sodio", etc.).
15. El experimento de interferencia de Young produce un patrón más claro de franjas, usando rendijas; el patrón es de franjas rectilíneas, y no el de las bandas circulares que se traslapan que se producen con agujeros redondos. Los círculos se traslapan en segmentos relativamente más pequeños, comparado con el traslape más ancho de las líneas rectas paralelas. También, las rendijas permiten pasar a más luz; los patrones con agujeros de alfiler son menos brillantes.
17. Para la anulación completa, las amplitudes de cada parte de la onda deben ser idénticas. Si no son iguales, se produce anulación parcial.
19. Los colores de interferencia se deben a dobles reflexiones en las superficies superior e inferior del delgado recubrimiento transparente de las alas de las mariposas. Otras alas de mariposa producen colores por difracción, cuando las crestas en la superficie funcionan como rejillas de difracción.
21. Hay interferencia de la luz reflejada en las superficies superior e inferior de la capa de jabón o de detergente.
23. La luz de un par de estrellas no produce un patrón de interferencia, porque las ondas luminosas de las dos fuentes separadas son incoherentes; cuando se combinan se "contaminan". La interferencia sucede cuando la luz de una sola fuente se divide y después se recombina.
25. Azul, el color complementario. El azul es luz blanca menos la luz amarilla que se ve arriba. (Observa que este ejercicio regresa a la información del capítulo 27.)
27. El problema es grave, porque dependiendo de la orientación de los ejes de polarización de las pantallas y las lentes, puede ser que no se vean los números.
29. Si la hoja se alinea con la polarización de la luz, toda la luz pasa. Si se alinea perpendicular a la polarización de la luz, nada de luz pasa. En cualquier otro ángulo, algo de la luz pasa, porque la luz polarizada se puede "descomponer" (como un vector) en componentes paralela y perpendicular al alineamiento de la hoja.
31. Puedes determinar el eje de polarización de una sola lámina viendo el resplandor procedente de una superficie plana, como en la figura 29.33. El resplandor es más intenso cuando el eje de polarización es paralelo a la superficie plana.
33. El eje del filtro debe ser vertical, y no dejar pasar el resplandor; el resplandor es paralelo al plano del piso: horizontal.
35. Puedes ver que el cielo está parcialmente polarizado, girando una hoja de filtro polarizador frente al ojo, al ver el cielo. Verás que se oscurece cuando el eje del filtro es perpendicular al eje de polarización de la luz del cielo.
37. Cuando ves un objeto cercano, los ojos ven en direcciones un poco distintas, y el cerebro traduce esa diferencia en una distancia estimada. Es el paralaje, uno de los métodos principales de estimar la distancia de objetos cercanos. Si estás cerca de una pintura y la ves con los ojos, el paralaje indica que ves a una superficie, y que todas sus partes están a igual distancia de los ojos. Pero si la ves con un solo ojo, no hay paralaje que te ayude a estimar la distancia y debes confiar en claves de distancia que haya puesto el pintor, como por ejemplo el tamaño relativo, la luminosidad o las graduaciones de color. Al mirar con un solo ojo ves la escena de la forma en que el pintor quiso que la vieras, sin que el cerebro te diga lo lejana que está la superficie. (Esta diferencia en la visión mono y binocular sólo se aprecia cuando estás cerca de la pintura. Si la ves a cierta distancia ya no importa mucho el paralaje. Entonces, aun con los ojos, te basas en indicaciones del pintor para juzgar la distancia.)

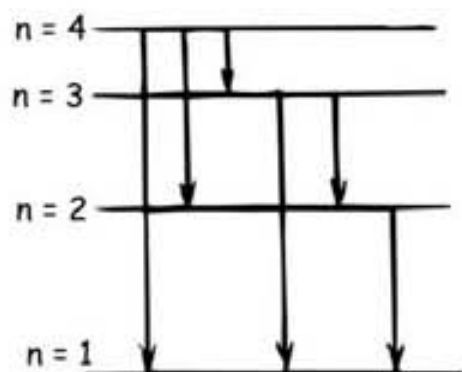
39. El aumento se logra haciendo el holograma con luz de corta longitud de onda, y viéndolo con luz de ondas más largas. Se parece a las distancias mayores entre las franjas cuando se iluminan rendijas con longitud de onda larga.

Capítulo 30 Emisión de luz

Respuestas a los ejercicios

1. De acuerdo con $E = hf$, un fotón de rayo gamma tiene mayor energía porque tiene mayor frecuencia.
3. La luz azul de mayor frecuencia y mayor energía corresponde a un cambio mayor de energía en el átomo.
5. Al aumentar al doble la longitud de onda de la luz su frecuencia baja a la mitad. La luz con la mitad de la frecuencia tiene la mitad de la energía por fotón. Imagínalo en términos de la ecuación $c = f\lambda$. Como la velocidad de la luz c es constante, λ es inversamente proporcional a f .
7. Una rendija se puede hacer muy delgada, más delgada que el diámetro de un círculo, y sigue siendo visible. Si se reemplazara la rendija delgada de un espectroscopio por un agujero redondo, las "rayas" se verían como manchas redondas. Sería desventajoso, porque los círculos más anchos podrían traslaparse. Si se hiciera el diámetro del agujero tan pequeño como el ancho de la rendija, sería insuficiente la luz que pasara por él.
9. Cuando se compara el espectro del Sol con el del elemento hierro, las líneas del hierro se superponen perfectamente con ciertas líneas de Fraunhofer. Es la prueba de la presencia del hierro en el Sol.
11. En la luz de las estrellas no aparecen figuras con líneas espectrales de elementos que no haya en la Tierra. Como los espectros de la luz de las estrellas lejanas coinciden con los de los elementos en la Tierra, se llega a la conclusión que nosotros y el universo observable estamos hechos con los mismos materiales. Las líneas espectrales son las "huellas dactilares atómicas" que indican la presencia de los mismos átomos con las mismas propiedades en todo el universo.
13. Las estrellas son fuentes incandescentes en donde los máximos de frecuencia de la radiación son proporcionales a la temperatura. Pero la luz de los tubos de descarga no tiene relación con la temperatura del gas, sino depende de los estados de excitación del mismo. Esos estados no dependen de la temperatura del gas y se pueden presentar estando el gas frío o caliente.
15. La excitación atómica se ve en los sólidos, líquidos y gases. Como los átomos en los sólidos están empaquetados, la radiación procedente de ellos (y de los líquidos) se reparte en una distribución ancha y se produce un espectro continuo, mientras que la radiación procedente de los átomos lejanos de un gas llega en lotes separados que producen "líneas" discretas al difractarse en una rejilla.
17. Las numerosas líneas espectrales del elemento hidrógeno se deben a los muchos estados de energía que puede ocupar el electrón único al excitarlo.
19. La energía "faltante" puede aparecer en forma de luz de otros colores, o en forma de luz infrarroja invisible. Si los átomos están empaquetados, como en un sólido, algo de la energía "faltante" puede aparecer en forma de calor. En ese caso, la sustancia iluminada se calienta.
21. La fluorescencia es el proceso en el que la radiación ultravioleta de alta frecuencia (alta energía) se convierte en radiación visible de baja frecuencia (menor energía) y queda algo de energía que posiblemente aparezca como calor. Si tu amigo sugiere que la radiación infrarroja de baja energía se puede convertir en luz visible de mayor energía, se trata claramente de una violación de la conservación de la energía —¡imposible! Ahora bien, si tu amigo sugiere que la radiación infrarroja puede causar la fluorescencia de radiación infrarroja todavía de menor frecuencia, su razonamiento tiene bases correctas.
23. Las telas y otros materiales fluorescentes producen colores brillantes en la luz del Sol porque reflejan la luz visible y al mismo tiempo transforman algo de la luz solar ultravioleta en luz visible. Literalmente refulgen al exponerlas a la luz visible y ultravioleta combinadas procedentes del Sol. (Algunos colores fluorescentes que se agregan a las tintas se llaman a veces colores de "brillo diurno".)
25. La iluminación con la luz de baja frecuencia no tiene fotones con la suficiente energía para ionizar los átomos del material, pero los tiene con energía suficiente para excitarlos. En contraste, la iluminación con luz ultravioleta sí tiene la energía suficiente para expulsar los electrones y dejar ionizados los átomos del material. Al impartir distintas energías se obtienen distintos resultados.
27. Los fotones del tubo de destello deben tener cuando menos la misma energía que la de los fotones que deben producir el láser. Los fotones rojos tienen menor energía que los verdes, por lo que no serían suficientes para estimular la emisión de fotones verdes. Los fotones energéticos verdes pueden producir fotones rojos, de menor energía, pero no al revés.
29. Si no tuvieran una duración relativamente larga, no habría acumulación suficiente de átomos en el estado excitado que produjeran la "inversión de población" necesaria para la acción láser.
31. La afirmación de tu amigo viola la ley de la conservación de la energía. Un láser, o cualquier dispositivo, no puede emitir más energía que la que recibe. Por otra parte, la potencia es otra historia, como se verá en el siguiente ejercicio.

33. $\bar{f}$ es el pico de frecuencia de la radiación incandescente; esto es, es la frecuencia a la cual la radiación es más intensa. T es la temperatura del emisor. (También se describe la radiación como si tuviera temperatura. Se dice que la radiación incandescente emitida por un cuerpo a cierta temperatura tiene esa temperatura. Así, se puede usar la radiación para medir la temperatura, sea la radiación emitida por un alto horno, por el Sol o por el frío espacio exterior.)
35. Ambos irradian energía, que depende de $\bar{f} \sim T$. Como la temperatura del Sol es mucho mayor que la de la Tierra, la frecuencia de la radiación que emite el Sol es proporcionalmente mayor que la que emite la Tierra. A la radiación de la Tierra se le llama radiación terrestre, que se describió en el capítulo 15. La cantidad de energía irradiada por el Sol también es mucho mayor que la que irradia la Tierra. (La cantidad varía en proporción con la cuarta potencia de la temperatura absoluta, por lo que la superficie del Sol, que tiene una temperatura 20 veces mayor que la superficie de la Tierra, irradia $(20)^4$, o 160,000 veces más energía que la Tierra.)
37. El metal brilla a todas temperaturas, podemos ver su brillo o no. Al aumentar su temperatura, el brillo llega a la parte visible del espectro, y los ojos humanos lo pueden ver. La luz de energía mínima por fotón es la roja. Entonces, el metal calentado pasa del infrarrojo (que no podemos ver) al rojo visible. Está al rojo.
39. Las temperaturas relativas de las estrellas; son menores para las rojizas, intermedias para las blancas y mayores para las azules.
41. Una fuente incandescente que tiene su máximo en la parte verde del espectro visible también emite rojos y azules, que se traslapan y parecen blanco. Nuestro Sol es un buen ejemplo. Para emitir sólo luz verde se debería tener otra clase de fuente, como por ejemplo un láser, y no una fuente incandescente. Entonces, las estrellas "calentadas al verde" son blancas.
43. Son posibles seis transiciones, como se ve abajo. La transición de máxima frecuencia es del nivel cuántico 4 al 1. La de mínima frecuencia es del nivel 4 al 3.



45. Sí, hay una relación entre las longitudes de onda, pero no es tan sencilla como la relación entre las frecuencias. Como las energías son aditivas, las frecuencias también son aditivas. Pero como la longi-

tud de onda es inversamente proporcional a la frecuencia, las que son aditivas son las inversas de las longitudes de onda. Entonces,

$$\frac{1}{\lambda(4 \rightarrow 3)} + \frac{1}{\lambda(3 \rightarrow 1)} + \frac{1}{\lambda(4 \rightarrow 1)}$$

Solución al problema del capítulo 30

- (a) La transición B a A tiene el doble de energía y doble de frecuencia que la de C a B. En consecuencia tendrá la mitad de la longitud de onda, o sea 300 nm. El razonamiento: ya que $c = f\lambda$, entonces $\lambda = c/f$. La longitud de onda es inversamente proporcional a la frecuencia. Doble frecuencia representa mitad de longitud de onda. (b) La transición de C a A tiene tres veces la energía y tres veces la frecuencia de la transición de C a B. En consecuencia tendrá un tercio de la longitud de onda, o sea 200 nm.

Capítulo 31 Cuantos de luz Respuestas a los ejercicios

- La física clásica es, principalmente, la que se conocía antes de 1900, y comprende el estudio del movimiento de acuerdo con las leyes de Newton, y el estudio del electromagnetismo de acuerdo con las leyes de Maxwell. A la mecánica clásica se le llama con frecuencia mecánica newtoniana, se caracteriza por una capacidad absoluta de predicción. Después de 1900, los científicos descubrieron que las leyes de Newton simplemente no se aplican en el dominio de lo muy pequeño, en lo submicroscópico. Es el dominio de la física cuántica, donde las cosas son "granulares" y donde los valores de energía y cantidad de movimiento (y también de masa y carga) se dan en paquetes, o cuantos. En este dominio, se combinan las partículas y las ondas, y las reglas básicas son las de la probabilidad y no las de certidumbre. La física cuántica es distinta, y no es fácil de visualizar como lo es la física clásica. Sin embargo, tendemos a enmarcar nuestros hallazgos con nuestros modelos clásicos de ondas y partículas, para tratar de visualizar este mundo subatómico.
- La ecuación $E = hf$ ilustra lo "sobrenatural" del mundo cuántico, porque vincula una propiedad de *partículas*, como es la energía E del fotón, con una propiedad ondulatoria, la frecuencia f . Este enlace se maneja bajo el nombre de "dualidad onda-partícula". El fotón tiene propiedades de onda y de partícula al mismo tiempo. (La aparición de la constante cuántica de Planck h en la ecuación es un aviso de que estamos manejando un fenómeno cuántico. La constante cuántica h aparece en toda ecuación del mundo cuántico. Es la "perpetradora" de lo sobrenatural cuántico. Si h fuera cero, no habría fenómenos cuánticos.)
- No tiene sentido hablar de fotones de luz blanca, porque la luz blanca es una mezcla de varias frecuencias, y en consecuencia una mezcla de muchos fotones. Un fotón de luz blanca no tiene sentido físico.
- Fue difícil encontrar materiales que respondieran fotoeléctricamente a la luz roja, porque los fotones

de luz roja tienen menos energía que los de luz verde o azul.

9. Cuando un fotón de luz ultravioleta se encuentra con una célula viva, le transfiere una cantidad de energía que la puede dañar. Cuando un fotón visible se encuentra con una célula viva, la cantidad de energía que le transfiere es menor y es menos probable que sea dañina. Por consiguiente, la exposición de la piel a la radiación ultravioleta puede ser dañina para la piel, mientras que por lo general no lo es la exposición a la luz visible.
11. No es la energía total en el rayo de luz lo que causa la expulsión de los electrones, sino es la energía por fotón. Por consiguiente, unos pocos fotones azules pueden desprender unos pocos electrones, mientras que multitudes de fotones de luz roja, de baja energía, no pueden desprender siquiera uno. Los fotones actúan uno por uno, y no en concierto.
13. En algunas puertas automáticas se usa un rayo de luz que llega continuamente a un fotodetector. Cuando obstruyes el rayo al atravesarlo caminando, cesa la generación de corriente en la fotocelda. A continuación, ese cambio de corriente activa la abertura de la puerta.
15. Habrá colores hacia el extremo rojo del espectro en donde el medidor no mostrará indicación alguna, porque no se expulsan electrones. Al cambiar el color hacia el azul y el violeta se llegará a un punto en el que el medidor comienza a indicar. Si se hace más intenso un color con el que el medidor indica cero, continuará indicando cero. Si se hace más intenso un color con el que el medidor indica algo, la corriente indicada por el medidor aumentará, porque se expulsan más electrones.
17. Nunca se puede decir definitivamente que *es* algo, sino sólo cómo se comporta. A continuación se forman modelos para explicar el comportamiento. El efecto fotoeléctrico no demuestra que la luz es corpuscular, sino que respalda el modelo corpuscular de la luz. El comportamiento fotoeléctrico se explica mejor con partículas. De igual modo, los experimentos de interferencia respaldan el modelo ondulatorio de la luz. Las ondas explican mejor el comportamiento de interferencia. Podemos tener modelos que nos ayuden a conceptualizar lo que *es* algo; el conocimiento de los detalles acerca de cómo se comporta algo nos ayuda a refinar el modelo. Es importante tener en cuenta que nuestros modelos para comprender la naturaleza sólo son eso: modelos. Si funcionan suficientemente bien, se tiende a pensar que el modelo representa a lo que *es*. (En el siguiente ejercicio habrá más acerca de los modelos.)
19. Una explicación es la siguiente: la luz que se refracta a través del sistema de lentes se comprende con el modelo ondulatorio, cada uno de sus puntos de llegada se puede comprender con el modelo corpuscular de la luz. ¿Cómo? Se debe llegar a la conclusión que hasta los fotones aislados tienen propiedades ondulatorias. Son ondas de probabilidad que determinan dónde es probable y dónde no es probable que vaya el fotón. Esas ondas interfieren en forma constructiva y destructiva en distintos lugares de la película, por lo que los puntos de impacto de los fotones siguen la probabilidad determinada por las ondas.
21. No, la complementariedad no es un compromiso, sino sugiere que lo que se ve depende del punto de vista. Lo que ves al fijarte en una caja, por ejemplo, depende de si la ves del lado, desde arriba, etc. Todas las medidas de energía y materia detectan cuantos en algunos experimentos y ondas en otros. Con la luz se ve el comportamiento corpuscular en la emisión y la absorción, y el comportamiento ondulatorio en la propagación entre emisión y absorción.
23. Absorbiendo la energía del impacto de una partícula o un fotón.
25. Un protón con la misma velocidad que un electrón tiene más cantidad de movimiento que el electrón. En consecuencia, de acuerdo con la ecuación de Broglie, $\lambda = h/p$ (la longitud es inversamente proporcional a la cantidad de movimiento), el protón tiene menor longitud de onda, y el electrón más larga. La fórmula de la longitud de onda en función de la cantidad de movimiento no tiene sentido en el dominio de la física clásica. Pero, ¿por qué suponer que nuestras descripciones del mundo macroscópico cotidiano se aplican al micromundo? No se aplican; por consiguiente se desarrolló la física cuántica.
27. De acuerdo con la fórmula de De Broglie, al aumentar la velocidad aumenta la cantidad de movimiento, y en consecuencia la longitud de onda disminuye.
29. Es obvio que la bala de cañón tiene más cantidad de movimiento que la bola de béisbol que viaje a la misma rapidez; entonces, de acuerdo con la fórmula de De Broglie, la de béisbol tiene mayor longitud de onda. (Las dos longitudes de onda son demasiado pequeñas para poder medirlas.)
31. Los protones de la misma rapidez que los electrones tendrían más cantidad de movimiento y en consecuencia menores longitudes de onda, y por tanto menor difracción. La difracción es una ventaja de las ondas de radio, de gran longitud de onda, que las ayuda a rodear obstrucciones, pero es una desventaja en los microscopios, donde hacen que las imágenes sean confusas. ¿Por qué no hay microscopios de protones? Sí los hay; se les llama aceleradores atómicos. Las grandes cantidades de movimiento de los protones de alta rapidez hacen posible extraer información detallada de la estructura nuclear e iluminan un dominio mucho menor que el tamaño de un solo átomo.
33. La constante de Planck sería mucho mayor que su valor actual.
35. No sabemos si un electrón *es* una partícula o una onda; si sabemos que *se comporta* como una onda cuando va de un lugar a otro, y que se comporta como una partícula cuando llega a un detector. La hipótesis falta de base es que un electrón *debe* ser una partícula o bien una onda. Es frecuente oír que algo sólo puede ser esto o aquello, como si ambas cosas no fueran posibles (como quienes dicen que debemos elegir entre la evolución biológica o la existencia de un ser supremo).

37. El principio de incertidumbre de Heisenberg sólo se aplica a los fenómenos cuánticos. Sin embargo, es una metáfora popular para el macrodominio. Del mismo modo en que la forma en que medimos afecta a lo que se mide, la forma en que expresamos una pregunta influye con frecuencia sobre la respuesta que se obtiene. Entonces, en diversos grados, alteramos lo que deseamos medir en una encuesta de opinión pública. Aunque hay incontables ejemplos de circunstancias que se modifican al medirlas, el principio de incertidumbre sólo tiene significado en el mundo submicroscópico.
39. La pregunta es absurda, y equivale a que se evitarán los tornados al erradicar a las mariposas. Por ejemplo, si una mariposa puede causar un tornado, también lo pueden provocar miles de millones de otras cosas. Al erradicar las mariposas quedarán sin tocar las demás 999,999,999 causas. Además, es tan probable que una mariposa *evite* un tornado como que cause uno.

Soluciones a los problemas del capítulo 31

1. Frecuencia es rapidez / longitud de onda:

$$f = (3 \times 10^8 \text{ m/s}) / (2.5 \times 10^{-5} \text{ m}) = 1.2 \times 10^{13} \text{ Hz.}$$

La energía del fotón es la constante de Planck $\times$ la frecuencia: $E = hf = (6.6 \times 10^{-34} \text{ J s})(1.2 \times 10^{13} \text{ Hz}) = 7.9 \times 10^{-21} \text{ J}$. (En unidades de electrón volt, frecuentes en la física atómica y óptica, es 0.05 eV; más o menos la vigésima parte de la energía que adquiere un electrón al ser acelerado a través de una diferencia de potencial de 1 V. 1 eV es igual a $1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$.)

3. La cantidad de movimiento de la pelota es $mv = (0.1 \text{ kg})(0.001 \text{ m/s}) = 1 \times 10^{-4} \text{ kg m/s}$, y entonces su longitud de onda de De Broglie es $h/p = (6.6 \times 10^{-34} \text{ J s}) / (1 \times 10^{-4} \text{ kg m/s}) = 6.6 \times 10^{-30} \text{ m}$. Es increíblemente pequeña, aún comparada con la diminuta longitud de onda del electrón. No hay esperanza de rodar la pelota con tanta lentitud como para poder apreciar su longitud de onda.

Séptima parte. Física atómica y nuclear

Capítulo 32 El átomo y el cuanto Respuestas a los ejercicios

1. Los fotones de la lámpara ultravioleta tienen mayor frecuencia, energía y cantidad de movimiento. Sólo es mayor la longitud de onda de los fotones que emite el transmisor de TV.
3. La gran concentración de carga positiva y masa en el núcleo del modelo atómico de Rutherford explica la dispersión de las partículas alfa al rebotar en los átomos de oro de la membrana delgada. Esta dispersión no debería suceder si la carga positiva y la masa del átomo estuvieran repartidas en el volumen del átomo, así como una pelota de golf no rebotaría hacia atrás al golpear un trozo de pastel, o hasta al

chocar con una pelota de tenis o con otra pelota de golf. Una pelota de golf rebota hacia atrás si golpea un objeto masivo, como por ejemplo una bola de boliche, y de modo parecido, algunas de las partículas alfa rebotan hacia atrás al encontrarse con el núcleo atómico masivo y el campo eléctrico, enormemente grande que lo rodea.

5. El uranio tiene 92 protones en su núcleo, que tiene 92 veces más carga positiva que el hidrógeno. Esta gran carga atrae a los electrones y sus órbitas son más apretadas. El resultado de lo anterior es que los átomos más pesados no son mucho más grandes que los más ligeros (ve la figura 32.6).
7. Emitiría un espectro continuo. Su energía cambiaría en forma gradual y continua al describir una espiral hacia el interior, e irradiaría a su frecuencia de rotación, que aumentaría en forma continua.
9. Si los intervalos de energía de los dos niveles fueran iguales sólo habría dos líneas espectrales. Observa que una transición entre el tercero y segundo nivel tendría la misma diferencia de energía que una transición entre el segundo y el primero. Entonces, las dos transiciones producirían la misma frecuencia de luz y producirían una línea. La otra línea se debería a la transición del tercer al primer nivel.
11. Si imaginamos a los electrones como en órbita en torno al núcleo, en ondas estacionarias, la circunferencia de esas ondas debe ser un número entero de longitudes de onda. De esta forma, las circunferencias son discretas. Eso quiere decir que los radios de las órbitas son discretos. Como la energía depende de la distancia radial, también los valores de la energía son discretos. (En un modelo ondulatorio más refinado, hay ondas estacionarias tanto en dirección radial como orbital.)
13. Los electrones del helio están en una capa llena. Esto significa que es raro el enlace con otros elementos. El litio tiene dos capas, la primera está llena y la segunda con sólo uno de los ocho electrones en ella, lo que lo hace muy activo con otros elementos.
15. Sí. En los átomos, los electrones se mueven con una rapidez del orden de 2 millones de metros por segundo, y su naturaleza ondulatoria es muy pronunciada.
17. Ambos usan el concepto de Bohr, de niveles de energía en un átomo. Un orbital está representado por una órbita de fácil visualización.
19. La amplitud de una onda material se llama función de onda, representada por el símbolo ψ (psi). Donde ψ es grande, es más probable encontrar la partícula (u otro material). Donde ψ es pequeña, es menos probable encontrar la partícula. (La probabilidad real es proporcional a ψ^2 .)
21. Las leyes de probabilidad aplicadas a uno o a pocos átomos permiten poca posibilidad de predicción; pero cuando se trata de cantidades inmensas de átomos, el caso es totalmente distinto. Aunque es imposible predecir cuál electrón absorberá un fotón en

el efecto fotoeléctrico, sí es posible pronosticar con exactitud la corriente que produce un rayo de luz al iluminar un material fotosensible. No se puede decir dónde llegará determinado fotón a una pantalla en la difracción con doble rendija, pero se puede predecir con gran exactitud las intensidades de un patrón de interferencia de ondas, con un rayo intenso de luz. La predicción de la energía cinética de un átomo determinado al rebotar en una red atómica es muy inexacta, pero predecir la energía cinética promedio de inmensas cantidades de átomos en la misma red, sí es posible y con gran precisión, ya que esa energía se traduce en temperatura. La indeterminación en el nivel cuántico se puede omitir cuando se ve que grandes agregados de átomos se prestan a predicciones macroscópicas de extrema exactitud.

23. Los electrones tienen una masa y una carga definidas, y a veces se pueden detectar en puntos específicos; decimos entonces que tienen propiedades corpusculares. También, los electrones producen efectos de difracción e interferencia, y se dice que tienen propiedades ondulatorias. Sólo hay contradicción si insistimos en que el electrón sólo tiene propiedades de partícula o bien propiedades de onda. Los investigadores ven que los electrones tienen propiedades de partículas y de ondas al mismo tiempo.
25. El principio de correspondencia de Bohr dice que la mecánica cuántica se debe traslapar y concordar con la mecánica clásica en el dominio en que se ha demostrado la validez de la mecánica clásica.
27. El filósofo hablaba de física clásica, la física del mundo macroscópico, donde con gran precisión las condiciones físicas sí producen los mismos resultados. Feynman debe haber estado hablando del dominio cuántico, donde para pocas cantidades de partículas y eventos, no se espera que las mismas condiciones produzcan los mismos resultados.
29. La rapidez de la luz es grande en comparación con las rapideces ordinarias que manejamos en la vida cotidiana. La constante de Planck es pequeña porque determina longitudes de onda de materia ordinaria que son demasiado pequeñas para poderlas detectar, y energías de fotones individuales que son demasiado pequeñas para detectarlos sin ayuda, con nuestros ojos.

Soluciones a los problemas del capítulo 32

1. Cuando $n = 50$, el átomo es $(50)^2$ o 2500 veces mayor que cuando $n = 1$, y entonces su radio es $(2500)(1 \times 10^{-10} \text{ m}) = 2.5 \times 10^{-7} \text{ m}$. El volumen de este átomo ampliado es $(2500)^3$ o 1.6×10^{10} veces mayor que el del átomo en su estado inferior. ¡Cabrían dieciséis mil millones de átomos no excitados dentro del único átomo excitado! (Los átomos de ese tamaño, o mayores, se han visto en fecha reciente, al confinarlos en una región evacuada. Esos átomos gigantes, con sus lejanos electrones enlazados, se llaman átomos de Rydberg.)

Capítulo 33 El núcleo atómico y la radiactividad

Respuestas a los ejercicios

1. Los rayos X son ondas de radiación electromagnética de alta frecuencia, y en consecuencia se parecen más a los rayos gamma, que son ondas electromagnéticas de frecuencia todavía mayor. En contraste, los rayos alfa y beta son haces de partículas materiales.
3. Es imposible que un átomo de hidrógeno emita una partícula alfa, porque ésta consta de cuatro nucleones: dos protones y dos neutrones. Tampoco es posible que un melón de 1 kg se desintegre y forme 4 melones de 1 kg.
5. La partícula alfa tiene carga doble, pero casi 8000 veces la inercia (porque cada uno de los cuatro nucleones tiene casi 2000 veces la masa de un electrón). Aun cuando la partícula alfa es más lenta que el electrón, tiene mayor cantidad de movimiento por su gran masa, y en consecuencia se desvía menos que un electrón en determinado campo magnético.
7. La radiación alfa hace disminuir en 2 unidades al número atómico del elemento que la emite, y en 4 unidades el número de masa. La radiación beta hace aumentar en 1 el número atómico de un elemento, y no afecta al número de masa atómica. La radiación gamma no afecta el número atómico ni el número de masa atómica. Así, la radiación alfa da como resultado el cambio máximo de tanto el número atómico como el número de masa.
9. La radiación gamma predomina dentro del elevador encerrado, porque su estructura protege mejor contra partículas alfa y beta que contra fotones gamma.
11. Una partícula alfa sufre una aceleración debida a la repulsión eléctrica mutua tan pronto como está fuera del núcleo y fuera del alcance de la fuerza nuclear de atracción. Esto se debe a que tiene carga del mismo signo que la del núcleo. Las cargas del mismo signo se repelen.
13. Se repelen debido a la fuerza eléctrica y se atraen entre sí debido a la fuerza nuclear fuerte, que predomina. Si no predominara ¡no habría más átomos que de hidrógeno! Si los protones se separan hasta donde la fuerza eléctrica, de largo alcance, supera a la fuerza fuerte, de corto alcance, salen despedidos.
15. La existencia de núcleos atómicos que contienen muchos protones es la prueba de que algo más fuerte que la repulsión eléctrica hay en el núcleo. Si no fuera una fuerza nuclear fuerte de atracción que evita que la fuerza eléctrica de repulsión separe a los protones, no existiría el núcleo tal como lo conocemos.
17. Un átomo de hidrógeno con carga positiva es un ión, y es el núcleo del átomo, porque no queda electrón. Suele ser un protón, pero podría ser un deuterón o un tritón, uno de los núcleos de los isótopos más pesados del hidrógeno.

19. Una población humana tiene cierta vida media, a partir del nacimiento; es el tiempo durante el cual se muere la mitad. Pero eso no quiere decir que la mitad de los que todavía están vivos morirán en el segundo intervalo igual de tiempo. Para los átomos radiactivos, la probabilidad de "morir" (sufrir desintegración) siempre es igual, independientemente de la edad del átomo. Un átomo joven y uno viejo del mismo tipo tienen exactamente la misma probabilidad de decaer en el siguiente intervalo igual de tiempo. Eso no sucede con los humanos, para quien la probabilidad de morir aumenta con la edad.
21. La trayectoria en espiral de las partículas cargadas en una cámara de burbujas se debe a su desaceleración por los choques con átomos, que normalmente son de hidrógeno, en la cámara. Las partículas cargadas más lentas se desvían más en el campo magnético de la cámara y sus trayectorias se vuelven espirales. Si las partículas cargadas se movieran sin resistencia, sus trayectorias serían círculos o hélices.
23. El número de masa del elemento es $157 + 104 = 261$. Su número atómico es 104; es un elemento transuránico, que en fecha reciente recibió el nombre de rutherfordio.
25. Después de que el núcleo de polonio emite una partícula beta, el número atómico aumenta 1 y es 85; el número másico no cambia y es 218. Sin embargo, si se emite una partícula alfa, el número atómico disminuye 2 y se vuelve 82; el número másico disminuye en 4 y se vuelve 214.
27. Un elemento puede decaer formando un elemento de mayor número atómico emitiendo electrones (rayos beta). Cuando eso sucede, un neutrón del núcleo se transforma en protón, y el número atómico aumenta una unidad.
29. Si el estroncio 90 (número atómico 38) emite radiaciones beta, se debe transformar en el elemento itrio (número atómico 39); en consecuencia, el físico puede analizar una muestra de estroncio para ver si tiene huellas de itrio, con métodos espectrográficos u otros medios. Para comprobar que sea un emisor beta "puro", puede comprobar y asegurarse de que la muestra no está emitiendo radiaciones alfa o gamma.
31. Los elementos atrás del uranio en número atómico, con vidas medias cortas, existen como producto del decaimiento radiactivo del uranio o de otro elemento de muy larga vida: el torio. Durante los miles de millones de años que duran el uranio y el torio, los elementos más ligeros se renovarían continuamente.
33. Tu amigo encontrará más radiactividad en los afloramientos de granito que si viviera cerca de una central nuclear. Además, a gran altitud, tu amigo estará sometido a mayor radiación cósmica. Pero las radiaciones que hay en la cercanía de la central o del afloramiento de granito, o a grandes altitudes, no son muy diferentes que la que se encuentra uno en la "más segura" de las situaciones. ¡Aconseja a tu amigo que goce de la vida, de cualquier modo!
35. Aunque hay bastante más radiactividad en una central de energía nuclear que en una de carbón, casi nada de la radiactividad escapa en la planta nuclear, mientras que la mayor parte de la radiactividad que haya en una carboeléctrica sí escapa, por las chimeneas. En consecuencia, una central eléctrica de carbón inyecta más radiactividad al ambiente que una central nuclear característica. (Desafortunadamente, si dices eso a las personas que encuentres en una reunión social normal ¡te van a ver como que eres aliado de Darth Vader!)
37. El alimento irradiado no se vuelve radiactivo al exponerlo a los rayos gamma. Se debe a que los rayos gamma no tienen la energía necesaria para iniciar las reacciones nucleares en los átomos del alimento, que los pudieran transformar en radiactivos.
39. Las tablillas de piedra no pueden ser fechadas con la técnica del radiocarbono. La piedra inerte no ingiere carbón ni lo transforma por decaimiento radiactivo. El fechado con carbón funciona para el material orgánico.

Soluciones a los problemas del capítulo 33

- Al final del segundo año, quedará $1/4$ de la muestra original; al final del tercer año, quedará $1/8$ y al final del cuarto año quedará $1/16$.
- Quedará $1/16$ después de 4 vidas medias, y entonces $4 \times 30 = 120$ años.
- La intensidad baja en un factor de 16.7 (de 100% a 6%). ¿Cuántos factores de 2 es lo anterior? Más o menos 4, porque $2^4 = 16$. Entonces, la edad del artefacto es más o menos 4×5730 años; aproximadamente 23,000 años.

Capítulo 34 Fisión y fusión nuclear Respuestas a los ejercicios

- El uranio enriquecido, que contiene más de 99% del isótopo no fisionable U 238, sufre una reacción en cadena sólo si está mezclado con un moderador para desacelerar los neutrones. El uranio del mineral está mezclado con otras sustancias que impiden la reacción y no tiene algo que desacelere los neutrones, por lo que no sucede una reacción en cadena. (Sin embargo, hay pruebas de que hace varios miles de millones de años, cuando era mayor el porcentaje de U 235 en el mineral de uranio, existía un reactor natural en Gabón, África occidental.)
- Un reactor de fisión tiene una masa crítica. Su tamaño mínimo, incluyendo el moderador, enfriador, etc., es demasiado grande como para impulsar un vehículo pequeño (aunque es práctico como fuente de energía para submarinos y barcos). En forma indirecta, se puede usar la fisión para impulsar automóviles generando electricidad con la que se carguen los acumuladores de los automóviles eléctricos.

5. En una pieza grande de material fisionable, un neutrón puede alejarse más a través del material, antes de llegar a una superficie. Los volúmenes grandes de material fisionable tienen un área proporcionalmente menor en comparación con sus mayores volúmenes, y en consecuencia pierden menos neutrones.
7. La distancia promedio aumenta. Es más fácil imaginar el proceso opuesto en el que al romper grandes trozos y hacerlos pequeños disminuye la distancia que puede recorrer un neutrón estando siempre dentro del material. Aumenta la proporción de superficie al disminuir el tamaño, y es la causa de que se deba romper un cubo de azúcar para aumentar el área expuesta al líquido para disolverse con rapidez en el té. En el caso del combustible de uranio, el proceso de reunir piezas pequeñas para formar una sola pieza grande aumenta la distancia de recorrido, disminuye la superficie, se reduce la fuga de neutrones y se aumenta la probabilidad de una reacción en cadena y una explosión.
9. El plutonio tiene una vida media relativamente corta (24,360 años), por lo que todo el plutonio que pudiera haber habido en la corteza terrestre ya se desintegró desde hace mucho tiempo. Lo mismo sucede con todos los elementos más pesados, con vidas medias todavía más cortas, de donde se pudo haber originado el plutonio. Sin embargo, hay trazas de plutonio que acompañan al U 238 en la naturaleza, que se producen por la captura de neutrones: el U 238 se transforma en U 239, que después de una emisión beta se transforma en Np 239; éste se sigue transformando por emisión beta en Pu 239. (Hay elementos en la corteza terrestre con vidas medias todavía menores que la del plutonio, pero son los productos de la desintegración del uranio; están entre el uranio y el plomo en la tabla periódica de los elementos.)
11. El núcleo que resulta es ${}_{92}\text{U}^{233}$. El número de masa aumenta en 1 y el número atómico aumenta en 2. El U 233, al igual que el U 235, es fisionable con neutrones lentos. (Observa la semejanza con la producción del ${}_{94}\text{Pu}^{239}$ a partir del ${}_{92}\text{U}^{238}$.)
13. Cuando un neutrón rebota en un núcleo de carbono, este último rebota, toma algo de energía del neutrón lo desacelera y lo hace más efectivo para estimular los eventos de fisión. Un núcleo de plomo es tan masivo que casi no tiene retroceso. El neutrón rebota prácticamente sin perder energía y sin cambiar de rapidez, como una canica que rebota contra una bola de boliche.
15. Si la diferencia en masa para cambios en el núcleo atómico aumentara diez veces (de 0.1 % a 1.0 %), la liberación de energía en esas reacciones aumentaría también diez veces.
17. La combustión química y la fusión nuclear requieren de una temperatura mínima de ignición para comenzar, y en ambos casos la reacción se propaga por el calor que pasa de una región a las regiones vecinas. No hay masa crítica. Se puede almacenar cualquier cantidad de combustible termonuclear o combustible químico.
19. Cada fragmento contendría 46 protones (la mitad de 92) y 72 neutrones (la mitad de 144), formando el núcleo del Pd 118, un isótopo del paladio, elemento número 46. Si se emitieran dos neutrones, los fragmentos idénticos seguirían siendo isótopos del paladio; pero serían de Pd 117 y no de Pd 118.
21. Para fundir núcleos pesados (la forma en que se fabrican los elementos transuránicos) se requiere energía. La masa total de los productos es mayor que la masa total de los núcleos que se funden.
23. Se desprendería energía al fisionar oro y en la fusión del carbón; pero a partir del hierro, ni con fisión ni con fusión. Ni la fusión ni la fisión causarían disminución de la masa, como en el caso del hierro.
25. Si las masas de los nucleones variaran de acuerdo con la forma de la curva de la figura 34.15, en lugar de la de la figura 34.16, al fisionar todos los elementos se liberaría energía, y todos los procesos de fusión absorberían energía, más que liberarla. Esto se debe a que todas las reacciones de fisión (disminución de número atómico) darían como resultado núcleos con menos masa por nucleón, y todas las reacciones de fusión (aumento de número atómico) causarían lo contrario, núcleos de mayor masa por nucleón.
27. Aunque se desprende más energía en la fisión de un solo núcleo de uranio que en la fusión de un par de núcleos de deuterio, la cantidad mucho mayor de átomos de deuterio (ligeros) en un gramo de materia da como resultado la liberación de más energía por gramo para la fusión del deuterio.
29. Una bomba de hidrógeno produce gran cantidad de energía de fisión, además de la energía de fusión. Algo de la fisión se debe al "detonador" de bomba de fisión que se usa para iniciar la reacción termonuclear, y algo se debe al material fisionable que rodea al combustible termonuclear. Los neutrones producidos en la fusión provocan más fisiones en esta cubierta. La precipitación radiactiva se debe principalmente a la fisión.
31. La energía solar es nuestra principal fuente, que en sí misma es la energía de fusión. El dominio de esa energía ha resultado ser un desafío formidable.
33. Los minerales que se extraen ahora pueden reciclarse una y otra vez con la operación del soplete de fusión. Este reciclado tendería a reducir, pero no eliminaría, el papel que tiene la minería en el suministro de materias primas.
35. Las listas pueden ser muy grandes. Las consideraciones principales son las siguientes: las centrales convencionales, de combustible fósil, consumen nuestros recursos naturales y los convierten en gases de invernadero y en contaminantes nocivos que se descargan en la atmósfera, produciendo, entre otras cosas, cambios del clima global y la lluvia ácida. En las plantas nucleares el problema ambiental es menor, porque no contaminan la atmósfera. La contaminación debida a las plantas nucleares se concentra en los productos de desecho radiactivos del

núcleo del reactor. Toda discusión racional acerca de los inconvenientes de alguna de estas fuentes de energía debe tener en cuenta que *las dos* son contaminantes, por lo que el argumento se reduce a qué forma de contaminación estamos más dispuestos a aceptar como recompensa de la energía eléctrica. Antes de decir "¡no nuclear!" el pensamiento racional indica que primero se pueda decir "¡conozco lo nuclear!"

37. Los núcleos tendrán carga positiva y se moverán hacia la placa negativa, alejándose de la positiva. Los electrones, siendo negativos, se moverán en dirección contraria, hacia la placa positiva, alejándose de la negativa.
39. Los núcleos ligeros, con menos masa, se desviarán más, mientras que los de más masa se desviarán menos, debido a su mayor inercia. El espectrómetro de masa desvía los iones en la misma forma: los iones menos masivos describen trayectorias circulares de radios pequeños, y los más masivos en círculos más grandes. De esta forma los iones se separan de acuerdo con su masa.

Soluciones a los problemas del capítulo 34

1. La energía liberada por la explosión, en kilocalorías, es $(20 \text{ kilotoneladas})(4.2 \times 10^{12} \text{ J/kilatonelada})/(4184 \text{ J/kilocaloría}) = 2.0 \times 10^{10} \text{ kilocalorías}$. Esta energía basta para calentar 1°C la cantidad de $2.0 \times 10^{10} \text{ kg}$ de agua. Al dividir entre 50, llegamos a la conclusión que esta energía puede calentar $4.0 \times 10^8 \text{ kilogramos}$ de agua a 50°C . Esto es casi medio millón de toneladas.
3. El neutrón y la partícula alfa salen despedidos con cantidades de movimiento iguales y opuestas. Pero como el neutrón tiene la cuarta parte de la masa de la partícula alfa, tiene cuatro veces más rapidez. A continuación se tiene la ecuación de la energía cinética: $EC = (1/2)mv^2$. Para el neutrón, $EC = (1/2)m(4v)^2 = 8mv^2$, y para la partícula alfa, $EC = (1/2)(4m)v^2 = 2mv^2$. Las EC están en relación de 8 a 2, o de 80/20. Se ve entonces que el neutrón obtiene el 80% de la energía, y la partícula alfa, el 20%. Método alternativo: las expresiones de cantidad de movimiento y EC se pueden combinar y resulta $EC = p^2/2m$. Esta ecuación indica que si las partículas tienen la misma cantidad de movimiento, la EC es inversamente proporcional a la masa.

Octava parte. Relatividad

Capítulo 35 Teoría de la relatividad especial Respuestas a los ejercicios

1. Los efectos de la relatividad se acentúan sólo a rapididades cercanas a la de la luz, o cuando cambian las energías en cantidades comparables a mc^2 . En nuestro mundo "no relativista", no los percibimos, mientras que sí percibimos los eventos regidos por la mecánica clásica. Entonces la mecánica de Newton es consistente con nuestro sentido común, que se basa

en la experiencia cotidiana, pero la relatividad de Einstein no es consistente con el sentido común. Sus efectos salen de nuestra experiencia cotidiana.

3. (a) La bala se mueve con más rapidez en relación con el suelo cuando el tren se mueve (avanza). (b) La bala se mueve a la misma rapidez en relación con el furgón, esté o no moviéndose el tren.
5. Michelson y Morley consideraron que su experimento falló en el sentido que no confirmó el resultado que se esperaba. Lo que se esperaba era encontrar y medir diferencias en la rapidez de la luz, y sucedió que no fue cierto. El experimento tuvo un gran éxito en el sentido que abrió las puertas a las nuevas perspectivas de la física.
7. La rapidez *promedio* de la luz en un medio transparente es menor que c , pero en el modelo de la luz que se describió en el capítulo 25, los fotones que forman el haz se mueven a c en el vacío entre los átomos del material. En consecuencia, la rapidez de los fotones individuales siempre es c . En cualquier caso, el postulado de Einstein es que la rapidez de la luz en el espacio *libre* es invariante.
9. Todo es cuestión de velocidades relativas. Si dos marcos de referencia están en movimiento relativo, los eventos pueden presentarse en el orden AB en uno, y en BA en el otro (ve el siguiente ejercicio).
11. Se debe agregar más y más energía en un objeto que acelera a rapididades cada vez mayores. Esta energía se traduce en aumentos de cantidad de movimiento. Al acercarse a la rapidez de la luz, la cantidad de movimiento del objeto tiende al infinito. Desde este punto de vista hay una resistencia infinita a cualquier aumento más de la cantidad de movimiento, y en consecuencia de la rapidez. Por consiguiente, c es la rapidez límite para las partículas materiales. (La energía cinética, de igual manera, tiende al infinito a medida que se acerca uno a la rapidez de la luz.)
13. Los puntos en movimiento no son cosas materiales. No hay masa ni información que pueda moverse con más rapidez que c , y los puntos que se describieron así no son masa ni información. En consecuencia, su movimiento más rápido no contradice la relatividad especial.
15. Cuando se dice que la luz recorre cierta distancia en 20,000 años se habla de distancia, en nuestro marco de referencia. Desde el marco de referencia de un astronauta en el espacio, esta distancia puede ser bastante menor, quizá lo bastante corta como para recorrerla en unos 20 años de su tiempo (moviéndose, ciertamente, a una rapidez cercana a la de la luz). Algún día, los astronautas podrán viajar a destinos alejados a muchos años luz en cosa de meses, en su marco de referencia.
17. Un gemelo que hace un largo viaje a rapididades relativistas regresa siendo más joven que el que se queda en casa, pero los dos son más viejos que cuando se separaron. Si se pudieran verse durante el viaje,

Física

CONCEPTUAL

en ningún momento verían una inversión de la edad; sólo una desaceleración o una aceleración del envejecimiento. Una inversión hipotética sólo se tendría para rapidez mayores que la de la luz.

19. Si estuvieras en un cohete de alta rapidez (¡o sin rapidez!) no notarías cambios en tu pulso ni en tu volumen. Eso se debe a que la rapidez entre el observador, esto es entre ti, y lo observado, que eres tú, es cero. No hay efecto relativista cuando el observador y el observado están en el mismo marco de referencia.
21. No se aconsejaría esa cita, porque si tú y tu dentista se movieran en forma distinta entre hoy y el jueves próximo, no se pondrían de acuerdo en la hora que es. Si tu dentista saltara a una galaxia distinta para pasar su fin de semana ¡ni siquiera se pondrían de acuerdo en qué día es!
23. Alargada, como una elipse; más larga en la dirección del movimiento que perpendicularmente a ella. La contracción de Lorentz acorta el eje mayor de la forma elíptica y lo hizo acortarse hasta la longitud del eje menor. (Un círculo en movimiento, como por ejemplo la rueda de la bicicleta relativista del nieto Manuel con su perro Grey, se contrae y parece más corta en la dirección del movimiento que perpendicularmente a esa dirección.) Si parece circular al observador en el suelo, debe ser mayor en la dirección del movimiento, de acuerdo con la persona que se moviera con ella.
25. Cambian tanto la frecuencia como la longitud de onda de la luz (y en consecuencia cambia la dirección de su movimiento). Su rapidez permanece igual.
27. La regla parecerá tener medio metro de longitud cuando se mueve en dirección paralela a la de su longitud. ¿Por qué la mitad de su longitud? Porque tiene una cantidad de movimiento igual $2mv$ y su rapidez es de $0.87c$.
29. Para el electrón en movimiento, la contracción de longitud reduce la longitud aparente del tubo de 2 millas. Como su rapidez es casi igual a la de la luz, la contracción es grande.
31. El baño ácido donde se disolvió el alfiler trabado estará un poco más caliente y (en principio) tendrá un poco más de masa. La energía potencial adicional del alfiler asegurado se transforma en un poco más de masa.
33. Para hacer que los electrones golpeen la pantalla con determinada velocidad, se les debe comunicar mayor cantidad de movimiento y más energía que si fueran partículas no relativistas. Esta energía adicional es suministrada por la compañía eléctrica. ¡Tú pagas la cuenta!

35. $E = mc^2$ quiere decir que la energía y la masa son dos caras de la misma moneda, de masa-energía. La c^2 es la constante de proporcionalidad que vincula las unidades de energía y masa. En sentido práctico, energía y masa son una sola cosa. Cuando algo gana energía, gana masa. Cuando algo pierde energía, pierde masa. La masa no es más que energía congelada.
37. Así como se requiere tiempo para conocer los eventos lejanos que llegan a los ojos, se requiere un tiempo menor, pero finito, para que la información de eventos cercanos llegue a los ojos. Entonces, la respuesta es sí, siempre hay un intervalo finito entre un evento y nuestra percepción del mismo. Si el dorso de la mano está a 30 cm de los ojos, lo ves como era hace un mil millonésimo de segundo antes.
39. La afirmación de Kierkegaard "la vida sólo se puede comprender hacia atrás, pero se debe vivir hacia adelante" es consistente con la relatividad especial. Sin importar cuánto tiempo se haya dilatado como resultado de altas velocidades, un viajero en el espacio sólo puede desacelerar el paso del tiempo hasta el de diversos marcos de referencia, pero nunca lo puede invertir; la teoría no prevé viajar hacia atrás en el tiempo. El tiempo, sea con la rapidez que sea, sólo fluye hacia adelante.

Soluciones a los problemas del capítulo 35

1. La frecuencia y el periodo son recíprocos entre sí (capítulo 18). Si la frecuencia aumenta al doble, el periodo baja a la mitad. Para el movimiento uniforme sólo siente uno que pasa la mitad del tiempo entre los destellos que tienen el doble de frecuencia. Cuando el movimiento es acelerado, el caso es distinto. Si la fuente aumenta su rapidez al acercarse, cada destello sucesivo tiene una distancia que recorrer cada vez menor, y la frecuencia aumenta más y el periodo disminuye con el tiempo.

$$3. v = \frac{c + c}{1 + \frac{c^2}{c^2}} + \frac{2c}{1 + 1} = c$$

5. En el problema anterior se ve que para $v = 0.99c$, γ es 7.1. La cantidad de movimiento del autobús es más de siete veces mayor que la calculada si fuera válida la mecánica clásica. Lo mismo sucede con los electrones o con cualquier cosa que viaje a esa rapidez.
7. Cuando $v = 0.10c$, γ es $1/\sqrt{1 - (v^2/c^2)} = 1/\sqrt{1 - (0.10)^2} = 1/\sqrt{1 - 0.01} = 1/\sqrt{0.99} = 1.005$. Medirías que la siesta del pasajero duró 1.005 (5 min) = 5.03 min.
9. Cuando $v = 0.5c$, γ es $1/\sqrt{1 - (v^2/c^2)} = 1/\sqrt{1 - 0.25} = 1/\sqrt{0.75} = 1.15$. Al multiplicar 1 h de tiempo del taxi por γ da co-

mo resultado 1.15 h de tiempo en la Tierra. El pago al conductor será 11.5 estelares por el viaje.

Capítulo 36 Teoría de la relatividad general Respuestas a los ejercicios

- De acuerdo con el principio de equivalencia, no puede uno diferenciar entre movimiento acelerado y gravitación. El efecto de cada uno es idéntico. Así, a menos que tenga otras pistas, no podrá decir a qué se debe.
- Un astronauta en órbita se encuentra en un marco de referencia acelerado y siente la gravedad. Pero el astronauta no tiene peso, porque el efecto de la gravedad y el efecto de la aceleración de su marco de referencia se anulan. Lo mismo sucede en el caso de la caída libre.
- El viejo Julio cometió un error aquí. En una nave espacial que deriva por el espacio, sea bajo la influencia de la Luna, la Tierra o de cualquier campo gravitacional, la nave y sus ocupantes están en un estado de caída libre, y en consecuencia no hay sensación de arriba o abajo. Los ocupantes de una nave espacial sentirían su peso, o tendrían la noción de arriba y abajo, sólo si se hiciera acelerar a la nave, por ejemplo contra sus pies. Entonces podrían pararse y sentir que abajo es hacia sus pies, y arriba hacia su cabeza.
- No notamos la desviación de la luz debida a la gravedad en nuestro ambiente cotidiano, porque la gravedad que sentimos es demasiado débil como para tener un efecto apreciable. Si hubiera agujeros negros cerca de nosotros, sería muy notable la flexión de la luz cerca de ellos.
- Un rayo de luz que se mueve horizontalmente durante un segundo en un campo gravitacional de $1g$ de intensidad caerá una distancia vertical de 4.9 metros, igual que la pelota de béisbol. Esto es siempre que permanezca dentro de un campo de $1g$ durante un segundo, porque en ese segundo viajaría 300,000 kilómetros, casi 25 diámetros terrestres, muy alejado de la superficie de la Tierra, que es donde el campo es de $1g$ (a menos que se confinara, con espejos, a la región de $1g$, como se ve en la figura 36.8). Si la luz viajara durante 2 segundos en una región de $1g$, caería $1/2 g 2^2 = 19.6$ metros.
- El reloj se atrasa en el fondo de un pozo profundo, en comparación con la superficie, porque al bajar nos estamos moviendo en la dirección en que actúa la fuerza gravitacional, lo que tiene como consecuencia retrasar los relojes.
- La luz tendría corrimiento hacia el rojo. El automóvil que acelera equivale a uno estacionario, parado verticalmente con su extremo trasero hacia abajo. La luz que va desde atrás hacia adelante del automóvil que acelera se comporta como si fuera hacia arriba, alejándose de la superficie de un planeta. Tiene un corrimiento gravitacional hacia el rojo. (Si tu amigo se acercara a ti, el caso sería distinto. Entonces, el efecto Doppler, debido a su movimiento relativo, produciría un corrimiento hacia el azul. Pero en este ejemplo, sin movimiento relativo no hay efecto Doppler. Sólo queda el efecto de la gravedad, o el de una aceleración equivalente.)
- Se retrasará un poco. Para los observadores en la Tierra esto se debe a que al mover un reloj desde un polo al ecuador, se mueve en dirección de la fuerza centrífuga, que desacelera la rapidez con que funcionan los relojes (igual que si se moviera en dirección de una fuerza gravitacional). Para los observadores de fuera, en un marco inercial, el retraso del reloj en el ecuador es un ejemplo de la dilatación del tiempo, efecto de la relatividad especial causado por el movimiento del reloj. (El caso se parece mucho al que se ve en la figura 36.9.)
- Prudencia es mayor. El tiempo de Caridad avanza más despacio mientras está en la orilla del reino rotatorio (ve la figura 36.9).
- La luz que emite la estrella tiene corrimiento hacia el rojo. Esto se puede interpretar como el resultado de la gravedad, que desacelera el tiempo en la superficie de la estrella, o que la gravedad toma energía de los fotones cuando se propagan alejándose de la estrella.
- El astronauta que cae en el agujero negro vería que el resto del universo tiene corrimiento al azul. Su escala de tiempo se desacelera, lo cual hace que las escalas de tiempo se aceleren en todos los demás lugares. El corrimiento al azul también se puede interpretar como resultado de la gravedad del agujero negro, que agrega energía a los fotones que "caen" en él. Mayor energía equivale a mayor frecuencia.
- Sí. Si la estrella tiene la masa suficiente y está suficientemente concentrada, su gravedad podría ser lo bastante grande como para hacer que la luz siguiera una trayectoria circular. Es lo que hace en el "horizonte" de un agujero negro.
- Sí. Por ejemplo, coloca el Sol inmediatamente afuera de uno de los lados de la figura 36.14.
- La masa oscilante (o con más generalidad, la masa acelerada) es el mecanismo de emisión de ondas gravitacionales, de igual manera que la carga oscilante, o acelerada, es el mecanismo de emisión de ondas electromagnéticas. Cuando se absorbe, una onda gravitacional puede poner a oscilar una masa, del mismo modo que una onda electromagnética que se absorbe puede poner en oscilación a una carga. (Los investigadores que tratan de detectar ondas gravitacionales deben detectar oscilaciones diminutas de materia causadas por la absorción de esas ondas. Ve la figura 36.17.)
- Es pregunta abierta.

Apéndice E Crecimiento exponencial y tiempo de duplicación
Respuestas a las preguntas para meditar

1. Un dólar pierde la mitad de su valor al aumentar al doble el tiempo, en una economía inflacionaria; esto es, $70/7\% = 10$ años. Si el dólar se presta al 7% de interés compuesto, no se pierde nada.
3. Para una tasa de crecimiento de 5%, 42 años es tres tiempos de aumento al doble ($70/5\% = 14$ años; $42/14 = 3$). Tres tiempos de aumento al doble equivalen a un aumento a 8 veces. Entonces, en 42 años la ciudad debería tener 8 plantas de tratamiento de aguas negras para quedar con igual carga que en la actualidad, y más de 8 para que se reduzca la carga a cada una de ellas dando servicio a una población 8 veces mayor.
5. Al duplicar durante 30 días comenzando con un centavo ¡ganarás \$10,737,418.23!
7. En general se reconoce que si la raza humana ha de sobrevivir y atenuar, aunque sea parte de la miseria que aflige a tantos hombres, se deben reducir las tasas actuales de crecimiento de población y de consumo de energía. Las probabilidades de alcanzar menores tasas de crecimiento son mayores en un clima de energía escasa que en uno de energía abundante. Es de esperarse que cuando la fusión sea una fuente viable de energía, habremos aprendido a optimizar nuestros números y a usar la energía con más sabiduría.

Muestra de examen sobre MECÁNICA

Escribe la MEJOR respuesta en cada uno de los cuadros. No se castigan las adivinanzas. ¡Buena suerte!

1. La aceleración de una bola de boliche que rueda por una mesa horizontal lisa es

☐ a. cero b. más o menos 10 m/s^2 c. constante.

2. Estás parado al borde de un acantilado y arrojas hacia abajo una piedra, y otra piedra horizontalmente con la misma rapidez. La piedra que permanece más tiempo en el aire es la que arrojaste

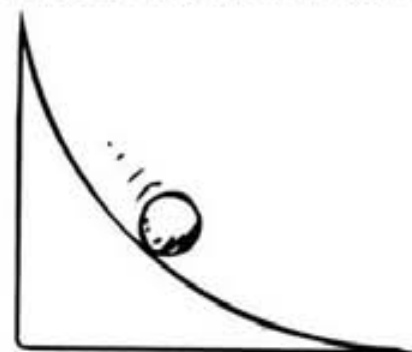
☐ a. hacia abajo b. horizontalmente c. las dos tardan lo mismo.

3. Si un objeto se mueve en una trayectoria rectilínea, *debe*

☐ a. acelerar b. estar sometido a una fuerza c. las dos cosas anteriores d. nada de lo anterior.

4. Una piedra pesada y una ligera en caída libre tienen la misma aceleración. *La razón* por la que la piedra pesada no tiene más aceleración es porque

☐ a. la fuerza de gravedad sobre cada una es igual
b. no hay resistencia del aire
c. la inercia de ambas piedras es igual
d. todo lo anterior
e. nada de lo anterior.



5. Una esfera rueda hacia abajo por una rampa curva, como

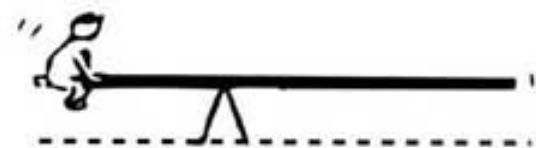
☐ se ve en la figura. Al aumentar su rapidez, su tasa de aumento de rapidez
a. aumenta b. disminuye c. queda igual.

6. Aplica la ecuación $Ft = \Delta mv$ al caso de una persona que cae sobre un piso de madera. Si v es la rapidez de la persona al golpear el piso, m es

☐ a. la masa de la persona b. la masa del piso c. ambas cosas anteriores d. nada de lo anterior.

7. Al ver el sube y baja se puede apreciar que, en comparación con el peso del niño, el de la tabla es

☐ a. mayor b. menor c. igual d. no se puede apreciar.



8. Un par de pelotas de tenis caen por el aire, desde un edificio alto. Una es normal y la otra está llena de municiones de plomo. La que llega primero al piso es la

☐ a. normal b. rellena de plomo c. llegan igual.

9. El mismo par de pelotas de tenis (normal y llena de plomo) caen desde un edificio alto. La resistencia del aire inmediatamente antes de llegar al piso es en realidad mayor para la

☐ a. normal b. rellena de plomo c. es igual para ambas.

10. Cuando un rifle dispara una bala, la fuerza que acelera la bala tiene igual magnitud que la que hace retroceder al rifle. Pero en comparación con el rifle, la bala tiene mayor

☐ a. inercia b. energía potencial c. energía cinética d. cantidad de movimiento.

11. La razón de la respuesta en la pregunta anterior tiene que ver con que la fuerza sobre la bala actúa durante

☐ a. el mismo tiempo b. la misma distancia c. mayor distancia d. nada de lo anterior.

12. ¿Qué actúa con mayor fuerza sobre los mares en la Tierra?

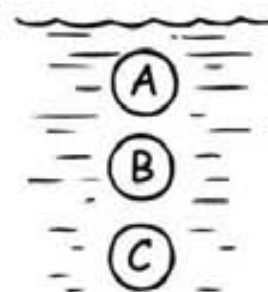
☐ a. la Luna b. el Sol c. los dos igual.

1a, 2b, 3d, 4e, 5b, 6a, 7a, 8b, 9b, 10c, 11c, 12b.

Muestra de examen sobre PROPIEDADES DE LA MATERIA

Escribe la MEJOR respuesta en cada uno de los cuadros. No se castigan las adivinanzas. ¡Buena suerte!

1. Lo que hace que un elemento sea distinto a otro es la cantidad de
☐ a. protones en su núcleo
☐ b. neutrones en su núcleo
☐ c. electrones en su núcleo
☐ d. total de partículas en su núcleo.
2. En el núcleo atómico de cierto elemento hay 26 protones y 28 neutrones. El NÚMERO ATÓMICO de
☐ ese elemento es
☐ a. 26 b. 27 c. 28 d. 54 e. ninguno de los anteriores.
3. ¿Qué tiene mayor tamaño? ¿Un kilogramo de aluminio o un kilogramo de plomo?
☐ a. el aluminio b. el plomo c. son iguales.
4. Imagina dos naranjas, una con el doble del diámetro que la otra. ¿Cuántas veces pesa la naranja
☐ mayor?
☐ a. el doble b. cuatro veces c. ocho veces d. dieciseis veces e. nada de lo anterior.
5. Imagina las mismas dos naranjas, una con diámetro doble que la otra. ¿Cuánta más cáscara tiene la
☐ naranja mayor?
☐ a. dos veces b. cuatro veces c. ocho veces d. dieciseis veces e. nada de lo anterior.
6. Tres bolas de boliche se cuelgan a varias profundidades dentro del agua,
☐ como se ve al lado. La fuerza de flotación es máxima en la bola
☐ a. A b. B c. C d. es igual en cada una.
7. En comparación con un barco vacío, uno que cargue espuma de estireno
☐ a. se hunde más
☐ b. se hunde menos
☐ c. no cambia de nivel.
8. Una piedra desplaza la máxima cantidad de agua cuando
☐ a. flota sobre una bandeja ligera b. está sumergida c. ...es igual en cada caso.
9. Dos salvavidas tienen volúmenes idénticos, pero uno está lleno con espuma de estireno y el otro es-
☐ tá lleno de arena. Cuando los dos están totalmente hundidos, la fuerza de flotación es mayor sobre
☐ el que está lleno de
☐ a. espuma
☐ b. arena
☐ c. igual, porque sus volúmenes son iguales.
10. A medida que un globo lleno de aire y lastrado se hunde cada vez más en el agua, la fuerza de flota-
☐ ción que se ejerce sobre él
☐ a. aumenta b. disminuye c. permanece esencialmente igual.
11. Un globo lleno de aire se comprime hasta la mitad de su tamaño; la presión en su interior
☐ a. aumenta b. disminuye a la mitad c. sube al doble d. nada de lo anterior.
12. A medida que un globo lleno de helio sube por el aire, se vuelve
☐ a. más ligero b. menos denso c. no flotante d. todo lo anterior e. nada de lo anterior.



1a, 2a, 3a, 4c, 5b, 6d, 7a, 8a, 9c, 10b, 11c, 12b.

Muestra de examen sobre CALOR

Escribe la MEJOR respuesta en cada uno de los cuadros. No se castigan las adivinanzas. ¡Buena suerte!

1. En una mezcla de hidrógeno, oxígeno y nitrógeno gaseosos, las moléculas que tienen la máxima rapidez promedio son las de
☐ a. hidrógeno
☐ b. oxígeno
☐ c. nitrógeno
☐ d. ...todas tienen la misma rapidez a la misma temperatura.
2. La razón por la que las chispas al rojo blanco producidas por luces de Bengala y que llegan a tu cara no te queman es que
☐ a. tienen baja temperatura
☐ b. la energía por molécula es muy baja
☐ c. la energía por molécula es alta, pero es poca la que se transfiere porque en la chispa hay relativamente pocas moléculas.
3. Cuando se enfría un trozo de metal con un agujero, el diámetro del agujero
☐ a. aumenta b. disminuye c. queda de igual tamaño.
4. Si el agua tuviera mayor calor específico, en climas fríos los estanques
☐ a. se congelarían con menos probabilidad
☐ b. se congelarían con más probabilidad
☐ c. se congelarían con una probabilidad ni mayor ni menor.
5. Imagina una muestra de agua a 2 °C. Si su temperatura aumenta un poco, por ejemplo un grado, el volumen del agua
☐ a. aumenta b. disminuye c. queda igual.
6. La temperatura del agua en el fondo de un lago profundo cubierto de hielo es
☐ a. un poco menor que la temperatura de congelación
☐ b. igual que la temperatura de congelación
☐ c. algo mayor que la temperatura de congelación.
7. La principal razón por la que se puede caminar descalzo sobre brasas de carbón de madera sin quemarse los pies tiene que ver con
☐ a. la baja temperatura de los carbones
☐ b. la baja conductividad térmica de los carbones
☐ c. técnicas mentales sobre la materia.
8. Si las moléculas más lentas en un líquido se evaporaran con mayor probabilidad, la evaporación haría que el líquido restante estuviera
☐ a. más caliente b. más frío c. ni más caliente ni más frío que sin evaporación.
9. Al fundir el hielo, en realidad
☐ a. los alrededores tienden a calentarse
☐ b. los alrededores tienden a enfriarse
☐ c. no tiene efecto sobre la temperatura de los alrededores.
10. Imagina un trozo de metal que tiene 5 °C de temperatura. Si se calienta hasta que tenga el doble de la energía interna, su temperatura será
☐ a. 10 °C b. 273 °C c. 278 °C d. 283 °C e. 556 °C.

1a, 2c, 3b, 4a, 5b, 6c, 7b, 8a, 9b, 10d.

Muestra de examen sobre SONIDO

Escribe la MEJOR respuesta en cada uno de los cuadros. No se castigan las adivinanzas. ¡Buena suerte!

1. Una parte de agua oscila hacia arriba y hacia abajo, dos ciclos completos, al pasar una onda. La longitud de esa onda es 5 metros. ¿Cuál es su rapidez?
☐ a. 2 m/s b. 5 m/s c. 10 m/s d. 15 m/s e. ninguna de las anteriores.
2. Una onda con 60 vibraciones por segundo recorre 30 metros en un segundo. Su frecuencia es
☐ a. 30 hertz, y se propaga a 60 m/s
☐ b. 60 hertz, y se propaga a 30 m/s
☐ c. ninguna de las anteriores.
3. Una masa en el extremo de un resorte sube y baja un ciclo completo cada dos segundos. Su frecuencia es
☐ a. 0.5 Hz b. 2 Hz c. ninguna de las anteriores.
4. Cuando una fuente de sonido se te acerca, percibes un aumento en su
☐ a. rapidez b. longitud de onda c. frecuencia d. todo lo anterior.
5. Cierto o falso: un estampido sónico se produce normalmente cuando un avión pasa de rapidez subsónica a supersónica.
☐ a. cierto b. falso.
6. La rapidez del sonido en el aire depende de
☐ a. su frecuencia
☐ b. su longitud de onda
☐ c. la temperatura del aire
☐ d. todo lo anterior
☐ e. ninguna de ellas.
7. Un cantante sostiene una nota aguda y rompe una copa de cristal que se encuentra a lo lejos. Este fenómeno demuestra muy bien
☐ a. las vibraciones forzadas
☐ b. el efecto Doppler
☐ c. la interferencia
☐ d. la resonancia.
8. Para poner en resonancia un diapasón de 400 Hz, lo mejor es usar otro de
☐ a. 200 Hz b. 400 Hz c. 800 Hz d. cualquiera de los anteriores.
9. ¿Más o menos cuántas octavas hay entre 100 Hz y 1600 Hz?
☐ a. 4 b. 5 c. 6 d. 7 e. 8.
10. Cierto o falso: Toda onda de radio se propaga con más rapidez, bajo todas las condiciones, que cualquier onda sonora.
☐ a. cierto b. falso.

1c, 2b, 3a, 4c, 5b, 6c, 7d, 8b, 9a, 10a.

Muestra de examen sobre ELECTRICIDAD Y MAGNETISMO

Escribe la MEJOR respuesta en cada uno de los cuadros. No se castigan las adivinanzas. ¡Buena suerte!

1. Los protones y los electrones
☐ a. se repelen entre sí b. se atraen entre sí c. no interaccionan.
2. La partícula A interacciona con la partícula B, que tiene dos veces la carga de la partícula A. En comparación con la fuerza sobre la partícula A, la fuerza sobre la partícula B es
☐ a. cuatro veces mayor
 b. dos veces mayor
 c. igual
 d. la mitad
 e. nada de lo anterior.
3. Cuando tocas el polo negativo de un generador Van de Graaff, tu pelo erizado es
☐ a. también negativo b. positivo.
4. Se sueltan dos partículas cercanas entre sí. Al moverse, la rapidez de cada una aumenta. En consecuencia, las partículas tienen
☐ a. carga del mismo signo b. carga de signo contrario c. no se da información suficiente.
5. Puedes tocar y descargar un generador Van de Graaff de 10,000 volts sin hacerte daño, porque aunque el voltaje es alto, hay relativamente poca
☐ a. resistencia b. energía c. conexión a tierra d. todo lo anterior e. nada de lo anterior.
6. La corriente que pasa por una secadora de cabello de 12 ohm conectada a 120 V es
☐ a. 1 A b. 10 A c. 12 A d. 120 A e. ninguna de las anteriores.
7. Si sube al doble el voltaje de funcionamiento de una secadora de cabello, la corriente que pasa por ella tiende a
☐ a. bajar a la mitad b. quedar igual c. subir al doble d. al cuádruplo.
8. Una señora siente un choque eléctrico con una secadora de cabello descompuesta. Los electrones que provocan el choque provienen de
☐ a. el cuerpo de la mujer
 b. la tierra
 c. la central eléctrica
 d. la secadora de cabello
 e. el campo eléctrico en el aire.
9. A medida que se conectan más lámparas en un circuito en serie, la corriente total en la fuente de poder
☐ a. aumenta b. disminuye c. permanece igual.
10. A medida que se conectan más lámparas en un circuito en paralelo, la corriente total en la fuente de poder
☐ a. aumenta b. disminuye c. permanece igual.
11. Si cambia el campo magnético dentro de una espira cerrada de alambre, se induce en ella un(a)
☐ a. voltaje b. corriente c. campo eléctrico d. todo lo anterior e. nada de lo anterior.
12. Un transformador de subida aumenta
☐ a. la potencia b. la energía c. las dos anteriores d. nada de lo anterior.

1b, 2c, 3a, 4c, 5b, 6b, 7c, 8a, 9b, 10a, 11d, 12d.

Muestra de examen sobre LUZ

Escribe la MEJOR respuesta en cada uno de los cuadros. No se castigan las adivinanzas. ¡Buena suerte!

1. ¿Qué de lo siguiente no está en la misma familia?
☐ a. onda luminosa b. onda de radio c. onda sonora d. microonda e. rayo X.
2. Si la frecuencia de resonancia de las capas electrónicas externas en los átomos de determinado material coincide con la frecuencia de la luz verde, el material será
☐ a. transparente a la luz verde b. opaco a la luz verde.
3. Si el agua absorbiera naturalmente la luz azul y violeta, y no la infrarroja, el agua aparecería
☐ a. azul verdosa, como en realidad se ve
 b. de un azul verdoso más intenso
 c. anaranjado amarillento
 d. negra
 e. no tendría color alguno.
4. El cielo es azul porque las moléculas del aire actúan como pequeños
☐ a. espejos que reflejan la luz azul principalmente
 b. osciladores que dispersan la luz de alta frecuencia
 c. fuentes incandescentes de azul cálido
 d. prismas
 e. nada de lo anterior.
5. La rapidez promedio de la luz es máxima en
☐ a. el vidrio rojo b. el vidrio amarillo c. el vidrio verde d. el vidrio azul e. en todos igual.
6. Si los diversos colores de la luz tuvieran la misma rapidez en la materia, no habría
☐ a. arcoiris b. dispersión en los prismas c. colores en los diamantes d. todo lo anterior.
7. Cuando la luz se refracta, hay un cambio en su
☐ a. frecuencia b. longitud de onda c. las dos anteriores d. ninguna de las dos.
8. Las lentes funcionan porque, en distintos materiales, la luz tiene distintos (distintas)
☐ a. longitudes de onda b. frecuencias c. rapidez d. energías e. nada de lo anterior.
9. Un pez fuera del agua verá mejor si tiene *goggles*
☐ a. de color azul verdoso b. planos c. llenos de agua d. nada de lo anterior.
10. Las ondas se difractan más cuando sus longitudes de onda son
☐ a. largas b. cortas c. da lo mismo.
11. Un holograma ilustra mejor
☐ a. la resonancia b. la interferencia c. la luz láser d. una nueva fotografía.
12. ¿Cuáles fotones de los siguientes tienen la mayor energía?
☐ a. rojos b. blancos c. azules d. es igual para todos.

1c, 2b, 3c, 4b, 5a, 6d, 7b, 8c, 9c, 10a, 11b, 12c.

Muestra de examen sobre FÍSICA ATÓMICA Y NUCLEAR

Escribe la MEJOR respuesta en cada uno de los cuadros. No se castigan las adivinanzas. ¡Buena suerte!

1. ¿Qué de lo siguiente forma un patrón de interferencia al dirigirse hacia dos rendijas delgadas a distancia adecuada?
☐ a. la luz b. el sonido c. los electrones d. todo lo anterior e. nada de lo anterior.
2. Un electrón y una pelota de béisbol se mueven con la misma rapidez. ¿Cuál tiene menor longitud de onda de De Broglie?
☐ a. el electrón b. la pelota c. los dos igual.
3. Las fuerzas eléctricas dentro del núcleo atómico tienden a
☐ a. mantenerlo unido b. separarlo c. nada de lo anterior.
4. ¿Cuál de lo siguiente siente la máxima fuerza eléctrica en un campo eléctrico?
☐ a. una partícula alfa b. una partícula beta c. un rayo gamma d. nada de lo anterior.
5. La vida media radiactiva de cierto isótopo es 1 día. Al final del tercer día, la cantidad que queda es
☐ a. $1/2$ b. $1/4$ c. $1/8$ d. $1/16$ e. nada de lo anterior.
6. Cuando el U 238 emite una partícula alfa, el núcleo que queda atrás tiene
☐ a. 90 protones b. 91 protones c. 92 protones d. 93 protones e. 94 protones.
7. Cuando el U 239 emite una partícula beta, el núcleo que queda atrás tiene
☐ a. 90 protones b. 91 protones c. 92 protones d. 93 protones e. 94 protones.
8. Cuando se fisiona el U 235, el par de núcleos que se forman tienen un total de
☐ a. menos de 92 protones b. 92 protones c. más de 92 protones.
9. Un protón nuclear tiene mayor masa en el
☐ a. helio b. hierro c. uranio d. igual en todos los casos.
10. Si un núcleo de hierro se fisiona, las masas de sus nucleones
☐ a. aumentan b. disminuyen c. ni aumentan ni disminuyen.
11. Si un núcleo de hierro se fusiona, las masas de sus nucleones
☐ a. aumentan b. disminuyen c. ni aumentan ni disminuyen.
12. El tipo de rayo que se origina en el cosmos es el
☐ a. rayo alfa b. rayo beta c. rayo cósmico d. rayo láser.

1d, 2b, 3b, 4a, 5c, 6a, 7d, 8b, 9a, 10a, 11a, 12c.

Muestra de examen sobre RELATIVIDAD

Escribe la MEJOR respuesta en cada uno de los cuadros. No se castigan las adivinanzas. ¡Buena suerte!

1. ¿Cuál ecuación es el triunfo de la teoría especial de la relatividad?

- ☐ a. $E = ma^2$ b. $E = mb^2$ c. $E = mc^2$ d. $E = md^2$ e. $E = me^2$.

2. Las ecuaciones relativistas de tiempo, longitud y masa son válidas para

- ☐ a. rapidezces cercanas a la velocidad de la luz
☐ b. las rapidezces bajas, cotidianas
☐ c. las dos anteriores
☐ d. ninguna de las anteriores.

3. De acuerdo con la relatividad especial, si mides tu pulso mientras estés viajando a rapidezces muy altas, notarías que la frecuencia

- ☐ a. aumenta b. disminuye c. no es distinta.

4. Cuando una fuente luminosa va hacia ti, al medirla notarás un aumento en su

- ☐ a. rapidez b. longitud de onda c. frecuencia d. todo lo anterior e. nada de lo anterior.

5. Por los efectos relativistas, las masas de los electrones que son disparados contra la superficie interior de un cinescopio de TV son

- ☐ a. un poco mayores b. un poco menores c. no cambian.

6. Una jabalina tiene una masa en reposo de 1 kilogramo. Cuando se lanza en forma adecuada y pasa junto a ti, tus instrumentos indican que tiene una masa de 2 kilogramos. También, tus instrumentos indican que la rapidez de la jabalina es

- ☐ a. $0.5c$ b. $0.75c$ c. $0.87c$ d. $0.99c$ e. ninguna de las anteriores.

7. Como hay un límite superior de la rapidez de una partícula, también hay un límite superior de su

- ☐ a. cantidad de movimiento b. energía cinética c. temperatura d. todo lo anterior
☐ e. nada de lo anterior.

8. En comparación con la relatividad especial, la relatividad general se ocupa más de

- ☐ a. aceleración b. gravitación c. geometría del espacio-tiempo d. todo lo anterior
☐ e. nada de lo anterior.

9. Desde el punto de vista de la relatividad general, un reloj en el ecuador terrestre, en comparación con uno en los polos de la Tierra, debe

- ☐ a. adelantarse b. atrasarse c. ser exacto.

10. Desde el punto de vista de la relatividad general, una persona en la planta baja de un rascacielos envejece

- ☐ a. más rápido que una en el piso superior
☐ b. menos rápido que una en el piso superior
☐ c. igual que una persona en el piso superior.

11. Si la órbita de Mercurio fuera perfectamente circular, su ritmo de precesión sería

- ☐ a. mayor b. menor c. igual que el actual d. cero.

12. Un astronauta que cayera en un agujero negro vería el universo

- ☐ a. corrido hacia el rojo b. corrido hacia el azul.

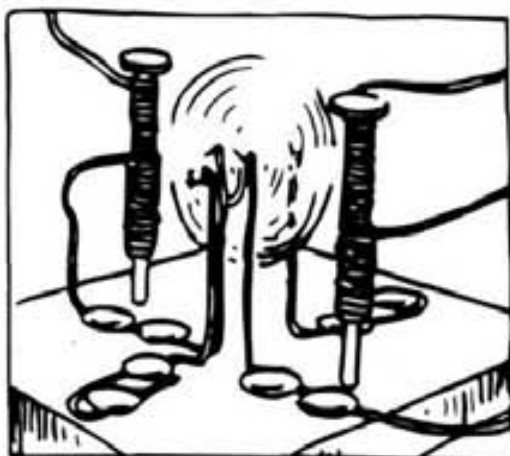
1c, 2c, 3c, 4c, 5a, 6c, 7e, 8d, 9a, 10b, 11d, 12b.

Muestra de examen final

Contesta con detalle, usando ejemplos y diagramas para aclarar tus argumentos. No uses más de una página al contestar cada pregunta.

1. "La inercia es aquella propiedad que tiene toda la materia que la hace resistir a moverse." ¿Hay algo de malo en esta afirmación? ¿Por qué no? ¿Por qué sí?
2. Describe la diferencia entre masa y peso. Por ejemplo ¿por qué un objeto pesado no acelera más que un objeto ligero, en la caída libre?
3. Describe cuando menos dos ejemplos de un objeto o conjunto de objetos que tengan algo de energía cinética (no cero) pero una cantidad de movimiento neta igual a cero.
4. La fuerza de la gravedad tira y desprende las manzanas de los árboles y las hace caer. La misma fuerza se extiende hasta la Luna. Entonces ¿por qué no se cae también la Luna?
5. ¿Cuál es la explicación de que haya dos mareas diarias?
6. ¿Qué pruebas puedes mencionar de la teoría atómica de la materia?
7. Describe los principios que explican el vuelo, tanto de aparatos más ligeros que el aire como más pesados que el aire.
8. ¿Cómo funciona una ventosa?
9. ¿Por qué sube el aire caliente?
10. ¿Por qué los cuerpos de agua profundos, como los Grandes Lagos, no se congelan hasta en el más frío de los inviernos?
11. ¿Qué es un estampido sónico y cómo se produce?
12. ¿Qué significa decir que los contactos de pared en las casas son para 110 volts?
13. Explica cómo funciona un transformador eléctrico.
14. Describe la diferencia entre ondas luminosas y ondas sonoras.
15. ¿Cuál es la prueba de la afirmación que las estrellas están formadas por los mismos elementos que se encuentran en la Tierra?
16. ¿Por qué el cielo es azul y las puestas de Sol son anaranjadas?
17. ¿Qué produce el espectro de colores en la gasolina esparcida en una calle mojada?
18. Describe la diferencia entre fisión nuclear y fusión nuclear.
19. ¿Cómo se usa la radiactividad para determinar las edades de objetos orgánicos e inorgánicos antiguos?
20. ¿Qué tendrían de raro tus observaciones de los ocupantes de una nave espacial que viajara a rapidez relativista? Imagina que los puedes ver con claridad, y haz todas las mediciones que gustes.

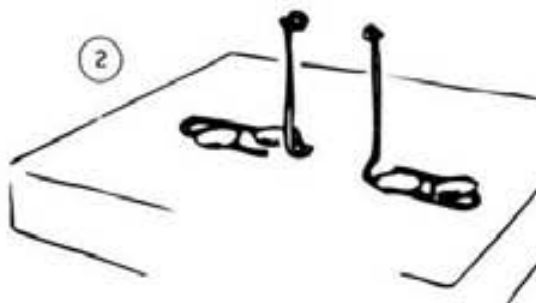
Cómo fabricar un motor eléctrico sencillo¹



El motor terminado que se ve a la izquierda se puede construir con los materiales y herramientas cotidianos como: ocho tachuelas, tres broches de papel de 2 pulgadas (5 cm), dos clavos de $3\frac{1}{2}$ pulgadas (9 cm), pinzas de punta, cinta de aislar o adhesiva, una tabla de madera de unas 5 pulgadas (13 cm) por lado, unos siete pies (2 m) de alambre de cobre aislado calibre 20 y una navaja para desprender los extremos de los forros. Con dos pilas de $1\frac{1}{2}$ volts cada una se forma una fuente de poder adecuada.



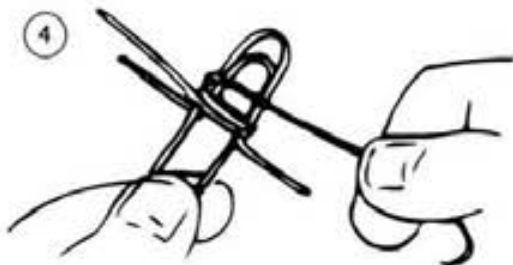
Paso 1. El primer paso para construir el motor es enderezar la vuelta menor de uno de los broches de papel, y torcerla para que se pare derecha, formando ángulo recto con la vuelta mayor. A continuación, con las pinzas dobla una pequeña espira en el extremo derecho. Haz lo mismo con un segundo broche de papel.



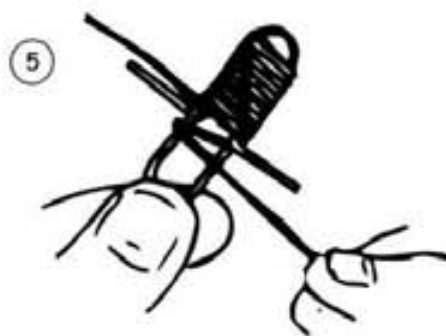
Paso 2. A continuación fija los broches de papel a la tabla, con tachuelas, como se ve. Los extremos derechos de los broches deben estar aproximadamente a 1 pulgada (2.5 cm) de distancia. Las tachuelas deben dejarse lo suficientemente flojas para hacer después el ajuste final. Estos broches son los soportes del eje del rotor del motor.



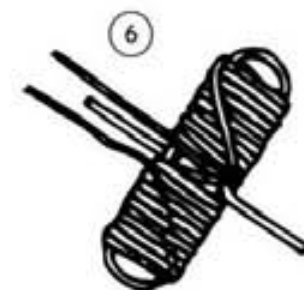
Paso 3. A continuación fabrica el rotor. Con las pinzas dobla los extremos del tercer broche de papel, perpendiculares al punto medio del broche, como se ve. Estos extremos, que serán el eje del rotor, deben tener más o menos media pulgada (13 mm) de longitud cada uno.



Paso 4. Dejando libre una pulgada (2.5 cm), enrolla el alambre de cobre firmemente en torno al broche del rotor, comenzando desde el centro hacia afuera. Devana las vueltas de alambre muy cercanas, pero no con tanta fuerza como para que el broche se deforme.



Paso 5. Enrolla unas 20 vueltas hacia el extremo del broche del rotor. Regresa el alambre al centro y enróllalo, en la misma dirección, con una cantidad igual de vueltas en la otra mitad. Estas bobinas harán que el broche sea un electroimán.



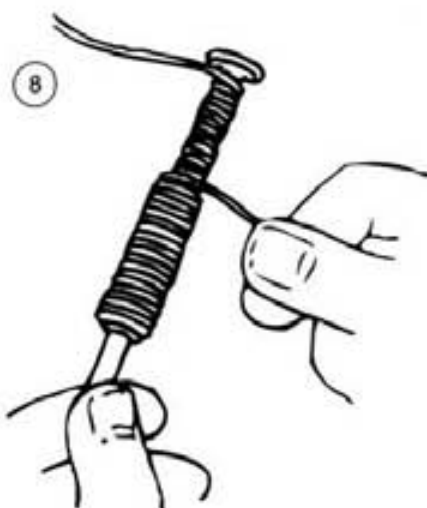
Paso 6. Cuando el alambre de cobre esté enrollado en la segunda mitad del broche del rotor, como se ve en la figura, se regresa al centro. Los extremos del alambre serán el *conmutador* del rotor, el que invierte su corriente en cada rotación.

¹Cortesía de Time-Life, Inc.



Paso 7. El siguiente paso es cortar los extremos del alambre para que sean un poco más cortos que el extremo saliente del broche. A continuación pela el recubrimiento de los extremos, asegurándote de dejar expuesto el cobre desnudo.

A continuación toma dos bandas de cinta de aislar o adhesiva, cada una de más o menos $\frac{1}{4}$ de pulgada (6 mm) de ancho y 2 pulgadas (5 cm) de longitud, y envuélvelas en torno al eje, junto al broche, como se ve en la figura. Esta cinta mantiene el eje del rotor entre los soportes. El centro de gravedad del rotor terminado debe estar a lo largo del eje, para que gire sin oscilar.



Paso 8. Haz dos electroimanes estacionarios envolviendo cada clavo con alambre, dejando unas 9 pulgadas (23 cm) libres cerca de la cabeza. Enrolla uniformemente el alambre en $2\frac{1}{2}$ pulgadas (6.3 cm) desde la cabeza hacia abajo, y después de subida la mitad del camino. Los dos clavos deben enrollarse en la misma dirección.

Deja unas 6 pulgadas (15 cm) de alambre saliendo de la mitad de cada clavo, y córtalo. Cada clavo debe tener 9 pulgadas (23 cm) y 6 pulgadas (15 cm) de alambre libre. Pela unos $\frac{3}{4}$ de pulgada (2 cm) de aislamiento en cada uno de los extremos, que deje libre el cobre desnudo.

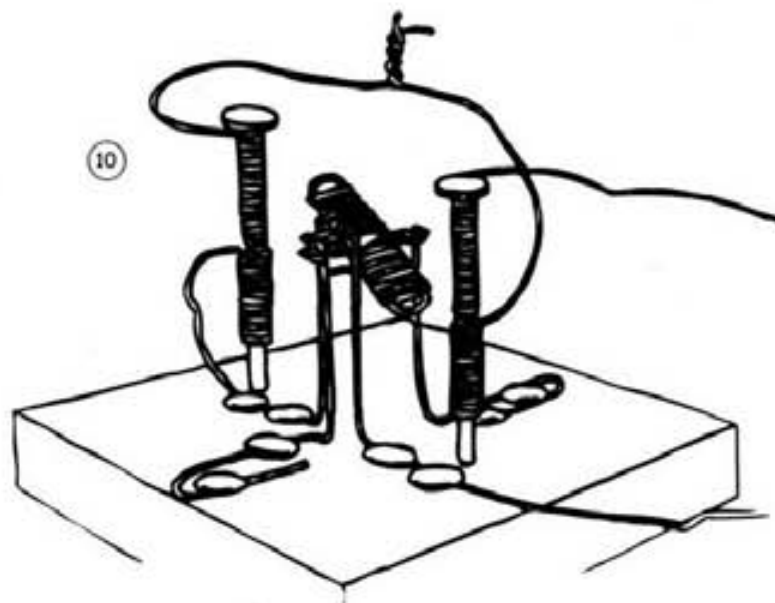


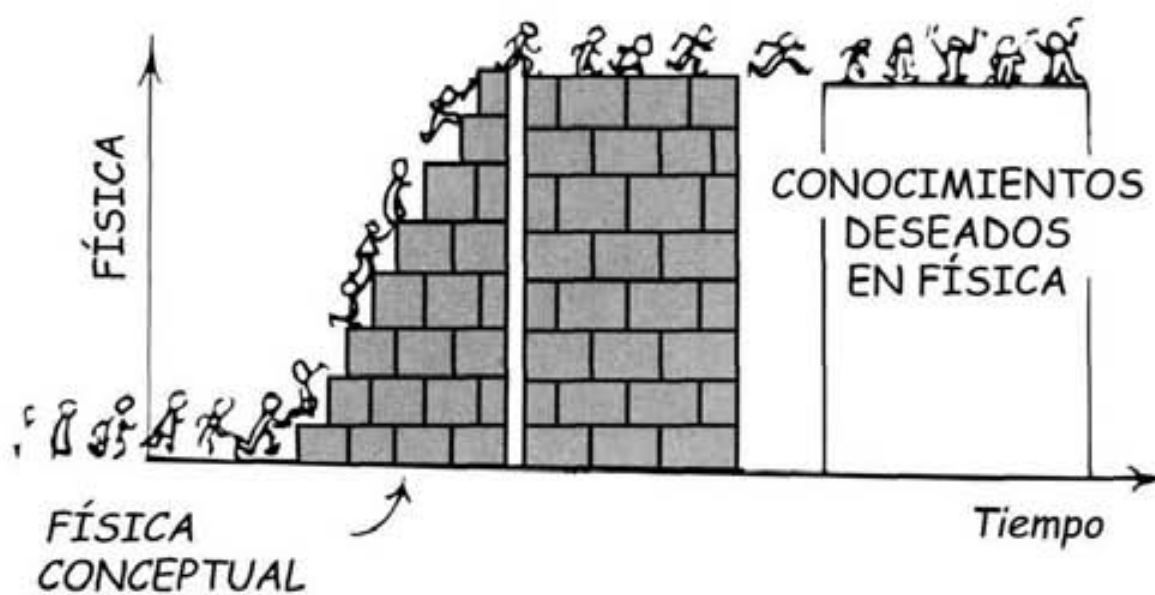
Paso 9. Clava los clavos en la tabla, a la distancia adecuada para que quepa el rotor. Pega a la tabla, con una tachuela, el extremo de alambre de 6 pulgadas de un clavo. Dirígelo hasta a menos de $\frac{1}{2}$ pulgada (6 mm) de cada soporte y dóblalo para que su punta quede un poco más alta que el soporte. Haz lo mismo con un tramo suelto de 12 pulgadas (30 cm) de alambre. Estos tramos formarán las *escobillas*. Debes pelar por completo unos $\frac{3}{4}$ de pulgada (2 cm) de cada extremo del tramo de 12 pulgadas. Ahora todos los extremos sueltos están sin aislamiento.

Paso 10. Introduce el eje del rotor en las vueltas de cada soporte de modo que los conmutadores, al dar vuelta, hagan contacto con las escobillas. Enrolla el extremo de 6 pulgadas del segundo clavo en el alambre de 9 pulgadas (23 cm) del primer clavo. El extremo de 9 pulgadas del segundo clavo se conectará con la terminal de la pila seca. Conecta el extremo libre del alambre de 12 pulgadas (30 cm) con la otra terminal de la pila seca y el circuito se completa.

Es importante hacer los ajustes finales para que el rotor gire con libertad. Al girar, ambos conmutadores deben tocar al mismo tiempo a las escobillas. Sólo entonces se establecerá la corriente por todo el circuito, convirtiendo el rotor y los clavos en electroimanes. Cada vez que el rotor dé media vuelta, se invierte la dirección de la corriente, cambiando la polaridad del campo magnético. Podrá ser necesario empujar suavemente al rotor para que funcione el motor, igual que como se hace con algunas rasuradoras eléctricas.

A partir del hecho de que los polos magnéticos semejantes se repelen entre sí, y los polos magnéticos diferentes se atraen ¿puedes explicar el funcionamiento de este motor?






SEP

PROGRAMAS EDUCATIVOS, S.A. DE C.V.
CALZ. CHABACANO NO. 45,
COL. ASTURIAS DELG. CUAUHTEMOC,
C.P. 06850, MÉXICO, D.F.

EMPRESA CERTIFICADA POR EL
INSTITUTO MEXICANO DE NORMALIZACIÓN
Y CERTIFICACIÓN A.C. BAJO LAS NORMAS
ISO-9002:1994/NMX-CC-004:1995
CON EL NO. DE REGISTRO RSC-048
E ISO-14001:1996/NMX-SAA-001:1998 IMNC/
CON EL NO. DE REGISTRO RSAA-003


IMNC

PRÁCTICAS DE
Física
CONCEPTUAL

Novena edición



Por Paul G. Hewitt

Este material de apoyo al estudio de la física, ayudará a comprender mejor los conceptos presentados en el libro de texto. El estilo amigable, tan característico del autor, utiliza analogías y situaciones que despiertan el deseo de profundizar en el tema. Este libro de prácticas se puede usar tanto en clase como tutorial fuera de ella.

En este libro de prácticas se indican las soluciones a los ejercicios impares y a los problemas, lo cual es de gran ayuda para el aprendizaje razonado.

La resolución de los problemas ayuda al estudiante a adquirir una comprensión conceptual de la física y le facilita el adquirir destrezas para dirigir su razonamiento en el camino correcto.

www.elsolucionario.net