

La física de la magia

Miguel Hoyuelos

Los trucos de magia nos asombran porque parecen violar leyes físicas bien establecidas o porque aparentan estar regidos por leyes desconocidas en la física. En este artículo se muestra que, en realidad, estos trucos están basados en leyes físicas que pueden ser tan atractivas cómo los mejores trucos de magia.

El objetivo del mago es desconcertar, asombrar y maravillar a su audiencia realizando algo en apariencia imposible, que parece violar las leyes de la física. Sin embargo, en muchos casos son las leyes de la física las que permiten hacer los trucos.

En estas páginas se revelarán algunos trucos que ilustran algunas leyes físicas. Al acceder a la explicación de un truco de magia se corre cierto riesgo: luego de la revelación no podrá volver a sentirse la misma ilusión que se experimentaba antes, cuando uno creía, por un momento, estar ante un acontecimiento extraordinario. Sin embargo, luego de la fascinación se suele pasar a la curiosidad y, a pesar del riesgo antes mencionado, uno desea saber cómo se realizó el truco. La intención de este artículo es satisfacer esa curiosidad con algunos ejemplos sencillos y, a la vez, hablar de física. La profesión de la magia no correrá riesgos, pues se trata de trucos simples y antiguos que ya han sido revelados muchas veces en otros medios.

Si un mago intenta hacer creer a su público que posee algún tipo de poder paranormal, que sus trucos no poseen una explicación a

través de leyes naturales, se trata de un mago del que se debe desconfiar. Un ejemplo es Uri Geller, famoso psíquico doblador de cucharas cuyos trucos pueden ser reproducidos sin inconvenientes, e incluso de forma más convincente, por otros magos. La mayoría de los magos es honesta y admite que las ilusiones son creadas con medios naturales.

En las secciones que siguen se describen los trucos en los que se aplican leyes físicas de, por ejemplo, fluidos, estática, termodinámica y óptica.

El principio de Arquímedes

El *buzo cartesiano* es un experimento atribuido usualmente a Descartes; sin embargo, no se han encontrado referencias a él en sus textos. La referencia más antigua es de 1648 y pertenece a Raffaello Maggiotti, un discípulo de Galileo, quien se atribuyó la invención del buzo cartesiano y explicó su funcionamiento. Dentro de una botella de plástico cerrada y llena de agua flota un tubo con aire, como se

muestra en la Figura 1. (Puede usarse una botella de vidrio, como hizo Maggiotti, pero con la de plástico el truco sale más fácil.) Del tubo cuelga un peso tal que una pequeña fuerza sería suficiente para que el tubo y el peso se hundan. La botella se sostiene con la mano derecha. Se acerca lentamente la mano izquierda hasta tocar la parte inferior de la botella. El tubo se hunde y la mano izquierda parece ejercer un misterioso magnetismo sobre él. Al alejar la mano izquierda, el tubo vuelve a subir.

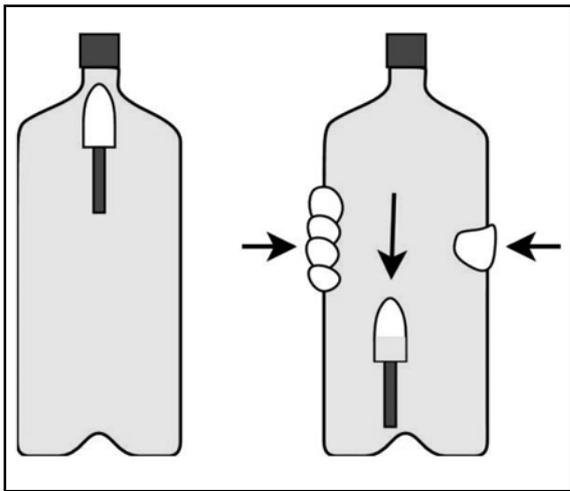


Figura 1: Bazo cartesiano. Consiste en un tubo hueco abierto por abajo, por ejemplo un gotero, dentro de una botella de plástico llena de agua. Al presionar la botella, entra agua en el gotero y se hunde.

El papel de la mano izquierda en este truco es desviar la atención del público. La verdadera responsable de la bajada y subida del tubo es la mano derecha, que sostiene la botella. El tubo tiene un orificio en su parte inferior. Si la mano derecha presiona con más fuerza a la botella, entra un poco de agua al tubo y se reduce el volumen de aire que contiene. Esta compresión hace que el tubo se hunda. Si la presión ejercida por la mano derecha se reduce, el volumen de aire dentro del tubo se expande hasta alcanzar su volumen original y el tubo vuelve a flotar.

El funcionamiento del bazo cartesiano se basa en el principio de Arquímedes (siglo III a.C.): todo cuerpo sumergido en un líquido experimenta un empuje de abajo hacia arriba igual al peso del líquido desalojado. Este principio puede entenderse de manera intuitiva mirando la Figura 2. A la izquierda de la figura se muestra un recipiente con agua en reposo; la línea punteada marca un volumen arbitrario de agua quieta. Las flechas alrededor de este volumen representan las fuerzas ejercidas por el líquido circundante, cuyo efecto neto es producir un empuje hacia arriba que debe compensar exactamente al peso del volumen marcado; si así no fuera, el agua se movería. A la derecha, se ha reemplazado el volumen de agua por un objeto que posee la misma forma. El efecto del líquido circundante es el mismo que antes, o sea, también produce un empuje hacia arriba igual al peso del volumen de agua desalojada. Por lo tanto, si el objeto es más denso que el agua, se hundirá, y si es menos denso, flotará.

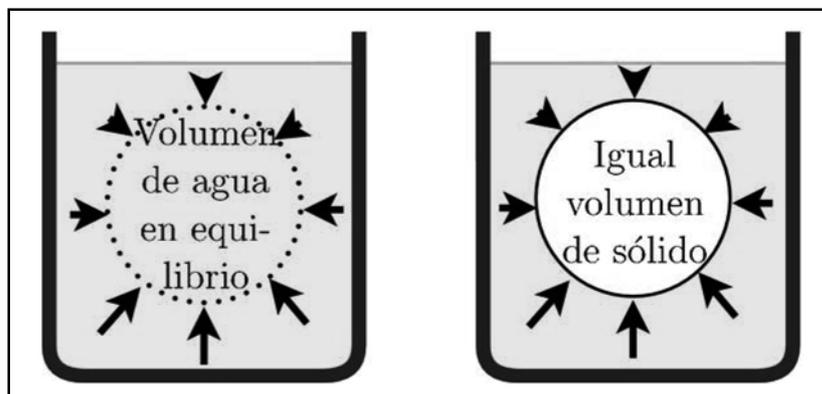


Figura 2: Ilustración del principio de Arquímedes. Las flechas indican el efecto producido por el líquido circundante, cuyo resultado neto es un empuje hacia arriba igual al peso del líquido contenido en la esfera.

La dilatación de los gases

Esta sección, dedicada a la dilatación de los gases, empezará con el relato de un milagro. La historia transcurre en el siglo I, en las afueras de Alejandría, en la zona donde comienza el desierto. Un peregrino debe llegar hasta el templo dedicado al dios local para hacer una ofrenda a la medianoche. Camina a la luz de las estrellas. El único sonido perceptible es el rozar de sus pasos en la arena. Llega al templo y coloca su ofrenda sobre la pira, cerca de la entrada. Las llamas se elevan hacia el cielo estrellado. El dios parece aceptar la ofrenda y la consume a través del fuego sagrado. La puerta del templo está cerrada y el peregrino se encuentra completamente solo. Luego de algunos minutos, escucha un crujido que viene de la puerta. Se le eriza la piel e intenta tranquilizarse pensando que sólo fue su imaginación. Al rato, otro crujido y la puerta parece moverse. Queda paralizado por el terror al ver que, poco a poco, la puerta se abre sola. Semejante prodigio le indica con claridad que el dios le es propicio y le permite la entrada a su santuario. El peregrino jamás olvidará esta experiencia y dedicará el resto de su vida al servicio y adoración del dios.

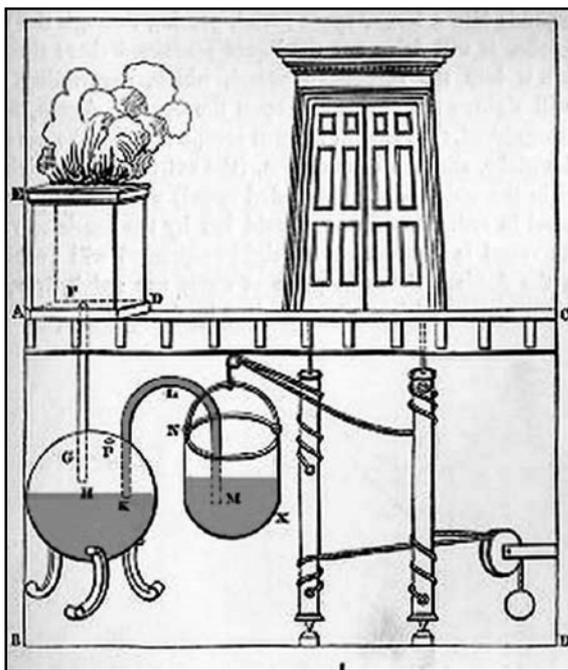


Figura 3: Templo descrito por Herón de Alejandría en su *Neumática*. Ilustración de una versión inglesa de 1851 [1].



Figura 4: Libaciones en un altar, producidas por el fuego. Fuente: Herón, *The Pneumatics* [1].

Herón de Alejandría (ca. 10 - ca. 70 d.C.), en su obra *Neumática* [1], explica cómo construir un templo cuya puerta se comporte de esta manera aparentemente sobrenatural. Describe un mecanismo oculto que se encuentra por debajo de la pira y que se conecta con la puerta del templo. El mecanismo se ilustra en la Figura 3. La pira es hueca y contiene cierto volumen de aire que, al expandirse por el calor del fuego, empuja el agua que se encuentra dentro de un recipiente, en una cámara oculta y subterránea. El agua pasa, a través de un tubo, a un balde sostenido por una cuerda. La cuerda está enrollada a dos cilindros. Al aumentar su peso, el balde con agua tira de la cuerda y hace girar los cilindros, que están unidos a los ejes de la puerta del templo. De esta forma, la puerta se abrirá lentamente gracias al calor producido por la pira.

En su libro, Herón describe una gran cantidad de mecanismos ingeniosos dedicados a producir asombro. Uno más, que también utiliza la dilatación del aire al calentarse, produce libaciones de aceite en un altar como se describe en la Figura 4. El aire, al calentarse, empuja el aceite que empieza a gotear desde las manos de las estatuas y alimenta al fuego (ver Y. Perelman, *Física Recreativa I* [2]).

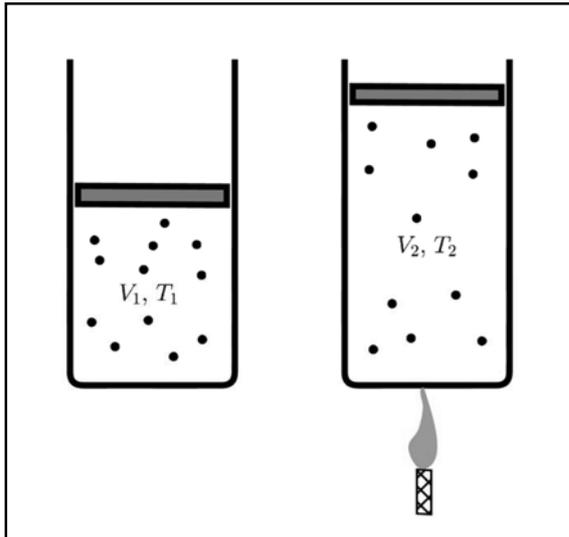


Figura 5: Ilustración de la ley de Charles. Inicialmente se tiene un gas a volumen V_1 y temperatura T_1 . Luego de calentarlo, manteniendo la presión constante, pasa a V_2 y T_2 .

El comportamiento de un gas, a presión constante, al variar su temperatura está descrito por la ley de Charles, que dice que el volumen del gas varía en forma proporcional a su temperatura. En otras palabras, si inicialmente tenemos un volumen V_1 a una temperatura T_1 , y luego tenemos un volumen V_2 a una temperatura T_2 , entonces se cumple la relación:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

donde T_1 y T_2 son temperaturas absolutas, o sea, la unidad de medición es el Kelvin. La figura 5 ilustra este comportamiento. Jacques Charles, un científico francés, dedujo esta ley en 1787.

¿Por qué se usa el nombre de Charles para esta ley si Herón sabía de la dilatación de los gases mucho tiempo antes? La diferencia es que Charles fue el primero en expresar este fenómeno físico de forma matemática, lo que permite una descripción mucho más precisa y también la realización de predicciones. Es decir, con la fórmula matemática es posible predecir, por ejemplo, cuánto variará el volumen de un gas si se varía su temperatura en cierta magnitud. Por supuesto, la ley no vale para cualquier valor de temperatura, porque a temperaturas bajas

un gas se transforma en líquido, y la ley de Charles sólo vale para gases.

Transmisión de calor

Durante los siglos XVIII y XIX era común encontrar en las ferias de Europa o Norteamérica algún representante de los «reyes del fuego» manipulando, en forma impresionante y peligrosa, objetos incandescentes, brasas o metales fundidos. Algunos ejemplos ilustres fueron Chabert y Madame Girardelli, la «célebre mujer a prueba de fuego». La historia de estos y otros personajes similares, y la forma en que realizaban sus actos, pueden encontrarse en el libro de H. Houdini, *Miracle Mongers and Their Methods* [3].

Dos de los actos más famosos de los reyes del fuego son caminar sobre brasas e introducir una mano en un metal fundido.

Caminata sobre fuego

La caminata sobre fuego o brasas tiene, en realidad, una tradición mucho más antigua que la de los reyes del fuego. Aparece en la historia, como parte de rituales religiosos o como costumbres populares que pudieron haberse originado en antiguos rituales de pasaje, en, por ejemplo, Japón, India, Sudáfrica, desierto de Kalahari, Polinesia, Grecia y Bulgaria. En algunos pueblos de España se practica como una costumbre popular. A través de los españoles ha llegado a América. También se practica en algunos sitios del noreste argentino.

No se trata de un truco en el sentido de que exista un artificio o un ardid oculto al espectador, las caminatas sobre brasas son lo que parecen. En su libro *Los fenómenos paranormales* [4], el físico francés H. Broch explica por qué es posible caminar sobre brasas ardientes. El mismo Broch llevó a la práctica esta experiencia leyendo, mientras caminaba, su libro, para convencerse de que no se quemaría. No se quemó y la mayoría de la gente que hace estas caminatas no se quema. Sin embargo, si el fuego no está adecuadamente preparado puede haber quemaduras. El carbón, o la madera, debe tener poca humedad y las brasas deben arder durante un buen rato para que se evapore la

humedad que pueda haber (esto no significa que se enfríen, las caminatas pueden hacerse sobre brasas a 500°C o más). La ausencia de humedad es necesaria para mantener baja la conductividad térmica del carbón, que, como veremos, es uno de los factores más importantes para que una caminata sobre fuego sea posible.

La Figura 6 es un esquema que muestra las variables del problema: el pie a temperatura $T_{\text{pie}}=36^{\circ}\text{C}$, las brasas a $T_{\text{brasas}} 500^{\circ}\text{C}$, y el calor Q que fluye de la zona de mayor temperatura a la de menor. El punto crítico es mantener Q acotado, pues si supera cierto valor se producen quemaduras. El calor Q se obtiene de la ley de Fourier de transmisión de calor, cuya versión simplificada y adaptada a este caso es:

$$Q \propto k (T_{\text{brasas}} - T_{\text{pie}}) t$$

donde α significa «proporcional a», k es la conductividad térmica del carbón y t es el tiempo durante el cual el pie está apoyado sobre las brasas. La diferencia $T_{\text{brasas}} - T_{\text{pie}}$ es grande, lo que daría un Q grande y peligroso, pero está compensada por las otras dos variables, k y t , que deben ser pequeñas. La conductividad térmica del carbón o la madera, k , es 300 veces menor que la del hierro. El tiempo t que dura una pisada es del orden del segundo mientras se mantenga un paso rápido (no es necesario correr). Estos factores son suficientes para mantener Q dentro de márgenes seguros. Por supuesto,

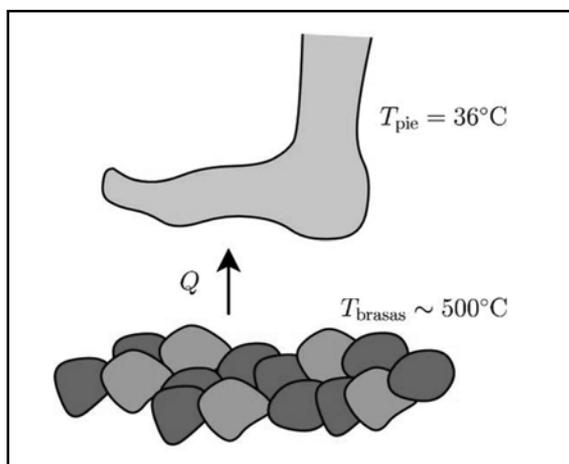


Figura 6: Caminata sobre fuego. La flecha indica el flujo de una cantidad de calor Q que va de las brasas al pie.

si en lugar de carbón usamos una plancha de hierro, o si en lugar de mantener el paso nos quedamos parados, habrá quemaduras.

Además, debido a la diferente capacidad calorífica del pie y de las brasas, resulta que el pie enfría más a las brasas que lo que las brasas calientan el pie. Este rápido enfriamiento de las brasas en el momento del contacto con el pie también ayuda a que el calor transmitido Q no sea demasiado grande.

Mano en plomo fundido

Según David Willey, un profesor de física inglés, «nada captura más la atención de un alumno que ver a su maestro a punto de matarse». Llevando a la práctica esta premisa, realiza ante sus alumnos algunas demostraciones bastante impresionantes. Una de ellas es introducir su mano desnuda dentro de un recipiente con plomo fundido, como se ve en la Figura 7. La temperatura de fusión del plomo es 327.5°C . Sin embargo, para que la experiencia sea exitosa, es conveniente que el plomo esté aún más caliente, a alrededor de 500°C . La mano se introduce un instante y se retira con rapidez. Si el plomo está lo suficientemente caliente, en forma casi instantánea se produce una fina película de vapor en torno de la mano por evaporación de la transpiración. Esta película puede mantener la piel separada del plomo fundido durante un breve lapso. Dado que, en algunos casos, la transpiración puede no ser suficiente para producir la película protectora de vapor, es conveniente mojarse antes las manos.

Más detalles sobre ésta y otras demostraciones espectaculares de Willey pueden encontrarse en la referencia [5].

Fuerza y presión

La Figura 8 muestra un caminante sobre fuego hindú calzando zapatos con clavos. Dependiendo de la cantidad y del filo de los clavos, usar este tipo de calzado, o acostarse en una cama con clavos, puede ser doloroso. En la tradición hindú, una experiencia de este tipo es considerada como una prueba de devoción y como un medio para alcanzar un estado superior del ser. Las consecuencias físicas, sin embargo, no son graves: en general no se produce daño sobre



Figura 7: Mano sumergida en plomo fundido. Fuente: D. Willey, *The Physics Behind Four Amazing Demonstrations* [5]



Figura 8: Calzado con clavos de un hindú, en Durban, Sudáfrica, 1931. Fuente: National Geographic flashback [6].

la piel (especialmente si está curtida por la práctica). ¿Cómo es posible acostarse o pararse sobre clavos y no lastimarse?

La explicación está en la diferencia entre presión y fuerza. Por ejemplo, un calzado con taco tipo aguja puede dañar un piso de madera, mientras que la misma persona con un zapato con suela lisa no produce ningún daño. En ambos casos la fuerza que se aplica al piso es la misma: el peso de la persona. La diferencia, cuando el taco es tipo aguja, es que la fuerza está concentrada en un área pequeña. Entonces, el parámetro importante a tener en cuenta no es la fuerza, sino la fuerza por unidad de área, o sea, la presión. Si llamamos F a la fuerza, P a la presión y A al área, tenemos

$$P = \frac{F}{A}.$$

Volviendo al caso del zapato con clavos, supongamos el caso extremo en el que hay un solo clavo y que el área de contacto con el clavo, A , es muy pequeña. De acuerdo con la ecuación anterior, la presión será muy grande y podrá causar daño. Pero, en la práctica, ambos zapatos tienen alrededor de

200 clavos y la presión promedio será $P=F/$ (200 A), o sea, 200 veces menor que en el caso anterior. Esta disminución de la presión será suficiente para que no se produzcan daños, aunque probablemente no para transformar este calzado en algo comfortable.

Choques

En la misma época en que los reyes del fuego, mencionados antes, gozaban de popularidad, también tenían éxito, en los mismos escenarios, las demostraciones de los hombres forzudos. Las pruebas que hacían eran variadas. Una de ellas se ilustra en la Figura 9, fragmento de un anuncio de las proezas de Johann von Eckenberg. En este caso, von Eckenberg se acostaba con una piedra sobre su abdomen y un compañero hacía la piedra pedazos golpeándola con una maza. Von Eckenberg se ponía de pie y saludaba al público sin dar muestras de dolor o daño físico.

La explicación de este acto tiene que ver con la distinción entre dos tipos de choques: elástico e inelástico. La Figura 10 muestra un diagrama de un choque elástico entre dos cuerpos de masas iguales.



Figura 9: Una de las pruebas de von Eckenberg, famoso hombre forzudo del siglo XVIII [3].

En un choque elástico la energía del movimiento, o energía cinética, se mantiene igual antes y después del choque. No se gasta energía en romper o deformar los dos cuerpos y la segunda masa continúa con la misma velocidad que la primera. El choque entre bolas de billar es aproximadamente elástico. Pero la mayoría de los choques son inelásticos y en estos casos siempre se gasta algo de energía en deformar o romper los cuerpos que chocan. Es lo que sucede en la demostración de von Eckenberg (y de varios otros que también la hacían). El éxito de la demostración depende en cierta medida de la habilidad del que da el golpe con la maza, pues debe aplicar la energía suficiente para romper la piedra, pero no más. De este modo, la mayor parte de la energía se consume en romper la piedra que, en la práctica, funciona como un escudo. Más sobre los hombres forzudos puede encontrarse en el libro de Houdini [3].

Wiley realiza una demostración que consiste en una combinación de la cama con clavos y rotura de bloque sobre el pecho, como se ve en la Figura 11. En este caso es necesario cubrirse el rostro y las piernas para evitar el golpe de algún trozo de bloque. La explicación consiste, por supuesto, en una combinación de las explicaciones presentadas en esta sección y en la anterior.

Caja de resonancia

Jean Eugène Robert-Houdin (1805-1871) es uno de los personajes más importantes en la historia de la magia. De origen francés, fue él quien popularizó la

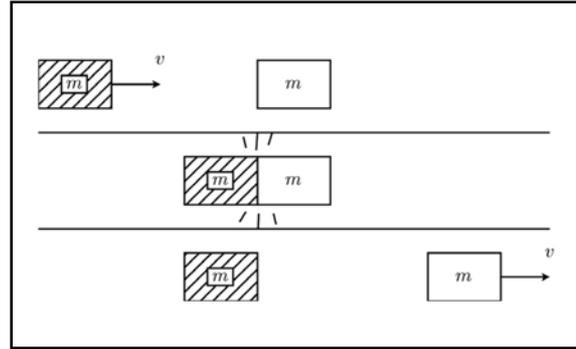


Figura 10: Choque elástico entre dos cuerpos de masas iguales. El de la izquierda transmite toda su velocidad al de la derecha. No hay pérdida de energía cinética

clásica imagen de los magos con galera y frac. Escribió un libro titulado *Magia y física recreativa* [7] en el que describe, entre otras cosas, una sesión espiritista en su propia casa. Los invitados, amigos y conocidos de Robert-Houdin, entran circunspectos a la habitación en penumbras y se sientan en torno a una mesa redonda. Frente a ellos, en el centro de la mesa y a la altura de sus cabezas, cuelga del techo una caja de madera. Antes de la sesión, todos revisan la caja y comprueban que está vacía. Unen sus manos, cierran el círculo magnético y, luego de un rato de invocar a los espíritus, reciben la primera



Figura 11: Combinación de cama con clavos y mazazo con bloque sobre el pecho. El temerario que recibe el golpe en esta fotografía es el profesor de física D. Willey [5].

respuesta: un pequeño golpe que proviene de la caja. Los presentes realizan preguntas al espíritu y reciben respuestas más o menos coherentes a través de un código de pequeños golpes. En su forma más clásica y simple este código consiste en lo siguiente: un golpe significa sí y dos golpes significan no. Al final de la sesión todos vuelven a revisar la caja y comprueban que está tan vacía como antes. Robert-Houdin despide a los invitados, que retornan a sus casas sin poder decidir si fueron engañados o si realmente asistieron a un fenómeno sobrenatural. El aspecto más asombroso de la experiencia es que el sonido de los golpes proviene única y claramente de la caja.

Robert-Houdin explica en su libro que, durante la sesión espiritista, hay en el piso, cerca de su pie, un interruptor eléctrico para activar un par de electroimanes ocultos en el techo (ver Figura 12) que sirven para golpear la varilla que sostiene la caja. La vibración del golpe se transmite a través de la varilla hasta la caja. Sin embargo, el sonido del golpe

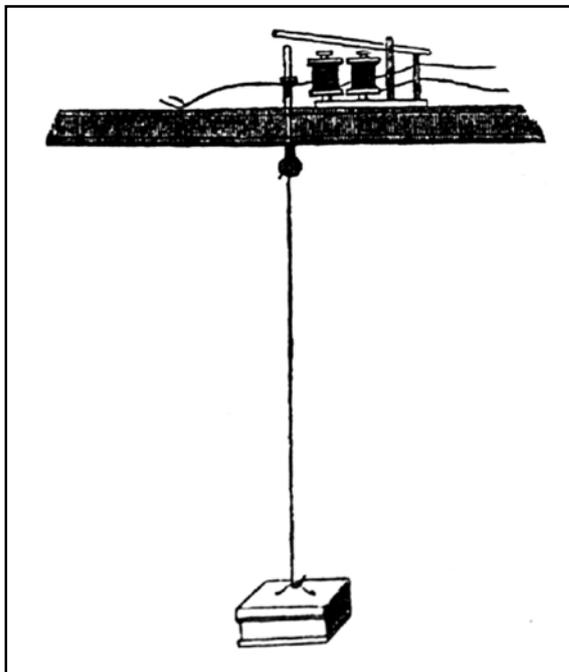


Figura 12: Caja de madera, que cuelga del techo, utilizada por Robert-Houdin para su sesión espiritista. Oculto sobre el techo puede verse un par de electroimanes que se usan para golpear la varilla que sostiene a la caja.

Fuente: J.E. Robert Houdin [7].

proviene sólo de la caja, y no de la varilla ni del techo. La razón es el fenómeno de resonancia.

¿Qué es la resonancia? Al hamacarse en un columpio un niño recibe la ayuda de su madre que da pequeños empujones en cada oscilación. Los impulsos de la madre se aplican con la misma frecuencia con la que el columpio oscila solo. Luego de un rato, la amplitud de la oscilación aumenta y el niño se divierte: ha entrado en resonancia. Si la frecuencia de los impulsos fuera mayor o menor, las oscilaciones no aumentarían su amplitud y no se produciría la resonancia. La resonancia es, entonces, la tendencia del columpio a oscilar con la máxima amplitud cuando se lo impulsa con la frecuencia adecuada, llamada frecuencia de resonancia. En el caso de la caja de madera, las moléculas de aire dentro de la caja pueden oscilar como lo hace el columpio, y el impulso externo lo reciben a través de las vibraciones de las paredes de la caja, que llegan de la varilla que la sostiene. A diferencia del columpio, las moléculas de aire dentro de la caja tienen muchas frecuencias de resonancia diferentes. La vibración de las paredes de la caja excita algunas de estas frecuencias y hace que la amplitud de las oscilaciones aumente, produciendo el sonido que los asistentes a la sesión espiritista escuchan.

Ley de reflexión

Robert-Houdin describe en su libro [7] el truco de la cabeza parlante que se muestra en la Figura 16. Fue bastante popular hacia mediados del siglo XIX en París. Los que querían ver el prodigio, que era presentado como una especie de esfinge oracular, debían pagar un precio caro y atravesar pasillos oscuros, con cuadros tenebrosos, y bajar una escalera hasta llegar a la entrada a una habitación larga, húmeda y mal iluminada, con el ánimo bien predispuesto a la aprehensión. En el extremo de la habitación se hallaba la cabeza sobre una mesa. El visitante no podía acercarse pero podía realizar preguntas que eran contestadas por la cabeza con tono lúgubre. Según Robert-Houdin, se cometió el error de cobrar demasiado caro la entrada, lo que atrajo la asistencia de grupos de jóvenes de la alta sociedad parisina, desocupados, inquietos y poco respetuosos de las esfinges

oraculares. Con el deseo de hacer valer el dinero invertido, algunos de ellos quisieron obtener mayor diversión de la cabeza parlante, y comenzaron a arrojarle pequeños objetos con el objetivo de acertar en la boca. La pobre cabeza no podía hacer más que gritar e insultar. Todo terminó cuando uno de los jóvenes, algo inhábil para arrojar objetos, dio con su proyectil bajo la mesa, entre las patas. El objeto, en lugar de atravesar el espacio por debajo de la mesa, rebotó dejando en evidencia la presencia de un espejo que ocultaba al propietario de la cabeza. En la Figura 13, las zonas marcadas con A' y B' bajo la mesa muestran la reflexión de las paredes de los costados, marcadas con A y B respectivamente. Los espejos bajo la mesa están colocados de tal forma que las imágenes que producen parecen una continuación de la pared del fondo cuando, en realidad, son el reflejo de las paredes de los costados.

El diseño de trucos con espejos requiere del conocimiento de la ley de reflexión, ilustrada en la Figura 14. Esta ley dice que, al reflejarse un haz de luz en un espejo, el ángulo de incidencia, i , debe ser igual al ángulo de reflexión, r . Antes de Galileo era raro que se utilizara la matemática para expresar leyes físicas. Una de esas excepciones fue la ley de reflexión, cuya expresión matemática es simplemente $i=r$. Herón de Alejandría dedujo esta ley partiendo de un principio que, siglos más tarde, también sería útil para deducir la ley de refracción: el camino que recorre un haz de luz es el más corto posible. Para llegar de un punto a otro, el camino más corto es una línea recta (en un espacio euclidiano). Herón deduce, por lo tanto, que la luz se propaga en línea recta. Si antes de llegar al punto final el haz se refleja en un espejo, Herón demuestra, usando los axiomas de Euclides, que el camino más corto es el que corresponde a $i=r$.

Si nos encontramos en una habitación y miramos hacia afuera a través del vidrio de una ventana, la mayor parte de la luz que llega a nuestros ojos proviene del exterior.

Si encendemos una luz dentro de la habitación, también podremos ver en la ventana, superpuesto a la imagen del exterior, el reflejo de la luz. El vidrio funciona, en este caso, como un espejo semitransparente. Lo que vemos es una superposición de luz

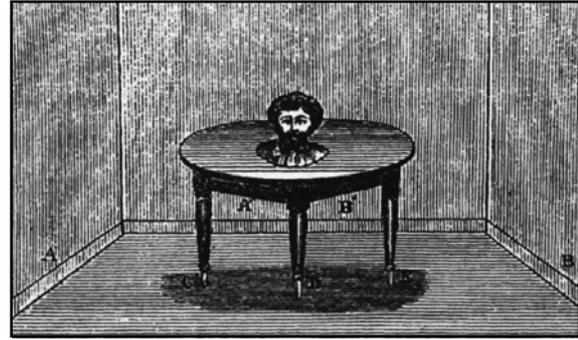


Figura 13.: La cabeza sobre la mesa es real, habla y contesta preguntas. El truco se realiza utilizando espejos y la ley de reflexión. Fuente: J.E. Robert-Houdin [7].

transmitida del exterior y luz reflejada del interior. Esta superposición es la base de un truco usado en exhibiciones y obras de teatro durante el siglo XIX. El público se encuentra en penumbras y sólo se ilumina la acción en el escenario. Entre el público y el escenario hay una gran placa de vidrio que, cuando la acción lo requiere, refleja figuras que se superponen a los actores. Robert-Houdin [7] y Hopkins [8] explican entretenidas variantes de este truco, como la aparición fantasmal que se ve en la Figura 15.

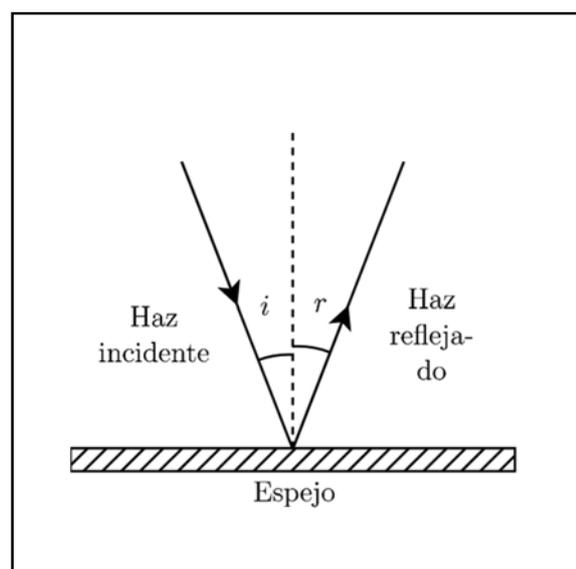


Figura 14: Reflexión de un haz de luz en un espejo. Las letras i y r indican los ángulos de incidencia y reflexión. Según la ley de reflexión, $i=r$.



Figura 15: Aparición fantasmal producida con un espejo semitransparente. Fuente: A. Hopkins [8].

Hay una gran variedad de trucos que se realizan con espejos, algunos de ellos son bastante complejos y producen efectos espectaculares. Menciono un ejemplo más, descrito en el libro de Y. Perelman [2]: el aparato de Roentgen. Este dispositivo sirve, en apariencia, para ver a través de cualquier tipo de material. En realidad, la luz elude el obstáculo desviándose en espejos.

Conclusión

Las descripciones de trucos de magia que se presentan en este artículo tienen la intención no sólo de usarlas como base para la explicación de los principios físicos subyacentes, sino también la de dejar de manifiesto la semejanza que existe entre la fascinación de una persona que presencia un espectáculo de magia y la de un científico que observa la naturaleza. En ambas situaciones se puede sentir la misma sensación de asombro y maravilla. Igual que el espectador de los actos de magia, el científico quiere saber cuáles son los trucos que hay detrás de los actos de la naturaleza.

Referencias

- [1] Herón de Alejandría, *The Pneumatics* (Londres, 1851), <http://www.history.rochester.edu/steam/hero/index.html>
- [2] Y. Perelman, *Física Recreativa I y II* (Mir, Moscú, 1975), <http://www.librosmaravillosos.com/fisicarecreativa1/index.html>
- [3] H. Houdini, *Miracle Mongers and Their Methods* (E. P. Dutton and Co., New York, 1920), <http://etext.virginia.edu/toc/modeng/public/HouMirM.html>
- [4] H. Broch, *Los fenómenos paranormales, una reflexión crítica* (Ed. Crítica, Barcelona, 1987).
- [5] D. Willey, *The Physics Behind Four Amazing Demonstrations*, *Skeptical Inquirer* (noviembre/diciembre 1999), <http://www.csicop.org/si/9911/willey.html>
- [6] National Geographic flashback (Septiembre 2006), <http://www7.nationalgeographic.com/ngm/0609/flashback.html>
- http://en.wikipedia.org/wiki/Louis_Cyr
- [7] J.E. Robert-Houdin, *Magia y física recreativa* (Alta Fulla. Barcelona, 1998).
- [8] A. Hopkins, *Magic, Stage Illusions and Scientific Diversions Including Trick Photography* (Munn & Co., 1901).

Agradecimientos

El contenido de este artículo ha sido presentado en charlas para todo público y en escuelas. Al final de las charlas, los magos Alan Magic y Fernando Rodríguez contribuyeron desinteresadamente a recuperar la ilusión realizando trucos maravillosos que no fueron explicados.

Agradezco a D. Willey por permitirme el uso de sus imágenes.

Miguel Hoyuelos es Doctor en Física, docente e investigador del Departamento de Física de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de Mar del Plata. Investiga sobre procesos irreversibles y sistemas fuera de equilibrio
hoyuelos@mdp.edu.ar