

La magia... de la física. Parte 1

revistac2.com/la-magia-de-la-fisica-parte-1/

El 13 de mayo de 2017 fui invitado a una representación de magia en la escuela de magia “La Corte de los Milagros” en Livorno [1]. Es la única escuela de magia en Italia que tiene un teatro permanente. Como se puede ver en la imagen (Figura 1), es un teatro pequeño pero perfectamente equipado, decorado con carteles de ilusionistas italianos y extranjeros.

En el pasado he realizado diversas actuaciones de física con un corte “mágico” (es decir: con efectos



Figura 1

sorprendentes e inesperadas), sobre todo en escuelas o en festivales de ciencia, como se puede ver en la sección de video del siguiente lugar [2]. Pero esta vez era un verdadero espectáculo hacerlo frente a una audiencia “experta”. Y todavía más difícil, estaba en compañía de un verdadero mago (Riccardo Balena), un prestidigitador experto en trucos de cartas. El programa fue diseñado y realizado por Giorgio Gronchi, un psicólogo cognitivo que estudia la magia, para el placer personal, pero también por interés profesional en el funcionamiento de nuestro cerebro.

El espectáculo fue organizado en tres tiempos, en los cuales mostré un par de experimentos y Riccardo un hechizo con un miembro del público. Antes de pasar a la física, tengo que decir que Riccardo fue realmente muy bueno; en la última escena dejó la manipulación de la cartas a una persona escogida en el público. Y el truco fue un éxito.

La diferencia entre un espectáculo de magia y uno de física no está en los experimentos (que siempre deben tener algo sorprendente), sino en el hecho de que en el primer caso no hay explicaciones y en el segundo la explicación es parte del espectáculo. Y de hecho, el estribillo que acompañó a cada episodio fue: ¿Por qué? Pero vamos a ver en detalle lo que hice.

El primer experimento involucró el hundimiento del Titanic, ver figura 2 [3,4,5]. En la película del Titanic [6] Jack y Rose se aferran a la barandilla de popa, y poco antes del hundimiento Jack exhorta a Rose para que se prepare a nadar con todas sus fuerzas, porque el vórtice que se formará detrás de la nave los arrastrará hacia abajo. ¿Pero es cierto que hay una aspiración detrás de los barcos que se hunden? Y si es así, ¿por qué?

Una de las teorías que existen dice que el aire contenido en el recipiente aligera el agua, que es por lo tanto incapaz de sostener los botes salvavidas y los naufragos. Este mito también fue objeto de una investigación de

los MithBuster Adam Savage y Jamie Hyneman [7], que no encontraron evidencia del efecto, aunque usaron un barco demasiado pequeño [8]. De todas maneras, el efecto está documentado por muchos relatos de testigos [9] y es fácilmente replicable en el escenario. Es suficiente usar un recipiente alto y estrecho, llenarlo con agua (preferiblemente de color) y simular el Titanic con un vaso con la parte inferior que desplace mucha agua. He

marcado el nivel del agua y he pedido al público predecir lo que pasará con ese nivel después del hundimiento del barco:

¿Se levantará?
 ¿Seguirá siendo el mismo?
 Bajará?

Por lo general, una gran mayoría de las personas en la audiencia vota por la primera opción y, a continuación, estará sorprendido de que el “nivel del mar” disminuye cuando un barco se hunde (Figura 3).

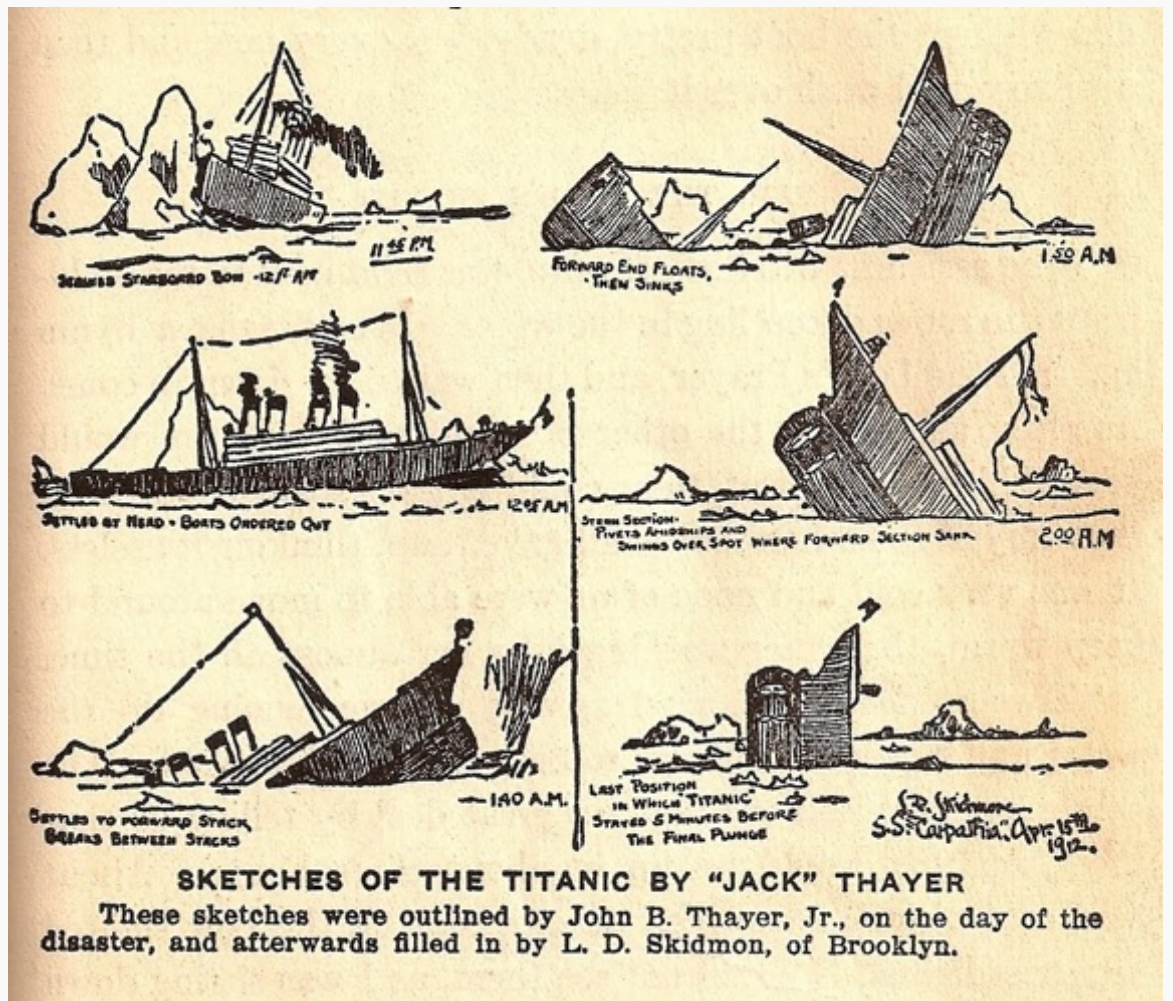


Figura 2: el hundimiento del Titanic dibujado por un superviviente (JB Thayer)

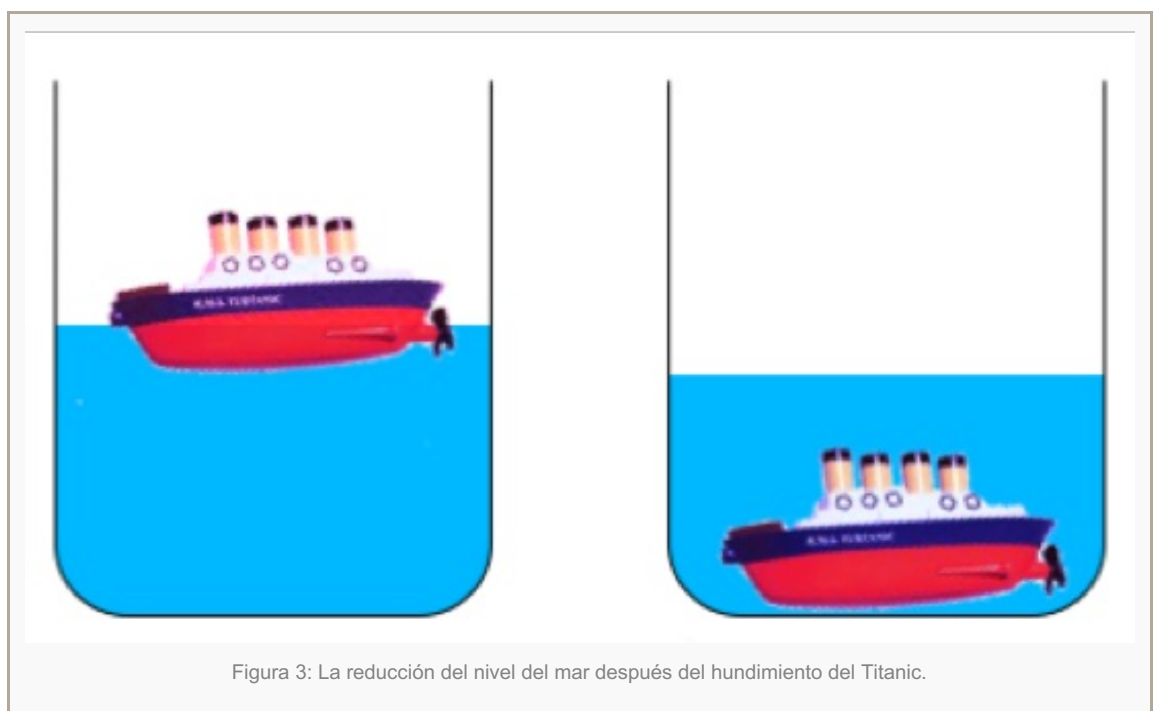


Figura 3: La reducción del nivel del mar después del hundimiento del Titanic.

Obviamente, siendo un físico cruel, tomé la oportunidad de hacer recitar por parte del público el principio de Arquímedes, que dice que un cuerpo sumergido en un fluido recibe un empuje igual al peso del fluido desplazado. Ya que los buques están hechos de

un material más pesado que el agua, tienen que mover más agua que el volumen del material del que están hechos, mientras que una vez hundido desplazan sólo este último volumen. El Titanic transportaba una gran cantidad de gente rica, y se han producido varias expediciones para recuperar objetos valiosos y joyas [10]. ¿Cómo podríamos hacer una expedición de buceo en la botella? Construí un buzo usando un tapón de bolígrafo Bic y un poco de barro [11,12]. Antes de todo he enchufado el agujero en la parte superior de la tapa y agobiado la boquilla de modo que el buceador flote apenas (Figura 4). Luego puse el tapón en una botella de plástico llena de agua hasta el borde, cerrándola. ¿Cómo convencer al buceador a bajar si la botella está cerrada?

Utilizando un modelo del Titanic como un “imán” exótico, demostré que se puede hacer subir y bajar a voluntad el buzo. En realidad lo que hice fue aumentar la presión dentro de la botella apretándola con una mano (y para que no se descubra el truco la botella debe estar completamente llena, de lo contrario se verá demasiado la deformación). La burbuja de aire en el interior de la tapón se reduce en volumen, disminuyendo la flotabilidad del buceador.

Entre otras cosas, el Titanic, o más bien el iceberg que lo hundió, se presta para ilustrar un aspecto más llamativo. Todo el mundo sabe que la sal derrite el hielo. He preparado un recipiente con hielo (y un poco de agua) y he puesto dentro el sensor de un termómetro electrónico con una pantalla grande. Pregunta: ¿Qué ocurre con la temperatura

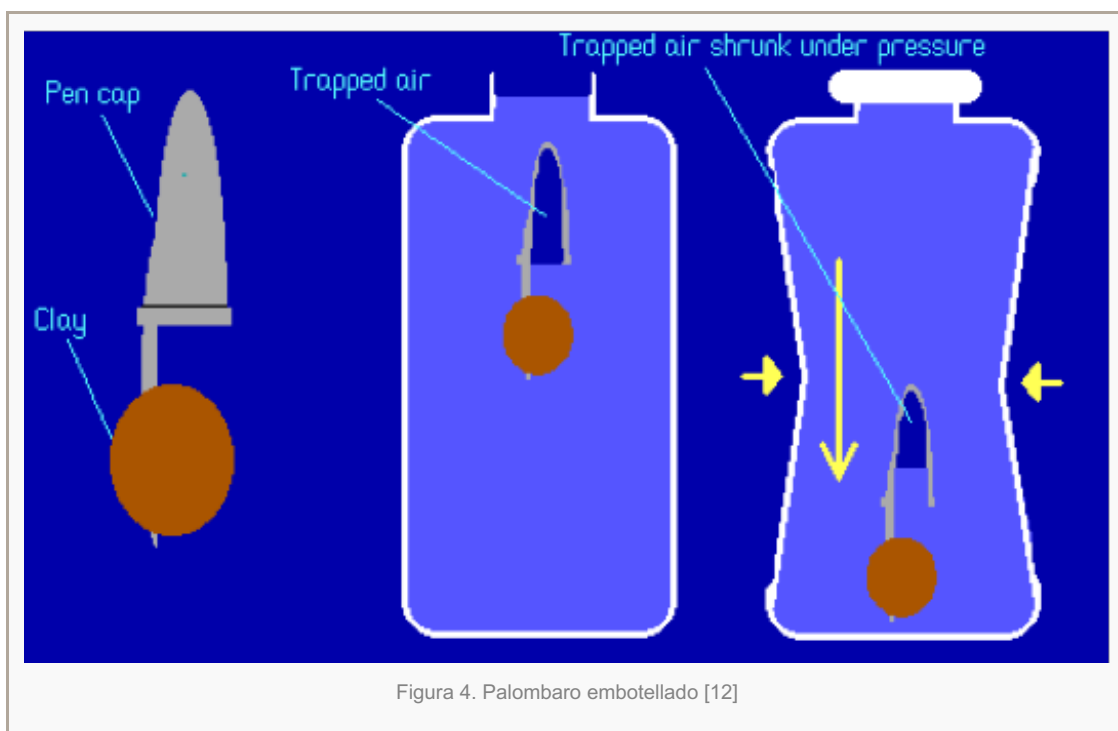


Figura 4. Palombaro embotellado [12]

cuando se agrega sal? Casi todo el mundo espera que la temperatura suba, ya que el hielo se derrite. Pues no, la temperatura desciende [13,14]. Después de un tiempo corto el termómetro marcaba menos 10 grados, y es posible llegar más bajo.

¿Qué ocurre con la temperatura cuando se agrega sal?

El hecho es que la sal prefiere energéticamente la forma sólida, y las moléculas de agua la estructura cristalina del hielo. Pero hay muchas más configuraciones con moléculas de sodio y cloro mezcladas con las moléculas de agua que cuando están separados, y la física nos dice que el equilibrio está dado por el equilibrio entre la energía y la entropía (número de configuraciones), mediada por la temperatura. Para temperaturas inferiores a -21 grados, la energía gana la competición y la sal y el hielo se mantienen sólidos (esto es un problema para los países fríos, que no pueden utilizar la sal para derretir el hielo debajo de esta temperatura). Si se trata de países más calientes gana la entropía y las dos sustancias se mezclan, pero para derretir el hielo (y la sal) se necesita energía, por lo que la temperatura baja [15].

Dado que para estos experimentos tenía que proteger la tabla de las salpicaduras de agua usando una toalla y una palangana, tomé la oportunidad de hacer otra magia con la agua que es retenida por una malla (tul). Extendí el tul en la parte superior de un frasco, y la aseguré con una banda de goma. Llené el frasco a través

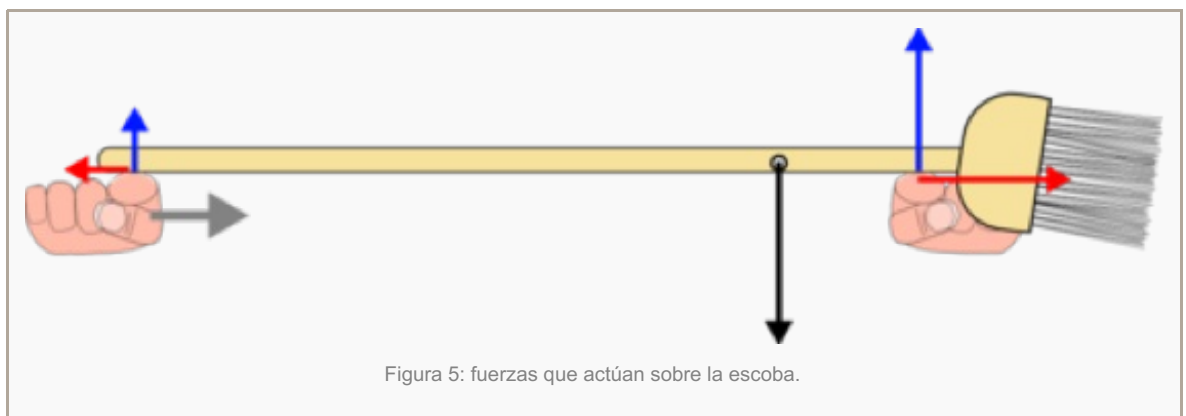
del tul para demostrar que el agua realmente puede pasar. He tapado el frasco con un trozo de plástico (debería haber utilizado una carta de juego para recordar el espectáculo de Riccardo) e invertí todo el conjunto. Entonces tiré lentamente del plástico. El agua no cae, a menos que se incline el frasco. Lo sorprendente es que también se puede hacer el truco con una red de mallas muy grandes, de hasta aproximadamente medio centímetro de diámetro. En este caso es necesario poner mucha atención a mantener la superficie horizontal, porque simplemente inclinando el frasco o golpeándolo (o dejando un pliegue en el cierre de malla) el agua se cae y el espectáculo falla.

| *Lo que es sorprendente es que sea tan difícil de mantener el agua en el colador.*

En realidad, lo que es sorprendente es que sea tan difícil de mantener el agua en el colador. Pensando en cuando se utiliza una paja para extraer una muestra de agua como si se tratara de una pipeta, después de haber tapado el extremo superior, nos damos cuenta de que podríamos utilizar pajitas con un diámetro incluso mucho mayor, hasta un centímetro y más allá. De hecho, se puede hacer el mismo truco utilizando una botella de cerveza (sin malla), y con un agujero muy grande. La diferencia es que la malla es como si estuviera formada por muchas pajitas *acopladas* (ya que se comunican a través del líquido). Si la presión no es exactamente la misma en las pajitas, hay un efecto de amplificación de la diferencia, y la tensión superficial del agua, por agujeros demasiado grandes, no logra compensar.

Un “truco” que es en realidad casi mágico es el equilibrio espontáneo de una escoba. Tomé una escoba y le pedí a un miembro del público encontrar su centro de masa, es decir, el punto en el que se puede mantenerla en equilibrio apoyada sobre un dedo. Por supuesto, para encontrar este punto se debe hacer una serie de intentos, y he señalado que si no se encuentra de manera perfecta, la escoba cae. Luego he vendado los ojos a un voluntario y le pedí abrir los brazos manteniendo las manos verticales. Luego puse la escoba sobre los índices de las dos manos [16]. Entonces le pedí juntar lentamente las manos: maravillosamente la escoba no se cayó y los dos dedos se juntaron directamente debajo del centro de masa de la escoba (Figura 5). ¿Por qué?

El equilibrio de un cuerpo rígido está dado por la suma de las fuerzas que deben desaparecer (de lo contrario el cuerpo se



acelera), sino también por el hecho de que la suma de los momentos de las fuerzas (intensidad por el brazo) debe ser cero, sino el cuerpo giraría. Los dos dedos no ejercen la misma fuerza: el dedo más cercano al centro de masa ejerce una fuerza mayor, como se puede averiguar directamente. Ahora entra en el juego la fricción, que viene dada por el coeficiente de fricción (igual para los dos dedos) y la presión. El dedo más cercano al centro de la masa ejerce una fuerza mayor y por lo tanto se siente más la fricción. Entonces será el dedo más lejano el que se desliza más, hasta que llegue más cerca del centro de masa del primero. Luego la situación se invierte. Así que los dos dedos se deslizan alternativamente hasta que se unen por debajo del centro de masa.

Permaneciendo siempre en temas relacionados con la mecánica, he mostrado un efecto mágico con una pelota de baloncesto y una de voleibol. He mostrado que estas pelotas después de un rebote casi llegan a la línea de salida, y que, como señalado por Galileo, todos cuerpos caen con la misma aceleración, es decir, que las dos bolas, si se dejan caer desde la misma altura, se acercan a la tierra con la misma velocidad.

| ¿Qué altura alcanzará la bola superior?

Entonces dejé caer juntas las dos bolas, teniendo la más pequeña y más ligera arriba de la de baloncesto (utilizando un soporte para mantenerlas en equilibrio antes de soltarlas). ¿Qué altura alcanzará la bola superior? ¿La misma que antes? ¿El doble?, ¿más? Para sorpresa de la audiencia la de voleibol llegó entre 3 y 4 metros más alto. ¿Por qué?

Para obtener la respuesta de una manera sencilla, supongamos que las pelotas son cuerpos perfectamente elásticos, y que la masa del más pesado es mucho más grande que la del otro. Hay que recordar también la relación entre la altura de partida (o altura máxima h) y la velocidad final v , que se obtiene de la conservación de energía. La altura h es proporcional al cuadrado de la velocidad final v^2 . Además, supongamos que el diámetro de las bolas sea pequeño comparado con h (es decir, ignoramos el hecho de que una bala cae un poco más que la otra).

| Ambas bolas llegan en el suelo con la misma velocidad.

Ambas bolas llegan al suelo con la misma velocidad v , pero mientras que la primera rebota contra el suelo, que es estacionario, e invierte su velocidad, la bola de encima impacta contra la segunda. Su velocidad relativa con respecto a ésta es $2v$ y, a continuación, cambia con velocidad $2v$ hacia arriba en el sistema de referencia de la primera. Dado que ésta viajaba a una velocidad v con respecto al suelo, la segunda bola se desplaza con velocidad $3v$ en el sistema de referencia fijo. Entonces, si todo estuviese perfecto, alcanzaría una altura igual a $9h$. Si partimos las dos bolas desde una altura de un metro y medio, podemos llegar fácilmente al techo (quizá rompiendo una lámpara, con un impacto visual significativo). Si ponemos una tercera bola en la parte superior de la segunda podríamos, en principio, llegar a $49h$.

Al comienzo del espectáculo mostré a la audiencia que había colocado en la esquina un pájaro bebedor [17], que no paró de balancearse durante todo el show (Figura 6). Ya era hora de entrar al escenario. ¿Cómo funciona este juguete? ¿De dónde saca la energía para moverse? Si extrae la energía del calor del ambiente, viola la segunda ley de la termodinámica, que dice que para extraer trabajo del calor siempre hay necesidad de descargar una parte de éste, tal como una rueda de agua necesita descargar el agua después de usarla (Figura 7) [18].

El pájaro bebedor es una máquina térmica que funciona de una manera similar a la máquina italiana del café. En ambas unidades existe una caldera con un tubo que pesca cerca del fondo. El calor vaporiza el líquido (agua para la máquina de café, un éter para el pájaro), y el aumento de la presión hace que el líquido sube en el tubo. En la máquina este tubo está abierto y conduce al recipiente de café. En el juguete bebedor el tubo conduce a otro tanque suprayacente. El pájaro está hecho de manera que cuando el líquido se eleva, su centro de gravedad se desplaza, y todo se inclina hasta que su pico entra en el vaso de agua.

Hay que notar que en el tubo del ave no hay aire: las partes sin líquidos están llenas de su vapor. Así ya que cuando el líquido remonta, el vapor debe condensar, y lo hace porque la presión aumenta mientras que la temperatura se mantiene constante debida a la evaporación del agua (el tanque por encima está cubierto con un revestimiento de fieltro que se moja cada vez que el pájaro “bebe”).

Por lo tanto, el ave es una máquina térmica “regular”. Pero si también incluimos en la máquina el vaso con la agua, las cosas cambian. Todo el sistema estará a la misma temperatura. ¿Funcionará igual? El hecho es que el aire no está saturado con el vapor, y entonces el agua tiende a evaporarse, extrayendo el calor del ave. Se trata de nuevo de la competencia entre la energía y la entropía, como con el hielo y la sal. Si se cubre el conjunto con una campana, tarde o temprano se alcanza el equilibrio y el pájaro se para (como lo hace en día de calor, cuando la humedad del aire es demasiado alta). C^2

Continuará...

Referencias

[1] <https://www.facebook.com/La-Corte-dei-Miracoli-550645781683885/>

[2] <http://fisicax.complexworld.net>

[3] Franco Bagnoli, Sinking with the Titanic, Europhysics News 46/2, 30 (2015)

DOI: <http://dx.doi.org/10.1051/ePN/2015205>

[4] Franco Bagnoli, Rosa M. Herrera (traduzione), El Titanic se hunde, Revista C2 (2015),

<http://www.revistac2.com/el-titanic-se-hunde>

[5] Franco Bagnoli, Il Titanic: affondare con stile, Scienze e Ricerche 37, 61-63 (15 settembre 2016) http://www.scienze-ricerche.it/?page_id=10787

[6] Film Titanic di James Cameron [https://en.wikipedia.org/wiki/Titanic_\(1997_film\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Titanic_(1997_film))

[7] <https://en.wikipedia.org/wiki/MythBusters>

[8] MythBusters, Will a Sinking Ship Suck You Down with It? February 22, 2004 https://www.youtube.com/watch?v=rvU_dkKdZ0U

[9] Tameichi Hara, Japanese Destroyer Captain, Ballantine Books, New York & Toronto, 1961 . ISBN 0-345-27894-1.

[10] Artifacts recovered from the Titanic wreckage, Daily News <http://www.nydailynews.com/news/titanic-sinking-100-years-rms-titanic-artifacts-auctioned-gallery-1.1058798>

[11] <https://sciencebob.com/make-a-cartesian-diver/>

[12] <http://www.unmuseum.org/exsub.htm>

[13] Franco Bagnoli, Delicious ice cream, why does salt thaw ice? Europhysics News, 47/2, 26-27 (2016), DOI: <http://dx.doi.org/10.1051/ePN/2016204>

[14] Franco Bagnoli, Rosa M. Herrera (traduzione), Física de todos los días: helado de emergencia en Cuadrolandia, Revista C2 (2015) <http://www.revistac2.com/fisica-de-todos-los-dias-helado-de-emergencia-en-cuadrolandia>

[15] <http://www.chemguide.co.uk/physical/phaseeqia/saltsoln.html>

[16] <https://youtu.be/h2tdOuM5ODo>

[17] https://it.wikipedia.org/wiki/Drinking_bird

[18] F. Bagnoli, Thermodynamics, entropy and waterwheels, <https://arxiv.org/abs/1609.05090>



Figura 6. Un pájaro bebedor [17].

Sobre el autor [Artículos relacionados](#)

Franco Bagnoli

Departamento de Física y Astronomía en [Universidad de Florencia \(Italia\)](#) | [Website](#)

Estudió física. Enseña física de sistemas complejos y física computacional. Su investigación es sobre sistemas complejos, ciencia cognitiva, psicología, biología y evolución. Es presidente de la asociación de divulgación científica Caffè-Scienza Firenze www.caffescienza.it

Etiquetas: [Columnas ciencia](#), [Píldoras toscanas](#)

