FÍSICA DIVERTIDA 2

Experimentos creativos de bajo costo con materiales reciclados

Eduardo de Campos Valadares

EDITORIAL TERRACOTA ET

colección **sello de arena**
Ciencia divertida

Contenido

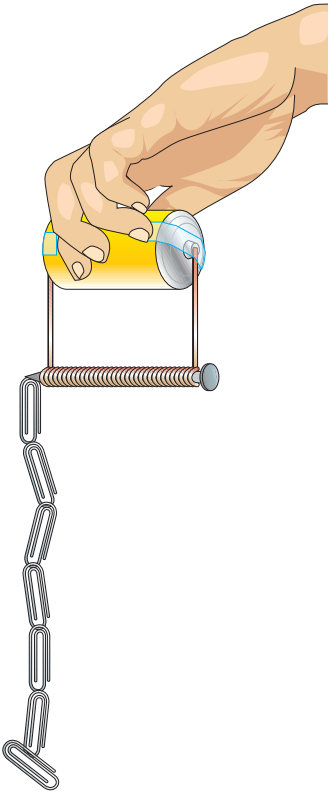
Introducción 9

Reconocimientos 14

Cómo empezar 16

El mundo de los átomos y nuestro mundo: frío, calor y burbujas gigantes

1. Movimiento de los átomos 22
2. Aplastando latas y botellas de plástico 23
3. Torciendo el rayo láser 24
4. Máquina de vapor 28
5. El barquito de vapor 31
6. Reinventando el horno solar 35
7. Quema globos sin reventarlos 39
8. Termómetros de aire y agua 40
9. Globo inflado con la boquilla abierta 41
10. Mano invisible 42
11. Válvulas de llantas neumáticas 43
12. Auto en el sol: efecto invernadero y calentador solar 45
13. Competencia de latas: ¿cuál se calienta y se enfría más rápido? 48
14. Espejos a prueba de empaño 50
15. Ata un nudo en un chorro de agua 51
16. ¡Sillas de jabón para montar! ¿Es una broma? 52



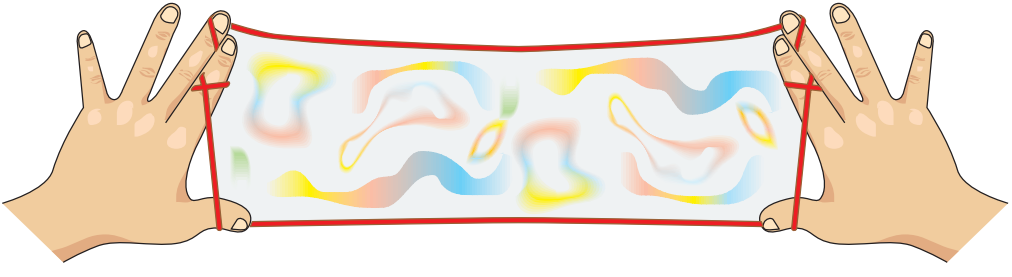
17. Raquetas y pelotas de tenis hechas de jabón 54
18. Colores flexibles 56
19. Remolinos en dos dimensiones 57
20. Pasa a través de una película de jabón sin romperla 58
21. Tijeras que no cortan 59
22. Películas y burbujas de jabón gigantes 60
23. Gotitas aceleradas 66
24. Líquidos escaladores 68
25. Remolinos en tres dimensiones 71
26. El agua como su propio obstáculo 73
27. Saca un huevo de su cascarón 75

Juega con los sonidos: acústica

1. Teléfono de hilo 78
2. Rasguños sonoros 81
3. ¿Cuándo se convierte un tubo en una campana? 82
4. El tictac de un reloj 83
5. Teléfono inalámbrico: espejos parabólicos acústicos 85
6. Enfoque de sonido 90
7. Un silbato de tono variable hecho en casa 91
8. Sonidos del papel 93
9. Secretos de la guitarra 94
10. Mangueras cantantes 95
11. De los pulmones a la boca 98
12. Imágenes de los sonidos 99

Experimentos electrizantes: electricidad y magnetismo

1. Pega globos en las paredes: electricidad estática 105
2. Desvía el agua con electricidad 110
3. Lámpara inalámbrica 112
4. El agua salada se convierte en gas: electrólisis 113
5. Compuertas eléctricas: interruptores térmicos 115
6. Montacargas eléctrico: electroimanes 117
7. Péndulo caótico 118
8. Pinta cuadros con un montacargas eléctrico 120
9. Motor eléctrico 121
10. Campo invisible 128
11. ¡Diviértete con las turbinas eólicas! 131
12. Tobogán loco: freno electromagnético 152
13. Levitación magnética 154
14. Radio mudo 156
15. Control del auto versus control de la TV 158



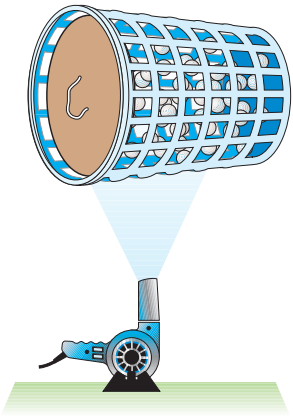
El mundo de los átomos y nuestro mundo: frío, calor y burbujas gigantes

1. Movimiento de los átomos

Descubre cómo se comportan los átomos en los gases, por ejemplo, en el aire que respiramos.

Materiales

- Aproximadamente 50 pelotas de unicel de aprox. 2.5 cm de diámetro
- Canasta para ropa o bote de basura con agujeros a los lados (con diámetros no mayores de 2 cm)
- Cartón
- Secadora de pelo
- Cordón resistente



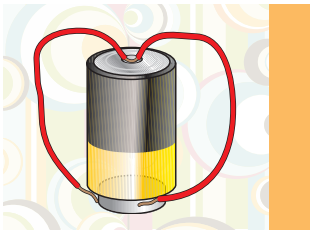
Paso a paso

Recorta un círculo de cartón con diámetro de 2 cm menor que la canasta para usarla como tapa. Haz una agarradera de cordón e insértala en dos agujeros en la tapa de cartón. Coloca todas las pelotas de unicel dentro de la canasta y cierra la tapa. Sostén la canasta en posición horizontal, enciende la secadora en aire frío y apuntando a la canasta, como se muestra en la figura. Observa lo que pasa con las pelotas de unicel. Coloca la canasta más cerca de la secadora si es necesario.

Sugerencia:

Con la tapa firme en su posición en la canasta, aumenta la velocidad del aire que sale de la secadora (la "temperatura" aumenta.) ¿Cómo se comportan las bolas ante estos cambios?

Ahora, empuja la tapa más adentro de la canasta, quitando espacio a las bolas. ¿Cómo reaccionan?



HECHOS FENOMENALES

Un gas puede ser visto como una cantidad enorme de diminutas pelotas (moléculas) que se mueven en zigzag todo el tiempo, chocando entre sí y contra la pared del recipiente. La presión es por lo tanto el resultado neto del golpeteo de billones de billones de diminutas pelotas contra las paredes del recipiente. Si el espacio disponible para las pelotas disminuye, ellas se amontonan y chocan entre sí y contra las paredes del recipiente con más frecuencia, aumentando así la presión. La temperatura es una medida de la energía de las moléculas del gas. Cuanto mayor sea la temperatura mayor es la energía cinética de las moléculas del gas. Esto significa que en promedio la velocidad de las moléculas aumentará cuando el gas se calienta. En realidad algunas moléculas serán mucho más rápidas, otras serán más lentas, pero la mayoría no estarán ni hasta arriba ni hasta debajo de la escala de velocidad. Si la temperatura disminuye, las moléculas se calman y los choques contra las paredes del recipiente se vuelven más débiles y menos frecuentes, de manera que la presión baja. De ahí que la temperatura es más alta, cuando el gas se vuelve más energético, y si su volumen se mantiene constante, la frecuencia de las colisiones sube y la presión aumenta. Cuando empujas la tapa más adentro de la canasta, lo mismo ocurre: la temperatura del "gas" queda fija mientras su volumen disminuye.

2. Aplastando latas y botellas de plástico

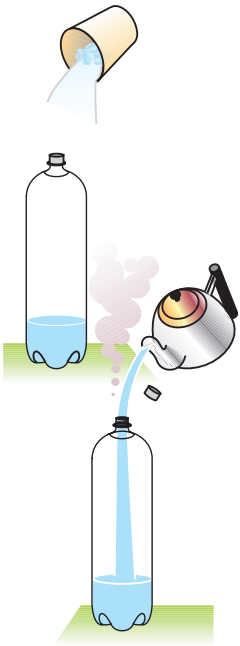
¡Es posible aplastar una lata con una cubeta de agua fría!

Materiales

- Botella de plástico con tapa
- Lata de bebida de aluminio
- Recipiente con agua hirviendo (como una tetera)
- Recipiente con agua fría
- Dos palos largos de madera (por ejemplo, mangos de cucharas de madera)

Precaución

- Este experimento requiere ayuda de un adulto.



Advertencia especial

• Mantén la lata lejos de tu cuerpo para evitar accidentes.

Paso a paso

Vierte agua hirviente en la botella de plástico. Espera uno o dos minutos, luego tapa fuertemente la botella. Ahora, remoja la botella en agua fría y observa lo que pasa.

Vierte suficiente agua dentro de la lata como para cubrir el fondo. Calienta la lata directamente con una llama de fuego baja o colócala en una olla con agua hirviendo, sostén la lata con los dos palos de madera. Espera que el agua que está dentro de la lata empiece a hervir. Luego voltea la lata rápidamente (¡y con cuidado!) boca abajo y sumérgela dentro del agua fría, de manera que sólo el borde de la lata quede sumergido. ¿Qué le sucede a la lata? ¿Por qué?

HECHOS FENOMENALES

El agua hirviendo dentro de la botella o la lata calienta el aire en su interior, cuyas moléculas se vuelven más agitadas que las del aire exterior. Como resultado, la presión dentro de la botella o lata aumenta y el aire fluye hacia afuera, disminuyendo la cantidad de bolitas agitadas. Cuando atornillas la tapa y remojas la botella en el agua fría o de pronto sumerges la parte superior de la lata en agua fría, la temperatura baja inmediatamente y la presión interna también, produciendo un vacío parcial. Entonces, las moléculas de aire de afuera hacen su trabajo pues la presión externa es más alta que la presión interna, y así tanto la botella como la lata se aplastan.

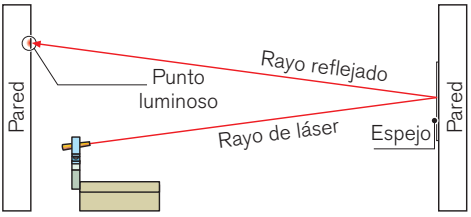
3. Torciendo el rayo láser

Descubre cómo la llama de una vela, el agua hirviendo y el movimiento de los átomos agitados pueden producir efectos visuales fascinantes y ampliar nuestra percepción del nano mundo.

Sugerencias:

Para ver las imágenes formadas con un rayo láser con mayor nitidez, realiza el experimento en un cuarto oscuro. Cuanto mayor sea el recorrido del láser hasta la pantalla (pared o techo) más evidente será el fenómeno

observado. Para ajustar el punto donde el rayo láser incide en la pantalla, es necesario inclinar el espejo, lo cual permite también amplificar las variaciones del ángulo asociadas con los desvíos del rayo láser.



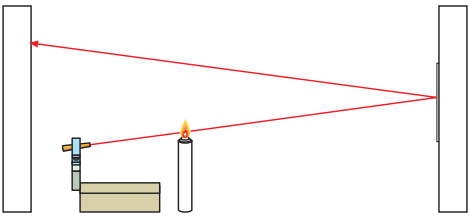
A. Soplando vela

Materiales

- Puntero láser
- Soporte para puntero láser
- Espejo plano, si hay limitaciones de espacio físico ve las "Sugerencias"
- Cinta adhesiva (por ejemplo, cinta adhesiva de papel crepado)
- Vela
- Vaso de vidrio transparente
- Agua fría (de la llave o agua potable) y agua hirviendo

Paso a Paso

Con un puntero láser posicionado en el soporte (ve la figura), proyecta en la pared un punto luminoso. Coloca la vela cerca de la salida de la luz del láser, de modo que el haz de luz atraviese la llama (usa una hoja de papel detrás de la llama para ajustar la posición del rayo láser). Sopla a la vela en forma lateral sin apagarla y ve lo que sucede con el punto luminoso proyectado en la pared (pantalla). Si la distancia del puntero láser a la pared de enfrente es igual o superior a 6-7 metros, la incidencia directa de luz en la pared es suficiente. Caso contrario, fija el espejo en el punto de incidencia del rayo láser para reflejarlo de vuelta en la pared opuesta, en el techo o en una pared lateral (pantalla). Experimenta incidir con el láser en diferentes anillos coloridos de la llama y observa cómo el punto luminoso en la pantalla responde a su soplo. Trata también de posicionar el rayo láser



un poco encima de la llama. ¿Para cuál incidencia del láser el efecto visual observado es más evidente?

HECHOS FENOMENALES

Índice de refracción del aire caliente

El aire caliente tiene un índice de refracción distinto al aire frío. Eso se debe a que el aire caliente es menos denso que el aire frío. Lo mismo sucede con el agua (ver el experimento *Auto en el sol: efecto invernadero y calentador solar*, p. 39). Al abrir la puerta de un horno caliente o de un auto cerrado expuesto al sol en un día de verano, sentirás una corriente de aire caliente subiendo. Con tu aliento, la llama sufre un desvío y el aire caliente en la región antes ocupada por ella es reemplazado por aire más frío, que tiene un índice de refracción diferente. Este cambio de índice de refracción hace que el rayo láser cambie su trayecto, afectando la posición del punto luminoso proyectado en la pantalla (pared o techo).

Titilar de las estrellas

Las estrellas "titilan" en la noche porque ocurren variaciones de temperatura debido a corrientes de aire en la atmósfera (el soplo en la vela). Con eso, rayos de luz provenientes de puntos luminosos distantes, como las estrellas, sufren desvíos aleatorios (refracciones) al recorrer la atmósfera terrestre. En la Luna, por ejemplo, nunca verás el titilar de las estrellas simplemente porque allá no existe atmósfera. La luz emitida por fuentes distantes como edificios y postes de iluminación pública también presenta efectos semejantes. Fuera de la variación de temperatura, partículas suspendidas en el aire también pueden desviar rayos de luz provenientes de puntos luminosos distantes.

Las imágenes onduladas que observas encima del techo de los carros expuestos al sol en días calurosos y los espejismos en los desiertos o en el asfalto caliente también están relacionados con variaciones en el índice de refracción debido a la diferencias de temperatura en el aire (la temperatura cercana a la arena y al asfalto es más alta que en las capas de aire más arriba). Para ángulos rasantes de observaciones, los rayos de luz parecen venir de la arena o del camino, como si fueran reflejados por una poza de agua.

B. Agua fría *versus* agua caliente

Sustituye la vela por un vaso de vidrio transparente que tenga agua de la llave (fría). Espera que el agua esté quieta y observa la imagen formada en la pantalla. En seguida, cambia el vaso por otro que tenga agua caliente. El rayo láser debe atravesar el vaso un poco debajo de la superficie del agua, tanto de la fría como de la caliente. Compara las imágenes proyectadas en la pantalla en los

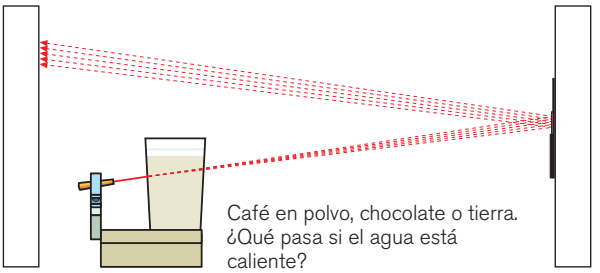
dos casos. Intenta también posicionar el láser más cerca del fondo del vaso y en puntos intermediarios. ¿Qué sucede con la imagen formada en la pantalla a medida que el agua se enfría?

HECHOS FENOMENALES

La capa de agua caliente en la superficie del vaso se enfría al transferir energía térmica al aire de encima, que tiene una temperatura más baja. La evaporación de agua también contribuye con esto (las moléculas más energéticas son las primeras en abandonar la superficie, disminuyendo así la energía media de las que quedan). Además, el agua caliente emite luz infrarroja, lo que también contribuye para que su temperatura baje. A medida que el agua se enfría, ella se torna más densa y se hunde, siendo sustituida por una capa de agua más caliente (menos densa). Ese movimiento de agua caliente subiendo y del agua menos caliente bajando produce las llamadas *corrientes de convección* y son las responsables de las imágenes vivas observadas en la pantalla asociadas a variaciones del índice de refracción. En el caso del agua fría, no existe ese movimiento ya que la temperatura del agua y del aire en contacto con ella es la misma.

C. Partículas suspendidas en el agua

Coloca un vaso de vidrio transparente con agua de la llave (fría) cerca a la salida del láser que atraviesa el vaso debajo de la superficie del agua. Espera hasta que el agua esté quieta y observa la imagen formada en la pantalla (pared). Agrega un poco de café en polvo o de chocolate en polvo en el agua. Puedes usar también agua turbia mezclada con agua de la llave hasta que esté ligeramente marrón. Agita el agua para que quede lo más homogénea posible y espera hasta que esté quieta. Compara la imagen formada en la pantalla cuando usas agua de la llave y agua con partículas en suspensión (café en polvo, chocolate o tierra).



HECHOS FENOMENALES

Las moléculas de agua, debido a su energía térmica, quedan agitadas dentro del vaso, mientras que las partículas suspendidas en el agua (café, chocolate o tierra), las menos numerosas y grandes en comparación con las moléculas a su alrededor, son constantemente empujadas de forma aleatoria por la mayoría de moléculas de agua. El trayecto zigzagueante de esas partículas es conocido como *movimiento browniano*. Los pequeños peces en un lago que disputan un pedacito de pan producen un movimiento aleatorio del pan semejante al movimiento browniano. De vez en cuando una de esas partículas cruza el rayo láser, ocurre entonces una dispersión de luz y se producen pequeñas ondas. Esas pequeñas ondas se superponen y forman las "imágenes vivas" observadas junto con al patrón proyectado en la pantalla asociado a las reflexiones del rayo láser en las paredes del vaso. De ese modo puedes acompañar la agitación sutil del nano universo.

4. Máquina de vapor

Pon a trabajar a los átomos agitados.

Materiales

- Lata de refresco intacta (llena)
- Alambre
- Recipiente de metal (como una lata de sardinas vacía)
- Empaque de cartón con forro de aluminio
- Engrapadora y grapas
- Pegamento blanco o pegamento universal
- Tizas o gises
- Alcohol de fricción
- Vaso
- Alicate de punta fina o palitos de madera
- Agua y una jeringa (ver experimento *Elevador hidráulico* en *Física divertida*, Tomo 1)

Advertencia especial

- Este experimento requiere de la ayuda de un adulto.

Paso a paso

Con cuidado, usando un pequeño clavo, haz un diminuto agujero en la lata llena (la caldera de la máquina de vapor), en el lugar indicado (ve la figura en la p. 24) y sostén la lata boca abajo sobre el vaso. El refresco saldrá por el agujero y salpicará. Endereza la lata cuando ésta

quede vacía. Llena 1/3 de la lata con agua usando la jeringa. Corta dos cuadrados de 9×9 cm del empaque con forro de aluminio, y pégalos por sus partes traseras de manera que ambas caras expuestas sean de aluminio. Usa este cuadro para hacer un rehilete. Si es necesario, usa grapas para hacerlo más firme (ver detalle en la figura). Fija el alambre alrededor de la lata de manera que el eje del rehilete quede como se indica en la figura. Coloca los gises en el recipiente de metal vacío (el quemador), de manera que queden completamente por debajo del borde de la lata, y vierte el alcohol sobre los gises hasta que ya no puedan absorber más (hasta que queden saturados). Coloca la máquina de vapor sobre su soporte de alambre y con cuidado prende fuego a la mezcla de alcohol con gises. Después de algunos minutos, cuando el agua en la caldera (lata) hierva y el vapor escape, verás girar al rehilete.

Precauciones especiales

1. El gis es un material poroso, absorbe el alcohol en su interior y lo va soltando a medida que éste se va quemando. Puedes hacer fogatas de la misma manera, el carbón es también un material poroso. Usa sólo el alcohol indicado en la lista de materiales. **Mantén la botella retirada del fuego y lejos del alcance de los niños.** Con un alicate de punta fina o palos (como mangos de cucharas de madera) aparta la lata del fuego cuando parezca que esté casi vacía. La lata se deformará si entra en contacto con el agua fría (ver el experimento *Aplastando latas y botellas de plástico,* p. 17). Para apagar el fuego del "quemador," ¡no viertas agua en él! En lugar de eso, cúbrelo con un pedazo de madera o cartón. Deja que la máquina se enfríe por completo antes de usarla otra vez. Con la punta de la jeringa en el agujero, llena otra vez la lata a un tercio de su capacidad. Con el uso la lata se deteriorará, así que será necesario usar otra.

2. Nunca calientes la lata con agua ("caldera") a fuego

directo con una llama fuerte o con otra fuente de calor fuerte. La presión dentro de la caldera podría aumentar rápidamente y causar explosión. Si sigues las instrucciones anteriores evitarás este accidente.

HECHOS FENOMENALES

En el agua, las moléculas están débilmente ligadas unas con otras, por eso tienen cierta movilidad (el agua corre). Cuando el agua se calienta sus moléculas se vuelven suficientemente energéticas para romper sus enlaces, convirtiéndose entonces en vapor. La presión producida por el vapor dentro de la lata supera la presión del aire fuera de ella, cuyas moléculas son menos energéticas. Cuando la presión interna se vuelve suficientemente alta, un chorro de vapor caliente sale por el orificio y alcanza el rehilete, haciéndolo girar. Cuando casi toda el agua se ha transformado en vapor, la presión en el interior de la lata disminuye (¡es hora de reabastecer la caldera!).

Energía ordenada vs. calor

Al calentar la lata, la energía térmica (calor) asociada al movimiento aleatorio de las moléculas que forman el vapor del agua, es parcialmente convertida en energía ordenada asociada al giro del rehilete. En contraste, es posible transformar completamente "energía ordenada" en "energía desordenada" (calor). Eso sucede, por ejemplo, con la plancha para ropa o con las duchas eléctricas, cuando la energía eléctrica se convierte completamente en calor. La naturaleza, aparentemente prefiere el caos al orden. ¿Qué tal transformar tu máquina térmica en una central termoeléctrica?

Sugerencia: Utiliza un pequeño motor eléctrico usado en juguetes con el eje acoplado al rehilete para generar energía eléctrica. Conecta los terminales del motor a los de un LED. Motores CC, operando como generadores, producen corriente eléctrica continua. Observa la polaridad del LED para encenderlo en las terminales del motor, basta solamente invertir las terminales del LED en caso de que no encienda.

5. El barquito de vapor

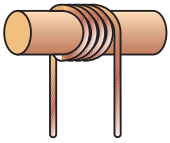
Construye diferentes modelos de barcos de vapor y observa sus diferencias.

A. Casco con ángulo

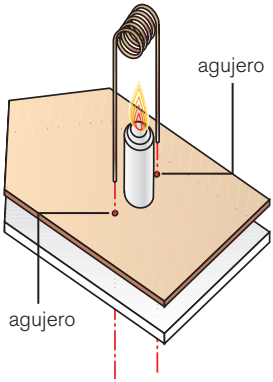
Materiales

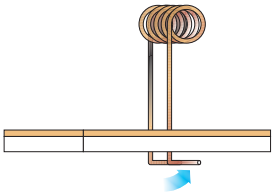
- 20 a 25 cm de tubo de cobre con unos 3 mm de diámetro interno, del que se dobla fácilmente (disponible en casi todas las ferreterías y lugares en donde se vende equipo de refrigeración)
- Placa de unicel de 1.5 cm de grosor
- Tabla plana, delgada de aprox. 2 mm de grosor de madera u otro material duro que pueda ser usado para el barquito
- Pegamento para madera o pegamento universal
- Tubo de PVC, pila o un pedazo de palo redondo (por ejemplo, de escoba)
- Vela de 5 cm de largo
- Tina o tiesto grande con agua

Paso a paso



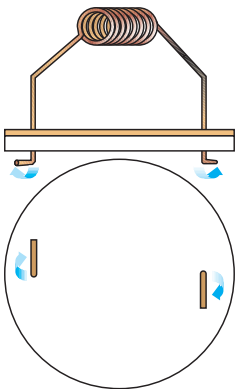
Corta un pedazo de la tabla delgada en forma del casco del barquito, como se muestra en la figura. Usa esa pieza como patrón para cortar un pedazo de unicel de las mismas dimensiones. Pégalos entre sí. Haz dos agujeros, como se indica, para que el tubo de cobre pueda entrar justo. Usa un pedazo de palo redondo o un tubo de PVC o algo similar para enrollar el tubo de cobre en forma de espiral apretada (dando cuatro o cinco vueltas) y deja extremos de 7.5 a 10 cm. Introdúcelos a través de los agujeros en la cubierta con la espiral lo suficientemente alta para acomodar la vela por abajo. Dobla el tubo de cobre debajo del casco del barquito, de manera que sus extremos se extiendan un poco, paralelos al casco y en la misma dirección, como se indica en la figura. Pon el barquito en la superficie del agua y enciende la vela debajo de la espiral. Espera unos segundos y observa tu barco navegar en el agua. En caso de ser necesario, usa una manguera de plástico conectada a una de las salidas sumergidas de la espiral para rellenarla de agua succionando por el extremo libre de la manguera. Luego desconecta la manguera y enciende la vela.





B. Casco circular

Haz un barco de vapor con un casco circular, con un radio de 5 cm, y repite los pasos anteriores, con la excepción de uno: los extremos del tubo de cobre deben apuntar en direcciones opuestas, como se muestra en la figura. Enciende la vela y observa lo que pasa. ¿Qué relación hay entre este experimento y el experimento *Fuente de agua*, en *Física divertida*, Tomo 1.



Un paso adelante

¿Qué te parece unir los modelos A y B en un sólo prototipo, usando dos espirales de tubos de cobre y dos velas? ¿Cómo crees que se moverá el nuevo barco de vapor? También podrías hacer un barco del modelo A con velas adicionales (más potencia). ¿Hay alguna ventaja si usas una segunda espiral?

HECHOS FENOMENALES

Inicialmente hay aire dentro del tubo, que es calentado por la llama de la vela. El cobre, como los metales en general, es un buen conductor de calor. Es por eso que los mangos de las cucharas grandes de metal usadas en la cocina para revolver los líquidos calientes están hechos ya sea de madera o de plástico, que son malos conductores de calor. La presión del aire a la larga se hace lo suficientemente grande para expulsar el vapor y el agua del tubo. Como una reacción, el barquito se mueve. Debido a que se forma un vacío parcial dentro del tubo, el agua es succionada hacia dentro. El agua en el tubo se evapora al calentarse por la llama. La presión de vapor sube lo suficiente para expulsar el vapor y el agua del interior del tubo, y todo el proceso empieza de nuevo. El barquito de vapor es por lo tanto una máquina de vapor que transforma el calor en movimiento "ordenado".

Un paso más adelante

Monitoreo con láser de la salida de vapor

Materiales

- Recipiente de vidrio resistente al calor casi lleno de agua
- Apuntador láser con soporte (ver Lente hecho con una gota de agua, parte F del experimento *Exploración del rayo láser*, en *Física divertida,* Tomo 1)
- Detergente lavaplatos
- Pedazo de madera con longitud mayor a la anchura del recipiente.

Paso a paso

Agrega algo de detergente al agua y revuélvelo. El detergente suaviza el agua, facilitando la formación de burbujas de vapor. También, las moléculas de detergente dispersan la luz tal como las moléculas de leche lo hacen cuando se mezclan con agua. Pon el barquito (mo-