

Capítulo Quinto

Propiedades de los Líquidos y de los Gases

El Problema de las Dos Cafeteras

En la fig. 51 se muestran dos cafeteras de igual anchura: una de ellas, más alta, y otra, más baja. ¿Cuál de las dos tiene mayor capacidad?

Es posible que sean muchos los que, sin pensarlo, digan que la cafetera más alta es la que tiene mayor capacidad. Sin embargo, si echamos líquido en la cafetera más alta, veremos que sólo puede llenarse hasta el nivel del orificio del pitorro, ya que después comenzará a derramarse el líquido. Y como los orificios de los pitorros de ambas cafeteras se encuentran a una misma altura, la cafetera baja puede contener la misma cantidad de líquido que la alta.

Esto es comprensible. En la cafetera y en el tubo del pitorro, lo mismo que en unos vasos comunicantes cualesquiera, el líquido debe tener el mismo nivel, aunque el peso del líquido que llena el pitorro sea mucho menor que el del resto de la cafetera. Si el pitorro no es suficientemente alto, no habrá manera de llenar la cafetera hasta arriba, porque el agua se derramará. Generalmente, los pitorros se hacen más altos que los bordes de la cafetera, para que sea posible inclinarla un poco sin que se derrame el contenido.

Lo que no Sabían los Antiguos

Los habitantes de la Roma contemporánea siguen utilizando hasta ahora los restos de un acueducto construido por los antiguos romanos. ¡Qué sólidas eran las obras de conducción de aguas que hacían los esclavos romanos!



Fig. 51. ¿En cuál de estas cafeteras se puede echar más agua?

Desgraciadamente no se puede decir lo mismo de los conocimientos de los ingenieros que dirigieron estos trabajos. Está claro que estos debían tener escasos conocimientos de los fundamentos de la Física. Fijémonos si no en la fig. 52, la cual reproduce uno de los cuadros del Museo Alemán de Munich. Como puede verse, la conducción de agua romana no se tendía bajo tierra, sino que pasaba por altos acueductos de piedra. ¿Para qué se hacían estos acueductos? ¿No hubiera sido más fácil tender unos tubos bajo tierra, como se hace ahora?

Claro que hubiera sido más fácil, pero los ingenieros de entonces tenían unos conocimientos muy rudimentarios de las leyes de los vasos comunicantes. Dudaban de que el nivel del agua en dos depósitos, unidos entre sí por largas tuberías, pudiera ser igual. Si los tubos se tienden en tierra, siguiendo el declive del terreno, en ciertos sectores el agua tiene que correr hacia arriba.



Fig. 52. Aspecto original de los acueductos de la antigua Roma.

Los romanos temían precisamente esto, es decir, pensaban que el agua no podía correr hacia arriba. Por esta razón es por la que, generalmente, daban a sus tuberías de conducción de agua un declive uniforme en todos los puntos del trazado (para lo cual se necesitaba frecuentemente hacer que el agua diese un rodeo, o levantar altos acueductos). Una de las tuberías romanas, la Aqua Martia, tiene una longitud de 100 km, a pesar de que la distancia entre sus dos extremos, en línea recta, es dos veces menor.

¡Medio centenar de kilómetros de obras de piedra, construidos por no conocer una ley elemental de la Física!

Los Líquidos Empujan... ¡Hacia Arriba!

El hecho de que los líquidos presionan hacia abajo, sobre el fondo de la vasija que los contiene, y hacia los lados, sobre las paredes de la misma, es conocido hasta por aquellos que nunca han estudiado Física. Pero muchos ni sospechan siquiera que los líquidos empujan también hacia arriba. Un vulgar tubo de cristal, de lámpara de petróleo o de otro tipo, siempre que sea ancho, ayudará a convencernos de que este empuje hacia arriba existe realmente. Recortemos un redondel de cartón fuerte, de forma que su diámetro sea algo mayor que el del tubo antedicho. Tapemos con este redondel la entrada del tubo e introduzcámoslo después en un recipiente con agua, como se muestra en la fig. 53. Para evitar que el redondel se desprenda al meter el tubo en el agua, puede sujetarse con un hilo que pase por su centro, o simplemente con un dedo. Una vez introducido el tubo hasta una determinada profundidad, es fácil comprobar que el redondel de cartón se sostiene perfectamente solo, sin necesidad de que lo sostengamos apretando el dedo o tirando del hilo. Es el agua, que empuja de abajo a arriba, la que lo aprieta.

Esta presión que ejerce el agua hacia arriba se puede medir. Para ello, basta echar con precaución agua en el tubo; en cuanto el nivel dentro de éste se aproxima al del agua de la vasija, se desprende el redondel. Es decir, la presión que el agua ejerce sobre el redondel, desde abajo, se equilibra por arriba con la presión que ejerce la columna de agua (que hay dentro del tubo), cuya altura es igual a la profundidad a que está sumergido el cartón. Esta es la ley de la presión de los líquidos sobre cualquier cuerpo sumergido en ellos. De aquí se deduce la “pérdida” de peso que experimentan los cuerpos sumergidos en líquidos, de que nos habla el célebre principio de Arquímedes.

Si se dispone de varios tubos de lámparas de petróleo de diferentes formas, pero con orificios iguales, se puede comprobar otro de los principios relativos a los líquidos, según el cual, la presión que los líquidos ejercen sobre el fondo de la vasija que los contiene, depende exclusivamente del área de su base y de la altura a que se encuentra el nivel del líquido, sin que la forma de la vasija influya en absoluto.



Fig. 53. Un procedimiento sencillo para convencerse de que los líquidos empujan de abajo a arriba.

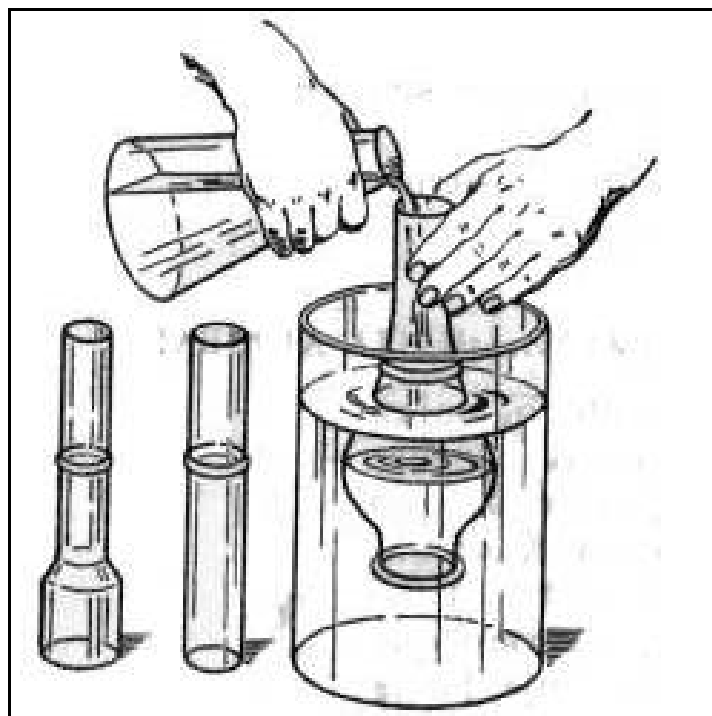


Fig. 54. La presión del líquido sobre el fondo de la vasija depende exclusivamente del área de su base y de la altura a que se encuentra el nivel del líquido. En la figura se muestra un procedimiento para comprobar esta regla.

La comprobación consistirá en hacer con estos tubos diferentes el experimento anteriormente descrito, introduciéndolos sucesivamente en el agua a una misma profundidad (para esto, lo mejor es pegar previamente en cada tubo una tirita de papel, de forma que quede a la misma altura). Podremos observar, que el redondel de cartón se desprenderá en cuanto el nivel del líquido, dentro

de los tubos, llegue a la misma altura (fig. 54). Es decir, que la presión que ejercen las columnas de agua de distintas formas es igual, siempre que sean iguales sus bases y sus alturas. Llamamos la atención sobre el hecho de que, en este caso, lo más importante es la altura y no la longitud, porque la presión que ejerce una columna larga pero oblicua, es exactamente igual que la ejercida por una columna corta, vertical, que tenga la misma altura que aquélla (siempre que sea igual el área de sus bases).

¿Qué Pesa Mas?

En uno de los platillos de una balanza hay un cubo lleno de agua hasta los bordes. En el otro platillo, un cubo exactamente igual, también lleno hasta los bordes, pero en él flota un trozo de madera (fig. 55). ¿Qué cubo pesa más?

He hecho esta pregunta a diferentes personas y he recibido de ellas respuestas contradictorias. Unas respondían que debe pesar más el cubo en que flota la madera, porque en él, “además del agua, se encuentra la madera”. Otras, por el contrario, mantenían que pesa más el primero, “ya que el agua es más pesada que la madera”.

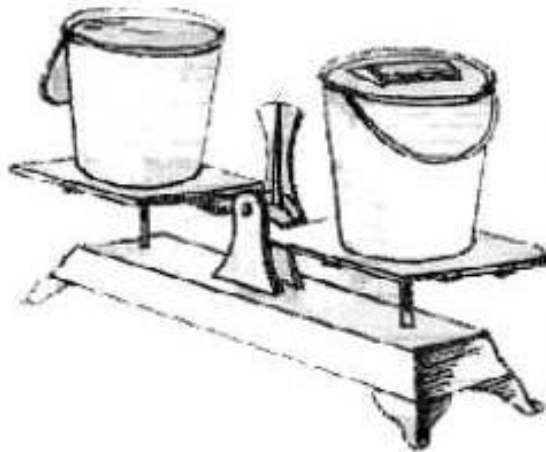


Fig. 55. Estos dos cubos son iguales y están llenos de agua hasta los bordes; pero en uno de ellos flota un trozo de madera. ¿Cuál de los dos pesa más?

Pero ni las unas ni las otras tenían razón. Los dos cubos pesan lo mismo. Es verdad, que el segundo cubo tiene menos agua que el primero, porque el trozo de madera al flotar desaloja un determinado volumen de la misma. Pero, según el principio de la flotación, cualquier cuerpo flotante desaloja, con su parte sumergida, una cantidad de líquido exactamente igual (en peso) a su peso total. He aquí por qué la balanza deberá mantenerse en equilibrio.

Resolvamos ahora otro problema. Yo coloco en la balanza un vaso con agua y junto a él pongo una pesa. Después de nivelar la balanza, colocando pesas en el otro platillo, cojo la antedicha pesa y la meto en el vaso con agua. ¿Qué ocurrirá con la balanza?

Por el principio de Arquímedes, la pesa dentro del agua pesa menos que fuera de ella. Al parecer, podría esperarse que subiera el platillo de la balanza en que está el vaso. Sin embargo, la balanza sigue en equilibrio. ¿Cómo se explica esto?

La pesa, al hundirse en el vaso, desaloja parte del agua; este agua se desplaza hacia arriba y ocupa un nivel más alto que el que antes tenía. Como resultado de esto, la presión sobre el fondo del vaso aumenta, es decir, este fondo sufre una presión suplementaria, igual al peso que pierde la pesa.

La Forma Natural de los Líquidos

Estamos acostumbrados a pensar, que los líquidos no tienen forma propia. Pero esto no es así. La forma natural de todo líquido es la de una esfera. Generalmente, la gravedad impide que los

líquidos tornen esta forma, y por eso, unas veces se extienden formando una capa delgada, como ocurre cuando se vierten fuera de las vasijas, o toman la forma de éstas cuando se echan en ellas. Pero cuando se encuentran en el seno de otro líquido de la misma densidad, los líquidos, por el principio de Arquímedes, “pierden” su peso, quedándose como si no pesaran nada, es decir, como si la gravedad no influyera sobre ellos, y entonces adoptan su forma natural esférica.

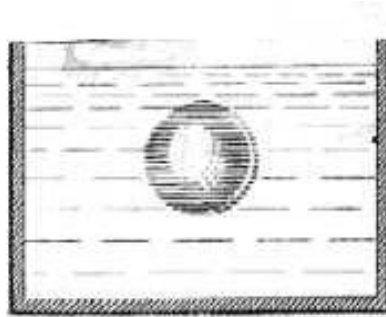


Fig. 56. El aceite que se encuentra en esta vasija llena de alcohol diluido se agrupa formando una esfera, la cual, ni se hunde ni sube a la superficie (experimento de Plateau).

El aceite de oliva flota en el agua, pero se hunde en el alcohol. Por consiguiente, puede prepararse una mezcla de agua y alcohol, en la cual dicho aceite ni flote ni se hunda hasta el fondo. Si en esta mezcla se introduce un poco de aceite, valiéndose de una jeringa, veremos una cosa rara: el aceite se agrupa formando una gran gota esférica, que no sube a la superficie, ni baja al fondo, sino que permanece inmóvil como si estuviera suspendida¹ (fig. 56).

El experimento debe hacerse con calma y precaución, porque, de lo contrario, puede obtenerse, no una gota grande, sino varias esferitas más pequeñas. Pero incluso si ocurre así, el experimento no deja de ser interesante.

Si se atraviesa la esfera de aceite, haciendo pasar por su centro una varilla de madera o un alambre, y se hace que esta última gire, la esfera comenzará también a girar. (Este experimento resulta mejor cuando en la varilla se coloca un redondelito de cartón impregnado en aceite y se introduce este último en la antedicha esfera). Por la acción del movimiento giratorio, la esfera comienza a achatarse y, al cabo de unos segundos, se desprende de ella un anillo (fig. 57). Este anillo se divide posteriormente en varias partes, las cuales no originan trozos deformes, sino nuevas gotas esféricas que siguen girando alrededor del centro de la esfera primitiva.

El primero en practicar este curioso experimento fue el físico belga Plateau. La descripción que acabamos de hacer corresponde a la forma clásica del experimento. Pero resulta más fácil, y no menos instructivo, efectuarlo de la siguiente forma: se toma un vaso pequeño y, después de enjugarlo, se llena de aceite de oliva y se coloca en el fondo de un vaso mayor. En este último se echa, con precaución, la cantidad de alcohol que sea necesaria para que el vaso pequeño quede totalmente sumergido en él.

¹ Para que la esfera no parezca deformada, este experimento debe hacerse en una vasija de paredes planas (o en una de cualquier forma, pero que se encuentre a su vez dentro de otra, llena de agua, que tenga las paredes planas).

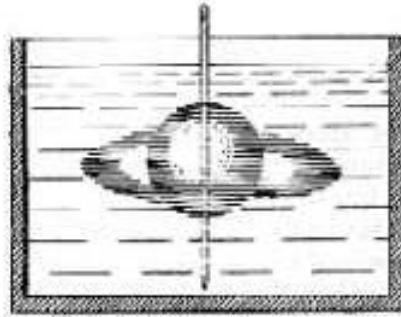


Fig. 57. Si la esfera oleosa que se encuentra en el alcohol diluido se hace girar rápidamente, por medio de una varilla que la atraviese, de esta esfera se separa un anillo.

Luego, con una cucharilla, se va añadiendo, poco a poco, agua (de manera que escurra por la pared del vaso grande). La superficie del aceite del vaso pequeño se irá haciendo cada vez más convexa, hasta que, cuando la cantidad de agua añadida sea suficiente, el aceite se desprenda de dicho vaso y forme una esfera de dimensiones bastante grandes, que quedará suspendida dentro de la mezcla de alcohol y agua (fig. 58).

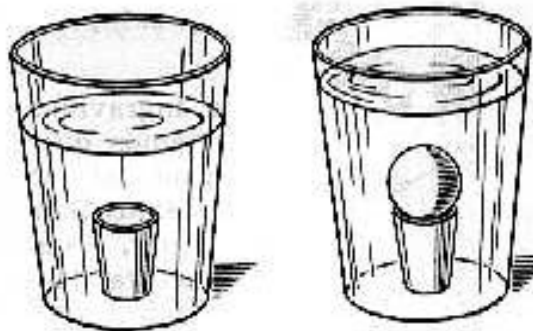


Fig. 58. Simplificación del experimento de Plateau.

Si no se dispone de alcohol, este experimento se puede hacer con anilina, que es un líquido cuya densidad es mayor que la del agua, a temperatura normal, y menor que la de ésta a 75-85°C. Por consiguiente, calentando el agua podemos hacer que la anilina flote sumergida en ella, en cuyo caso tomará la forma de una gran gota esférica. A la temperatura normal, la gota de anilina puede equilibrarse utilizando, en lugar de agua, una disolución de sal común².

En el año 1963, durante el vuelo en grupo de las naves cósmicas “Vostok-3” y “Vostok-4”, los cosmonautas soviéticos Nicoláev y Popóvich hicieron una serie de experimentos para determinar el comportamiento de los líquidos en estado de ingravidez. Algunos de los resultados fueron inesperados, por ejemplo, el líquido contenido en una vasija esférica no se reunió en su centro, formando una esfera, como se esperaba, sino que recubrió las paredes internas del matraz, dejando

² Entre otros líquidos que pueden emplearse también para este experimento, resulta cómoda la ortotoluidina, que tiene color rojo oscuro y que a 24°C tiene la misma densidad que el agua salada en que se sumerge.

en el centro una pompa de aire. Es decir, el aire se comportó lo mismo que el aceite en el experimento de Plateau.

¿Por Que Son Redondos los Perdigones?

Acabamos de decir, que todo líquido, en cuanto se libera de la acción de la gravedad, toma su forma natural, es decir, la de esfera. Si recordamos lo que dijimos anteriormente sobre la ingravidez de los cuerpos cuando caen, y consideramos que la insignificante resistencia que el aire opone al comenzar la caída puede despreciarse³, podemos figurarnos que las porciones de un líquido al caer, también deben tomar la forma de esferas.

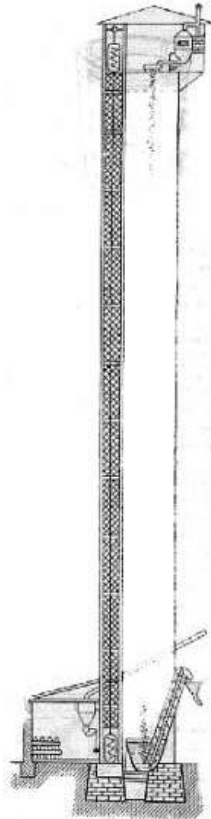


Fig. 59. Torre perdigonera de una fábrica de munición.

Efectivamente, las gotas de lluvia toman esta forma cuando caen. Los perdigones no son más que gotas de plomo fundido, enfriadas. En las fábricas se hace que el plomo fundido tome la forma de gotas, obligándole a caer, desde una gran altura, en un baño de agua fría, en el cual se endurecen aquéllas conservando su perfecta esfericidad.

Los perdigones fundidos por este procedimiento se llaman de “torre”, porque al fabricarlos se hace que el plomo fundido caiga desde la parte superior de una alta torre “perdigonera” (fig. 59). Las torres de las fábricas de munición son metálicas y llegan a tener hasta 45 m de altura. En la parte más alta de estas torres, se encuentra la fundición, con las calderas para fundir el plomo, mientras que en la más baja hay un depósito con agua. Los perdigones, después de fundidos, se clasifican y se someten a operaciones de acabado. La gota de plomo fundido se enfría, formando el perdigón,

³ Las gotas de lluvia bajan aceleradamente sólo al comienzo de su caída; aproximadamente, ya en la segunda mitad del primer segundo esta caída se efectúa con movimiento uniforme. El peso de las gotas se equilibra con la resistencia del aire, la cual aumenta al crecer la velocidad de las gotas.

mientras cae; el depósito de agua sirve únicamente para amortiguar el golpe de aquél cuando llega abajo y evitar que sufra deformaciones su esfericidad. (Los perdigones de más de 6 mm de diámetro, denominados metralla, se hacen por otro procedimiento, el cual consiste en cortar trocitos de alambre y someterlos a rodado).

Una Copa “Sin Fondo”

Llenemos de agua, hasta los bordes, una copa. Estará completamente llena. Pongamos junto a la copa varios alfileres. ¿Es posible que quepan en la copa uno o dos alfileres, sin que rebose? Hagamos la prueba.



Fig. 60. El experimento con la copa de agua y los alfileres es asombroso.

Comencemos a echar alfileres y vayamos contándolos. Hay que echarlos con cuidado, empezando por introducir en el agua la punta y soltando después el alfiler, sin empujarle ni hacer presión, para evitar que cualquier sacudida pueda hacer que se derrame el líquido. Uno, dos, tres alfileres caen al fondo, pero el nivel del agua sigue invariable. Diez, veinte, treinta alfileres el líquido no se derrama. Cincuenta, sesenta, setenta.... todo un centenar de alfileres reposan ya en el fondo, y el agua de la copa sigue sin derramarse (fig. 60).

No sólo no se derrama, sino que ni siquiera sobresale sensiblemente de los bordes de la copa. Continuemos echando alfileres. El segundo, el tercero y el cuarto centenar están ya dentro de la vasija y ni una gota de agua habrá rebosado de sus bordes, aunque ahora se nota cómo la superficie del agua sobresale un poco de aquéllos. Esta prominencia encierra la explicación del fenómeno. El agua moja poco el vidrio, en cuanto éste tiene el menor indicio de grasa, y, por regla general, las copas, lo mismo que toda la vajilla en uso, tienen huellas de grasa, por haberlas tocado con los dedos. Por esta razón, el agua que desalojan los alfileres, al no mojar los bordes de la copa, forma la prominencia. Esta prominencia (menisco) parece insignificante a simple vista, pero si nos tomamos el trabajo de calcular el volumen de un alfiler y de compararlo con el volumen de aquélla, nos convenceremos que el primero de estos volúmenes es centenares de veces menor que el segundo, por lo cual, en la copa “llena” pueden caber aún varios centenares de alfileres. Mientras más ancha sea la vasija, más alfileres se podrán echar en ella, ya que el volumen de la prominencia será mayor.

Para que quede más claro, hagamos un cálculo aproximado. Los alfileres tienen, aproximadamente, 25 mm de largo y medio milímetro de grueso. El volumen de un cilindro como éste es fácil de calcular por la conocida fórmula geométrica

$$V = \frac{\pi * d^2}{4} * h$$

y es igual a 5 mm^3 . Con cabeza y todo, el volumen de un alfiler no excede de $5,5 \text{ mm}^3$.

Calculemos ahora el volumen de la capa de agua que sobresale de los bordes de la copa. El diámetro de ésta es de $9 \text{ cm} = 90 \text{ mm}$. El área del círculo, cuyo diámetro es 90 mm , es igual a 6.400 mm^2 . Suponiendo que la capa de agua que sobresale tiene solamente 1 mm de espesor, su volumen será de 6.400 mm^3 , es decir, 1.200 veces mayor que el de un alfiler. Dicho de otra forma, una copa “llena” puede alojar, además... ¡más de mil alfileres!

Y, efectivamente, echando los alfileres con precaución, puede añadirse todo un millar de ellos, de manera que, a simple vista, parecerá que ocupan toda la vasija y hasta sobresalen de sus bordes, sin que el agua se derrame.

Una Interesante Peculiaridad del Petróleo

Quien haya tenido que utilizar una lámpara de petróleo conoce perfectamente las desagradables sorpresas que ocasiona una de las peculiaridades de este líquido. Se llena el depósito, se seca por fuera y, al cabo de una hora, está otra vez húmedo. Se debe esto, a que al poner la boquilla, ésta no se atornilla bien, y el petróleo, que tiende a extenderse por el tubo de cristal, escurre por la superficie externa del depósito. El que quiera evitar semejantes “sorpresas” tiene que atornillar la boquilla, apretándola lo más posible⁴.

Esta propiedad de escurrirse que tiene el petróleo, se nota de manera muy desagradable en los barcos cuyas máquinas consumen este tipo de combustible. En estos barcos, si no se toman medidas especiales, es imposible transportar nada que no sea petróleo, porque este líquido se fuga de los depósitos, infiltrándose a través de rendijas imperceptibles, Y no sólo se esparce por la superficie metálica de los propios depósitos, sino que impregna literalmente todo, hasta la ropa de los pasajeros, transmitiendo a todos los objetos su inextinguible olor. Los intentos de combatir esta contrariedad resultan frecuentemente infructuosos.

El humorista inglés Jerome, no exageraba mucho cuando en su narración titulada “Tres en un bote”, decía lo siguiente del petróleo:

“No conozco ningún cuerpo que tenga más facilidad de infiltrarse por todas partes que el petróleo. Lo guardábamos en la proa del bote, pero desde allí se corrió hasta el otro extremo, impregnando con su olor todo cuanto halló a su paso. Infiltrándose a través del revestimiento, goteaba en el agua, estropeaba el aire y el cielo y nos envenenaba la vida. Unas veces el viento petrolífero soplaba de occidente, otras de oriente. En otras ocasiones este viento de petróleo venía del norte o del sur, pero viniera del helado Artico o de las arenas del desierto, siempre llegaba a nosotros saturado del aroma de petróleo. Por las tardes, este perfume destrozaba los encantos de las puestas de Sol, mientras que los rayos de la Luna eran corroídos por el petróleo. Atamos el bote junto a un puente y nos fuimos a pasear por la ciudad, pero el maldito olor nos perseguía. Parecía que estaba impregnada toda la ciudad”. (En realidad, lo único que estaba impregnado era la ropa de los viajeros.)

La facilidad que tiene el petróleo para mojar la superficie exterior de los depósitos en que se encuentra, dio lugar a la falsa idea de que este líquido puede infiltrarse a través de los metales y del vidrio.

Una Moneda que no se Hunde en el Agua

La moneda que no se hunde en el agua, existe, no sólo en los cuentos, sino también en la realidad. Para convencerse de esto bastará hacer varios experimentos. Empecemos por objetos más pequeños, como son las agujas. Al parecer, es imposible que una aguja de acero flote en la

⁴ Cuando la boquilla se aprieta a fondo hay que cerciorarse de que el depósito no está lleno hasta los bordes, ya que el petróleo, cuando se calienta, se dilata bastante (su volumen aumenta en una décima parte al subir la temperatura en 100°C) y hay que dejar sitio suficiente para que esta dilatación no reviente el depósito.

superficie del agua, y sin embargo, no es difícil conseguir que esto ocurra. Pongamos en la superficie del agua un papel de fumar y depositemos sobre él una aguja completamente seca. Ahora no queda más que quitar con cuidado el papel de fumar. Para ello, se puede proceder del modo siguiente: se coge otra aguja o un alfiler y se van hundiendo con él los bordes del papel de fumar, teniendo precaución y avanzando paulatinamente hacia el centro, hasta que todo el papel se moja y se va al fondo, mientras que la aguja continúa flotando (fig. 61). Si acercamos un imán a las paredes del vaso, al nivel del agua, podremos hacer que la aguja se mueva sin dejar de flotar en el agua.

Cuando se tiene cierta habilidad se puede prescindir del papel de fumar. Bastará coger la aguja por su parte media y dejarla caer horizontalmente sobre la superficie del agua, desde poca altura.

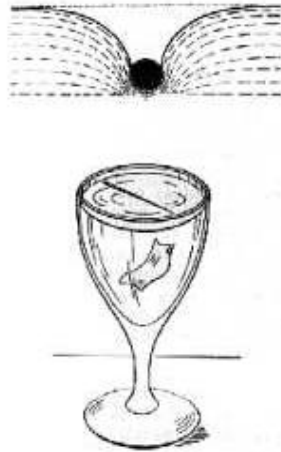


Fig. 61. La aguja flotando en el agua. Arriba corte de la aguja (de 2 mm de diámetro) y forma exacta de la concavidad que se forma en la superficie del agua (aumentada en 2 veces). Abajo, procedimiento para hacer flotar la aguja por medio de un trozo de papel.

En lugar de una aguja podemos hacer que flote un alfiler (tanto la una como el otro no deben tener más de 2 mm de grueso), un botón que sea ligero u otros objetos metálicos que sean planos y pequeños. Después de entrenarnos de esta manera, se puede intentar hacer que flote un copeck.⁵

La causa de que floten estos objetos metálicos es, que el agua moja mal el metal, que por haber estado en nuestras manos, está recubierto de una tenue capa de grasa. Por esto, en la superficie del agua se forma una concavidad alrededor de las agujas que flotan. Esta concavidad se puede notar a simple vista. La película superficial del líquido, al tender a enderezarse, empuja hacia arriba la aguja, con lo cual hace que ésta se mantenga a flote. También contribuye a la flotación de la aguja la fuerza con que empuja el líquido, de acuerdo con la ley de la flotación, es decir, la aguja es empujada desde abajo por una fuerza igual al peso del agua que desaloja.

No hay nada más fácil que hacer que una aguja flote, si antes se la engrasa con aceite. Después de preparada así, cualquier aguja puede depositarse directamente sobre la superficie del agua, sin temor a que se hunda.

Agua en una Criba

Resulta, que llevar agua en una criba no sólo es posible en los cuentos. Los conocimientos de Física ayudan a realizar esto, que clásicamente se consideró imposible. Para ello, no hay más que coger

⁵ Moneda rusa de cobre equivalente a la centésima parte del rublo. Sus dimensiones y peso son aproximadamente iguales a las de un céntimo. (N. del T.)

una criba de alambre, de unos 15 cm de diámetro, cuyas mallas no sean demasiado pequeñas (cerca de 1 mm), e introducir su rejilla en un baño de parafina derretida. Cuando se saca la criba del baño, sus alambres están revestidos de una capa de parafina casi imperceptible a simple vista.

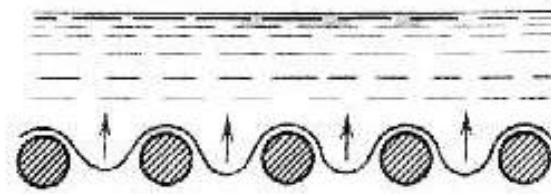


Fig. 62. ¿Por qué no se derrama el agua contenida en una criba parafinada?

La criba sigue siendo criba y teniendo orificios, a través de los cuales puede pasar libremente un alfiler, pero ahora puede servir para llevar agua, en el sentido literal de la expresión. En una criba así puede mantenerse una capa de agua bastante alta, sin que se derrame a través de las mallas. No obstante, el agua debe echarse en la criba con cuidado y procurar que ésta no sufra sacudidas.

¿Por qué no se derrama el agua? Porque como ésta no moja la parafina, forma en las mallas de la criba unas películas delgadas, cuya concavidad mira hacia abajo. Estas películas son las que sostienen el agua (fig. 62).

Si una criba como ésta se coloca sobre el agua, flotará en ella. Es decir, que la criba puede servir para llevar agua y para navegar.

Este experimento, tan paradójico al parecer, explica toda una serie de fenómenos ordinarios, a los cuales estamos tan acostumbrados, que no nos paramos a pensar en sus causas. El objetivo que se persigue al embrear los toneles y las barcas, al engrasar los tapones y los casquillos, al pintar con pinturas al aceite y, en general, al recubrir con sustancias oleaginosas todos los objetos que se desea hacer impermeables al agua, no es otro que el de convertirlos en una especie de criba como la que acabamos de describir. La esencia de estos dos hechos es la misma, aunque en el caso de la criba presenta un aspecto al cual no estamos acostumbrados.

La Espuma al Servicio de la Técnica

La flotación de agujas de acero y de monedas de cobre en el agua, de que hemos tratado en los experimentos anteriores, tiene gran semejanza con un fenómeno que se utiliza en la industria minero-metalúrgica para el enriquecimiento de los minerales, es decir, para aumentar la cantidad de componentes útiles que contienen. En la técnica se emplean muchos procedimientos para enriquecer los minerales, pero éste de que vamos a hablar ahora, y que se conoce con el nombre de “flotación”, es el más efectivo y suele emplearse hasta en aquellos casos en que todos los demás no dan resultado.

La esencia de la flotación consiste en lo siguiente: el mineral, finamente triturado, se echa en una cuba con agua y sustancias oleaginosas, las cuales tienen la propiedad de envolver las partículas de mineral útil, formando una película finísima que no se moja en el agua. Esta mezcla se remueve enérgicamente, para que penetre en ella el aire y se forme una especie de espuma, integrada por multitud de diminutas burbujas. Al ocurrir esto, las partículas de mineral útil, envueltas por la película oleaginosa, se ponen en contacto con la envoltura de las burbujas de aire, se adhieren a ellas y son arrastradas hacia arriba, de la misma manera que un globo eleva en la atmósfera a su barquilla (fig. 63). Mientras tanto, las partículas de ganga, que no son afectadas por la sustancia oleaginosa y que, por consiguiente, son más pesadas, no se adhieren a las burbujas y se quedan en el líquido.

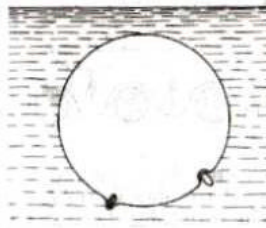


Fig. 63. Así se produce la flotación.

Hay que señalar, que las burbujas de aire que forman la espuma son mucho más voluminosas que las partículas de mineral, por lo que su flotabilidad es suficiente para arrastrar a dichas partículas hacia arriba. Como resultado, casi todas las partículas de mineral útil acaban encontrándose en la espuma que recubre al líquido. Esta espuma se recoge y se elabora convenientemente, para obtener lo que se llama “concentrado”, el cual suele ser decenas de veces más rico en mineral útil que las menas de que gira... ¡ni una sola gota de líquido llega al depósito superior! se extrae.

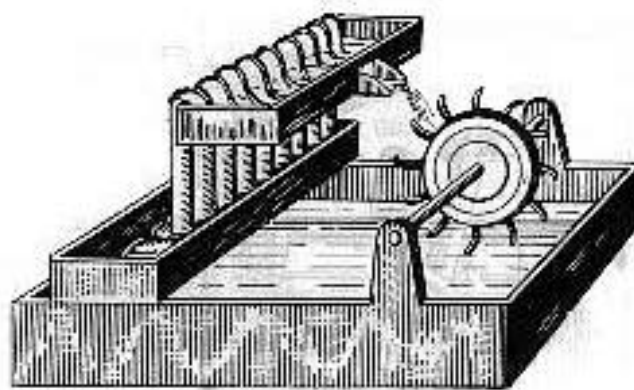


Fig. 64. Un molinete irrealizable.

La técnica de la flotación está tan bien estudiada, que escogiendo debidamente los líquidos a emplear, se puede separar cualquier mineral útil de su ganga, cualquiera que sea la composición de ésta.

La idea del empleo de la flotación para estos fines no fue concebida teóricamente, sino gracias a la atenta observación de un hecho casual. A finales del siglo pasado, una maestra norteamericana (Carrie Everson), mientras lavaba unos sacos grasientos, que habían estado llenos de piritas de cobre, se fijó en que las partículas de piritas emergían junto con la espuma. Este hecho fue el que estimuló el desarrollo del procedimiento antes mencionado.

Otro Seudo – “Perpetuum Mobile”

En algunos libros se describe como verdadero motor de “movimiento continuo” el aparato estructurado de la siguiente forma (fig. 64): en un recipiente hay aceite (o agua) que, por medio de unas mechas, se eleva primeramente a una vasija más alta y luego, por otras mechas, a un depósito superior. Este depósito superior tiene un vertedero por el cual sale el aceite y hace que se mueva una rueda de paletas. El aceite que escurre hacia abajo, vuelve a subir por las mechas hasta el depósito. De esta forma, el chorro de aceite que sale por el vertedero y va a caer en la rueda, no se interrumpe ni un segundo y, por consiguiente, esta última debe estar siempre en movimiento.

Si los autores de este molinete se hubieran tomado la molestia de construirlo, se habrían convencido de que ni la rueda gira... ¡ni una sola gota de líquido llega al depósito superior!

Para comprender esto no hace falta hacer el molinete. Efectivamente, ¿de dónde saca el inventor que el aceite debe escurrir hacia abajo por la parte doblada de la mecha?

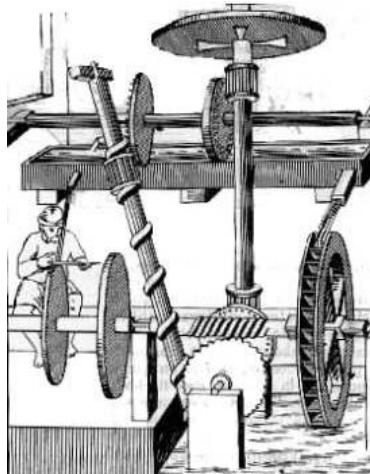


Fig. 65. Un viejo proyecto de motor hidráulico de “movimiento continuo” para accionar una muela de afilar.

La misma capilaridad que hace que el líquido venza la gravedad y se eleve por la mecha, retiene a aquél en los poros de ésta e impide que gotee. Suponiendo que el líquido pudiera llegar al depósito superior del aparato por capilaridad, habría que admitir también que las mismas mechas que lo trajeron hasta aquí, se lo podrían volver a llevar a la vasija de abajo.

Este seudomotor nos recuerda otra máquina hidráulica, también de “movimiento continuo”, ideada en 1575 por el mecánico italiano Strade el Mayor. En la fig. 65 está representado este interesante proyecto. Un tornillo de Arquímedes gira y eleva agua a un depósito superior, desde donde ésta sale en chorro por un vertedero y va a chocar con las paletas de una rueda hidráulica (abajo a la derecha). Esta rueda hidráulica hace que gire una muela de afilar Y, al mismo tiempo mueve, por medio de una serie de ruedas dentadas, el tornillo de Arquímedes que eleva el agua al depósito superior. Es decir, ¡el tornillo mueve la rueda y la rueda mueve al tornillo! Si semejantes mecanismos fueran posibles, lo mejor sería hacer lo siguiente: coger una polea, pasar por ella una cuerda y colgar en cada uno de sus extremos una pesa; cuando una de estas pesas baje, hará que suba la otra, y ésta, a su vez, al descender, hará que se eleve la primera. ¿No sería esto el “movimiento continuo”?

Pompas de Jabón

Hacer pompas de jabón no es tan fácil como parece. Yo también creía que para esto no se necesitaba ningún entrenamiento, hasta que no me convencí prácticamente de que hacer pompas grandes y bonitas es, en cierto modo, un arte que requiere habilidad. Pero, ¿vale la pena entrenarse en algo tan inútil como hacer pompas de jabón?

Es verdad, que en la vida ordinaria estas pompas no gozan de buena fama; por lo menos, en la conversación las empleamos para hacer comparaciones poco halagüeñas. Pero en Física es otra cosa. “Haced una pompa de jabón - escribía el gran científico inglés Kelvin - y miradla: aunque dediquéis toda vuestra vida a su estudio no dejaréis de sacar de ella nuevas enseñanzas de Física”.

Realmente, los mágicos reflejos policromos de la superficie de las tenues películas de jabón, dan al físico la posibilidad de medir la longitud de las ondas luminosas, mientras que el estudio de la tensión de estas delicadas películas contribuye al conocimiento de las leyes que rigen la acción de las fuerzas que actúan entre las partículas, es decir, de la cohesión, sin la cual en el mundo no existiría nada más que polvo finísimo.

Los experimentos que se describen a continuación no persiguen objetivos tan serios. Son simplemente pasatiempos interesantes que sirven para aprender el arte de hacer pompas de jabón. El físico inglés Ch. Boyce, en su libro “Pompas de Jabón”, describe detalladamente una larga serie de experimentos que pueden hacerse con ellas. Recomendamos este magnífico libro a todos aquellos que se interesen por esta materia, ya que aquí nos limitamos a describir los experimentos más simples.

Para estos fines pueden emplearse soluciones de jabón de lavar ordinario⁶, pero aconsejamos como preferibles las de jabones de aceites puros de oliva o de almendra, que son los más a propósito para obtener pompas grandes y bonitas. La solución se hace desliendo un trozo de dicho jabón en agua clara y fría, hasta que la disolución está bastante espesa. Lo mejor es utilizar agua limpia de lluvia o de nieve, o, en su defecto, agua hervida, fría. Para aumentar la duración de las pompas, Plateau recomienda añadir a la solución jabonosa 1/3 (en volumen) de glicerina. La espuma y las burbujas que se forman, deben quitarse con una cucharilla. Hecho esto, se introduce en la solución un tubo delgado de arcilla, cuyo extremo debe untarse previamente de jabón, tanto por su parte interior como exterior. También se consiguen buenos resultados con pajas de unos diez centímetros de longitud, cuyo extremo inferior debe abrirse en forma de cruz.



Fig. 67. Manera de obtener un cilindro con la película jabonosa.

Las pompas se hacen del modo siguiente: después de mojar el tubo en la mezcla, y manteniéndolo verticalmente, para que en su extremo se forme la película de líquido, se empieza a soplar. Como quiera que al hacer esto la pompa se llena con el aire caliente que sale de nuestros pulmones, que es más ligero que el que nos rodea, la pompa inflada se eleva inmediatamente.

Si se consigue que la primera pompa que se hace tenga 10 cm de diámetro, la mezcla (el agua jabonosa) es buena; en el caso contrario hay que añadirle jabón, hasta que se puedan hacer pompas del diámetro indicado. Pero esta prueba no es suficiente. Después de hacer la pompa, se moja un dedo en la mezcla jabonosa y se intenta introducirlo en aquélla; si la pompa resiste, pueden comenzarse los experimentos, si revienta hay que agregarle un poco de jabón.

Los experimentos deben hacerse despacito, con cuidado y tranquilamente. La habitación en que se hacen debe estar lo más iluminada posible, porque de no ser así, las pompas no muestran sus policromos reflejos.

A continuación describimos varios entretenidos experimentos de este tipo.

Una flor debajo de una pompa de jabón. En un plato, en una fuente, se echa agua jabonosa hasta que su fondo este cubierto por una capa de 2 ó 3 mm de espesor. En medio del plato se coloca una

⁶ Los jabones de tocador no sirven para este fin.

flor o un florerito y se cubre con un embudo de vidrio. Después, se va levantando despacito el embudo, al mismo tiempo que se sopla por la parte estrecha. Se forma una pompa de jabón. Cuando esta pompa es suficientemente grande, se inclina el embudo, como se muestra en la fig. 66, y se deja libre la pompa. La flor quedará cubierta por un fanal semiesférico transparente, formado por la película de jabón, que reflejará todos los colores del iris.

Fig. 66. Experimentos con pompas de jabón: la pompa posada en la flor; una pompa cubriendo un florerito; unas pompas dentro de otras; una estatuilla coronada por una pompa y cubierta por otra. En lugar de la flor puede ponerse una estatuilla, cuya cabeza puede coronarse con una pompa (fig. 66). Para hacer esto, hay que echar previamente una gota de solución jabonosa en la cabeza de la estatuilla y, después, cuando ya esté hecha la pompa grande, envolvente, traspasarla con el tubito y soplar dentro de ella la pompa pequeña.

Unas pompas dentro de otras (fig. 66). Con el embudo que se empleó para el experimento anterior, se hace, por el mismo procedimiento que entonces, una gran pompa. Luego, se toma una pajita y se introduce en la solución jabonosa, dejando fuera únicamente el extremo que hay que coger con los labios, y después, con toda precaución, se atraviesa con ella la pared de la primera pompa, hasta llegar al centro. Tirando despacio de la pajita hacia atrás y teniendo cuidado de no sacar el extremo, se va inflando la segunda pompa dentro de la primera. Repitiendo la operación se hace la tercera, dentro de la segunda, y así sucesivamente.

Un cilindro de película jabonosa (fig. 67) puede obtenerse entre dos anillos de alambre. Para ello, sobre el anillo inferior se deja caer una pompa esférica ordinaria y, luego, en la parte superior de esta pompa se coloca el segundo anillo, previamente mojado, y tirando de él hacia arriba, se va estirando la pompa hasta que adquiera la forma de cilindro. Es interesante el hecho, de que cuando levantamos el anillo superior a una altura mayor que la longitud de su circunferencia, una mitad del cilindro se estrecha, mientras que la otra se ensancha y luego se divide en dos pompas.

La película que forma la pompa de jabón está tensa durante todo el tiempo y presiona sobre el aire que tiene dentro. Si se dirige el embudo hacia la llama de una vela, podemos apreciar que la fuerza de estas sutiles películas no es tan insignificante como pudiera pensarse; la llama se desvía sensiblemente hacia un lado (fig. 68).



Fig. 68. El aire es desalojado por la presión que ejerce sobre él la pared de la pompa de jabón.

También tiene interés observar una pompa cuando se la traslada desde un local caliente a otro frío: se ve cómo su volumen disminuye. Por el contrario, cuando pasa de una habitación fría a otra caliente, se dilata. La causa de este fenómeno es, naturalmente, la compresión y dilatación del aire que hay dentro de la pompa. Si, por ejemplo, una pompa que a la temperatura de -15°C tiene un

volumen de $1\,000\text{ cm}^3$, se traslada a un local en que la temperatura es de $+15^\circ\text{C}$, su volumen deberá aumentar en:

$$1.000 * 30 * 1/273 = 110\text{ cm}^3, \text{ aproximadamente.}$$

Hay que indicar también, que la idea general de que las pompas de jabón son poco duraderas, no es exacta. Cuando se tiene cuidado con ellas, las pompas de jabón pueden conservarse décadas enteras. El físico inglés Dewar (célebre por sus trabajos de licuación del aire) guardaba las pompas de jabón en unas botellas especiales, que impedían que les entrase polvo, que se secasen y que sufrieran las sacudidas del aire. En estas condiciones consiguió conservar algunas pompas más de un mes. En Norteamérica, Lawrence logró conservar pompas de jabón, debajo de un fanal, durante años.

¿Que Es Mas Delgado?

Seguramente son pocos los que saben, que la película que forma las pompas de jabón es una de las cosas más delgadas que pueden apreciarse a simple vista.

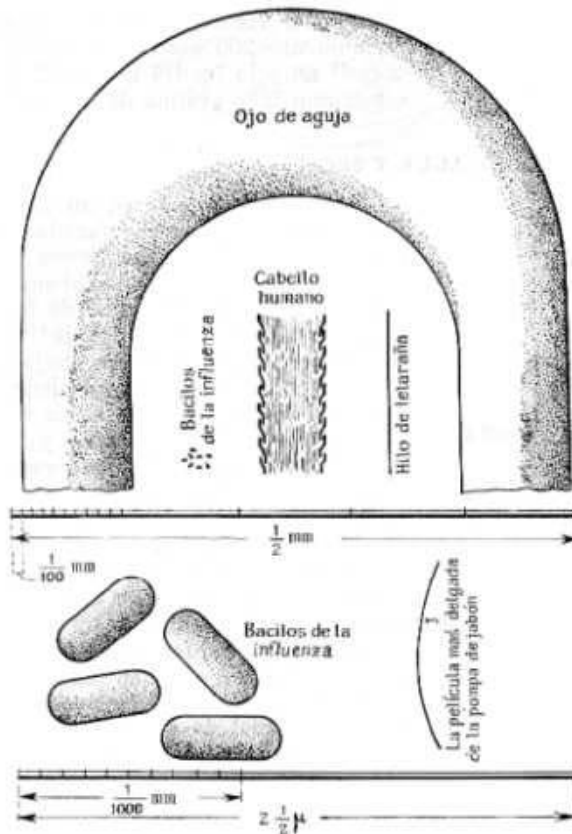


Fig. 69. Arriba, el ojo de una aguja, un cabello humano, unos bacilos y un hilo de telaraña, aumentados en 200 veces. Abajo, unos bacilos y el espesor de una película jabonosa, aumentados en 40 000 veces. $1\mu = 0,0001\text{ cm}$.

Los objetos que generalmente sirven de punto de comparación para expresar la delgadez o la finura, resultan demasiado burdos si se equiparan con dicha película. “Fino, como un pelo”, “delgado, como un papel de fumar”, son expresiones que representan un espesor enorme comparado con el de la pared de una pompa de jabón, la cual es 5 000 veces más delgada que un pelo y que un papel de

fumar. Un cabello humano aumentado en 200 veces, tiene cerca de un centímetro de espesor, mientras que la sección de la película que forma la pompa de jabón, con semejante aumento, sigue siendo invisible.

Para poder ver esta sección como una línea delgada, es necesario un aumento 200 veces mayor. Con este aumento (de... ¡40 000 veces!) un pelo tendrá más de 2 m de grueso. La fig. 69 proporciona una idea gráfica de estas correlaciones.

¡Del Agua y Seca!

Poned una moneda en un plato llano grande, echad agua en él, hasta que cubra la moneda, e invitad a vuestros amigos a que la saquen directamente con la mano, sin mojarse los dedos.

Esto, que parece un problema imposible de resolver, se soluciona fácilmente valiéndose de un vaso y de un papel ardiendo. Para ello, se enciende el papel, se mete dentro del vaso y éste se coloca rápidamente boca abajo en el plato, junto a la moneda. El papel se apaga, el vaso se llena de humo blanco y debajo de él se reúne todo el agua que había en el plato. La moneda se queda, como es natural, en su sitio y, después de esperar un minuto, para que se seque, se puede coger sin mojarse los dedos.

¿Qué fuerza hace que el agua entre en el vaso y se mantenga en él a una altura determinada? La presión atmosférica. Porque al arder el papel, el aire que hay en el vaso se calienta y aumenta la presión dentro de él, esto hace que parte del gas salga hacia fuera. Cuando el papel se apaga, el aire se vuelve a enfriar, pero al ocurrir esto disminuye la presión dentro del vaso y el agua penetra por debajo de sus bordes, impulsada por la presión del aire exterior.

En lugar del papel se pueden emplear unas cerillas hincadas en un redondel de corcho, como se muestra en la fig. 70.

No es raro escuchar y hasta leer la siguiente explicación errónea de este viejo experimento⁷. Según esta explicación, al quemarse el papel, se “consume el oxígeno”, con lo que la cantidad de gas que hay debajo del vaso disminuye. Este razonamiento es totalmente falso. La causa principal y exclusiva está en que el aire se calienta, y no en que la combustión del papel consume parte del oxígeno. Esto se deduce en primer lugar, de la posibilidad de hacer el experimento sin quemar ningún papel, es decir, calentando el vaso enjuagándolo en agua hirviendo.



Fig. 70. Procedimiento para recoger debajo de un vaso invertido todo el agua que hay en un plato

En segundo lugar, si en lugar del papel quemamos un algodón empapado en alcohol, el agua se elevará casi hasta la mitad del vaso; mientras que, como sabemos, el oxígeno constituye solamente 1/5, parte del volumen del aire.

⁷ La primera descripción de este experimento, con su verdadera explicación, nos la dio el físico de la antigüedad Filón de Bizancio, que vivió en el siglo I antes de nuestra era.

Finalmente, hay que tener en cuenta, que en lugar del “oxígeno consumido” se forma anhídrido carbónico y vapor de agua, de los cuales, el primero se disuelve en el agua, pero el vapor subsiste y ocupa parte del sitio que deja el oxígeno.

¿Como Bebemos?

Pero, ¿también hay que pensar en esto? Naturalmente. Cuando queremos beber, acercamos el vaso o la cuchara que contiene el líquido a nuestros labios y “absorbemos” su contenido. Esta sencilla “absorción” del líquido, a que estamos tan acostumbrados, es precisamente lo que hay que explicar. ¿Por qué tiende el líquido a entrar en nuestra boca? ¿Qué es lo que lo arrastra? La explicación es la siguiente: al beber, ensanchamos nuestra capacidad torácica y con ello enrarecemos el aire que tenemos en la boca. Al ocurrir esto, la presión del aire exterior hace que el líquido tienda a ocupar el espacio en que la presión es menor y, por consiguiente, entre en la boca. En este caso sucede lo mismo que ocurriría con el líquido de unos vasos comunicantes, si en uno de estos vasos comenzáramos a hacer el vacío, es decir, bajo la presión de la atmósfera, el líquido se elevaría en este vaso. Y al contrario, si abarcamos con los labios el gollete de una botella, por mucho que nos esforcemos en “absorber” el agua que contiene, no conseguiremos nada, ya que la presión del aire será la misma en la boca que sobre el agua.

Hablando propiamente, no bebemos sólo con la boca, sino también con los pulmones, ya que el ensanchamiento de los pulmones es la causa de que el líquido penetre en nuestra boca.

Un Embudo Mejorado

Todo el que haya tenido ocasión de echar líquido en una botella valiéndose de un embudo, sabe perfectamente que de vez en cuando hay que levantar el embudo, porque, de lo contrario, el líquido no pasa. Esto ocurre, porque el aire que hay en la botella, al no encontrar salida, mantiene con su presión el líquido que se encuentra en el embudo. Es verdad, que una pequeña cantidad de líquido consigue entrar en la botella y hace que el aire de ésta se comprima por la presión que sobre él ejerce. Pero este aire encerrado y comprimido, cobra una elasticidad mayor, suficiente para equilibrar con su presión el peso del líquido que hay en el embudo. Está claro, que, cuando levantamos el embudo, dejamos salir al exterior el aire comprimido y el líquido vuelve a entrar en la botella.

Por esto, resulta muy práctico hacer los embudos de forma, que su parte estrecha tenga unos nervios longitudinales en la superficie exterior, que impidan que el embudo entre ajustado en el gollete.

Una Tonelada De Madera Y Una Tonelada De Hierro

Todos conocemos la pregunta burlesca: ¿qué pesa más, una tonelada de madera o una de hierro? Por lo general, los incautos responden sin pensarlo, que la tonelada de hierro, con lo cual hacen reír a los presentes.

Pero los bromistas se reirían aún más, si les contestasen que pesa más la tonelada de madera. Esta respuesta parece totalmente absurda, y sin embargo, hablando con propiedad, es exacta.

Todo consiste en que el principio de Arquímedes es aplicable, no sólo a los líquidos, sino también a los gases. Es decir, todo cuerpo experimenta en el aire una “pérdida” de peso, igual al peso del volumen de aire que desaloja.

La madera y el hierro también experimentan esta pérdida de peso en el aire. Por consiguiente, para conocer el peso real de estos cuerpos habrá que añadirles esta pérdida. Es decir, el peso real de la madera, en nuestro caso, será igual a 1 tonelada + el peso del volumen de aire que ocupa la madera, y el peso real del hierro será igual a 1 tonelada + el peso del volumen de aire que ocupa el hierro.

Pero una tonelada de madera ocupa un volumen mucho mayor que una tonelada de hierro (15 veces mayor), por lo cual, el peso real de una tonelada de madera es... ¡mayor que el peso real de una tonelada de hierro! Aunque expresándonos más exactamente deberíamos decir, que: el peso real de

la cantidad de madera, que en el aire pesa una tonelada, es mayor que el peso real de la cantidad de hierro, que pesa en el aire una tonelada.

Como quiera que la tonelada de hierro ocupa el volumen de $1/8$ de m^3 , mientras que la de madera ocupa cerca de $2 m^3$ tendremos, que la diferencia entre el peso del aire que desalojan será igual a cerca de 2,5 kg. De aquí se desprende que en realidad, una tonelada de madera pesa 2,5 kg... ¡más que una tonelada de hierro!

Un Hombre Que no Pesaba Nada

Ser ligeros, no como una pluma, sino más que el aire⁸, para que, una vez liberados de las pesadas cadenas de la gravedad, poder elevarse libremente a gran altura sobre la tierra y volar adonde quieras. He aquí la ilusión que atrae a muchos desde la niñez. Pero se olvidan generalmente de que el hombre puede moverse por la superficie de la Tierra por ser más pesado que el aire. En realidad, “vivimos en el fondo de un océano aéreo”, como declaró Torricelli, y si, por cualquier causa, nos hiciéramos de improviso mil veces más ligeros y fuéramos menos pesados que el aire, inevitablemente tendríamos que emerger a la superficie de este océano aéreo.



Fig. 71. - ¡Estoy aquí, viejo! - dijo Pyecraft.

Nos ocurriría lo mismo que al húsar de Pushkin: “Me bebí todo el frasco; puede creerlo o no, pero de repente subí como si fuera una pluma”. Nosotros nos elevaríamos kilómetros enteros, hasta llegar por fin a una región, en la cual la densidad del aire enrarecido sería igual a la de nuestro cuerpo. La ilusión de vivir libres sobre las montañas y los valles, se desmoronaría como un castillo de arena, ya que, al liberarnos de las cadenas de la gravedad, caeríamos prisioneros de otras fuerzas, es decir, de las corrientes atmosféricas.

Una situación semejante le sirvió de tema al escritor Wells para uno de sus cuentos de ciencia ficción.

El tema de este cuento es el siguiente: un hombre muy grueso quería, fuera como fuera, deshacerse de su obesidad. El narrador poseía, al parecer, una receta maravillosa, que tenía la propiedad de aligerar a las personas gruesas de su excesivo peso. El gordinflón le pidió esta receta y comenzó a tomar la medicina. Pasó algún tiempo y el narrador fue a ver a su amigo. Llamó a su puerta y presenció una serie de acontecimientos tan sorprendentes e inesperados como los siguientes:

⁸ Las plumas, a pesar de que hay muchos que piensan lo contrario, no son más ligeras que el aire, sino centenares de veces más pesadas que él. Si flotan en el aire es porque, como tienen una gran superficie, la resistencia que éste opone a sus movimientos es muy grande en comparación con su peso.

“La puerta tardó en abrirse. oí cómo giraba la llave y después cómo la voz de Pyecraft (que así se llamaba el gordinflón) decía:

- Entre.

Le di la vuelta al tirador de la puerta y abrí. Yo, como es natural, esperaba ver a Pyecraft.

Pero... ¡no había nadie! El despacho estaba desordenado: Platos, grandes y chicos, estaban mezclados con los libros y objetos de escritorio; había varias sillas tiradas en el suelo, pero...

Pyecraft no estaba.

- ¡Estoy aquí, viejo! ¡Cierre la puerta! - dijo su voz. Y fue entonces cuando logré encontrarlo.

Estaba en la misma cornisa, en el ángulo que había junto a la puerta, lo mismo que si alguien lo hubiera pegado en el techo. Su cara estaba seria y reflejaba pánico.

- Como ceda algo, Pyecraft, caerá usted y se romperá el pescuezo - dije yo.

- Y me alegraría de ello - respondió él.

- Esta gimnasia no es para un hombre de sus años y de su complexión. Pero, ¿cómo diablos está usted ahí sujeto? - le pregunté.

En este momento me di cuenta de que no estaba sujeto, sino que flotaba allí arriba lo mismo que un globo lleno de gas.

El se esforzaba por separarse del techo y poder arrastrarse por la pared, para acercarse a mí. Se cogió al marco de un cuadro, pero éste cedió y él volvió a volar hacia el techo. Chocó con él, y entonces comprendí por qué tenía manchadas de cal todas las partes sobresalientes de su cuerpo.

Con gran precaución, volvió a intentar el descenso valiéndose de la chimenea.

- Esta medicina - cuchicheó - es demasiado fuerte. He perdido el peso casi por completo.

Todo quedó claro para mí.

- ¡Pyecraft! - le dije -. A usted lo que le hacía falta era una medicina para adelgazar, pero como siempre hablaba de su peso... Espere usted, le ayudaré - dije yo, y cogiendo al desdichado por una mano, tiré hacia abajo.

El empezó a danzar por la habitación, intentando afirmarse en algún sitio. ¡Era un espectáculo curioso! Yo sentía algo así, como si quisiera sujetar una vela en día de viento.

- Esta mesa - dijo el desgraciado Pyecraft, cansado de tanto danzar - es muy fuerte y pesada. Si consiguiera usted meterme debajo de ella...

Lo hice así. Pero y allí debajo se tambaleaba lo mismo que un globo cautivo. No podía estarse quieto ni un minuto.

- Una cosa es evidente - dije yo -. Usted no debe ni pensar en salir a la calle, porque si lo hace, subirá usted cada vez más alto.

Le dije que debería adaptarse a su situación y le insinué, que no le sería difícil acostumbrarse a andar por el techo con las manos.

- Yo no puedo dormir - se quejó él.

Le indiqué, que se le podía sujetar al somier con un colchón blando, atar a éste toda la ropa inferior de la cama con unas cintas y abrocharse por los costados la manta y la sábana.

Pusimos una escalera en la habitación y todos los alimentos se los ponían encima de un armario de la biblioteca. Descubrimos también un ingenioso procedimiento, gracias al cual Pyecraft podía bajar al suelo cuando quisiera. Consistió en colocar la “Enciclopedia Británica” en el anaquel superior de un estante abierto. El gordinflón sacó al instante un par de tomos, y, con ellos en las manos, descendió al suelo.

Pasé en su casa dos días. Barrena y martillo en mano, le construí una serie de ingeniosos dispositivos, le tendí un cable para que pudiera alcanzar el timbre, etc.

Yo estaba sentado junto a la chimenea, mientras él se encontraba en su rincón preferido, al lado de la cornisa, y clavaba una alfombra turca en el techo, cuando se me ocurrió una idea:

- ¡Eh, Pyecraft! - exclamó -. ¡Nada de esto hace falta! ¡Ponle un forro de plomo a tus ropas y todo está resuelto!

Pyecraft casi lloró de alegría.

- Compre usted - le dije - unas chapas de plomo y cósalas dentro del traje. Use usted botas con suelas de plomo; lleve en la mano una maleta de plomo macizo y ¡salvado! Dejará usted de estar aquí preso; podrá ir al extranjero, viajar... sin temor a los naufragios, ya que con quitarse parte de la ropa o toda ella, saldrá usted volando por los aires”.

Todo esto parece, a primera vista, que está en perfecto acuerdo con las leyes físicas. Sin embargo, no podemos dejar de expresar nuestra disconformidad con algunos detalles del cuento. La más seria de nuestras objeciones es que a pesar de que el gordinflón perdiera todo su peso, no podría elevarse hasta el techo.

En efecto, según el principio de Arquímedes, Pyecraft únicamente podría subir al techo, cuando el peso de toda su ropa, con lo que tuviera en los bolsillos, fuera menor que el peso del aire que desalojara su orondo cuerpo. El peso del aire que ocupa el cuerpo humano no es difícil de calcular, sobre todo si recordamos que el peso de nuestro cuerpo es casi igual al de un volumen de agua idéntico. Un hombre suele pesar alrededor de 60 kg., y, por consiguiente, el volumen de agua correspondiente pesará aproximadamente lo mismo. Pero el aire de densidad normal es 770 veces más ligero que el agua, es decir, que el volumen de aire desplazado por nuestro cuerpo pesa unos 80 g. Por muy obeso que fuera mister Pyecraft, no pesaría más de 100 kg; de donde se deduce, que desalojaría unos 130 g como máximo. ¿Es posible que el traje, los zapatos, el reloj, la cartera y todo lo demás que llevaba encima Pyecraft no pesara más de 130 g? Claro que pesaría más. Pero en este caso, el gordinflón tendría que haber seguido apoyándose en el suelo de la habitación, aunque en una situación poco estable, y no emerger hacia el techo “como un globo cautivo”. Pyecraft hubiera podido realmente volar hacia el techo si se hubiera desnudado por completo. Vestido parecería más bien un hombre atado a un globo saltador, el cual, con un pequeño esfuerzo muscular o con un simple salto, se elevaría a gran altura, sobre la superficie de la Tierra y después, si no hacía viento, volvería a descender suavemente⁹.

Un Reloj “Eterno”

En nuestro libro hemos hablado ya de varios pseudo-“perpetuum mobile” y explicado la inutilidad de los intentos de inventarlos. Tratemos ahora del motor “gratuito”, es decir, del motor que puede funcionar un tiempo indefinido, sin necesidad de cuidados, a costa de la energía que le proporcionan las inagotables reservas del medio ambiente.

Todos hemos visto un barómetro de mercurio o metálico. En el primero, el extremo de una columna de mercurio unas veces sube y otras baja, de acuerdo con las variaciones de la presión atmosférica; en el metálico, por esta misma causa siempre está en movimiento la aguja indicadora. En el siglo XVIII, un inventor utilizó estos movimientos del barómetro para darle cuerda a un mecanismo de relojería, con lo cual consiguió construir un reloj que marchaba ininterrumpidamente sin necesidad de que le dieran cuerda. El célebre mecánico y astrónomo inglés Fergusson (en 1774) vio este interesante invento y dijo de él lo siguiente: “Yo he visto el reloj anteriormente descrito, el cual se pone en movimiento continuo por las elevaciones y descensos de la columna de mercurio de un barómetro de construcción especial; no hay motivos para suponer que se pare nunca, ya que la fuerza motriz que en él se acumula sería suficiente para mantener la marcha del reloj durante todo un año, aun después de quitarle el barómetro. Debo decir con toda franqueza, después de examinar detenidamente este reloj, que es el mecanismo más ingenioso de todos los que he tenido ocasión de ver, tanto por su concepción como por su realización”.

Desgraciadamente, este reloj no se ha conservado hasta nuestros días. Fue robado en una ocasión y se desconoce su paradero. Sin embargo, han quedado los dibujos de su estructura que hizo el mencionado astrónomo, con los cuales es posible reconstruirlo.

El mecanismo del reloj consta de un barómetro de mercurio de grandes dimensiones, formado por una vasija de vidrio, colgada de un bastidor, y por un gran matraz invertido, cuyo cuello penetra en aquélla. La vasija y el matraz contienen en total cerca de 150 kg de mercurio. Estas dos vasijas

⁹ Sobre los globos saltadores se dan más detalles en el capítulo IV de mi libro “Mecánica Recreativa”.

están sujetas de tal forma, que la una puede moverse con respecto a la otra; con un ingenioso sistema de palancas se consigue que, cuando aumenta la presión atmosférica, descienda el matraz y ascienda la vasija, mientras que, cuando la presión disminuye, ocurre lo contrario.

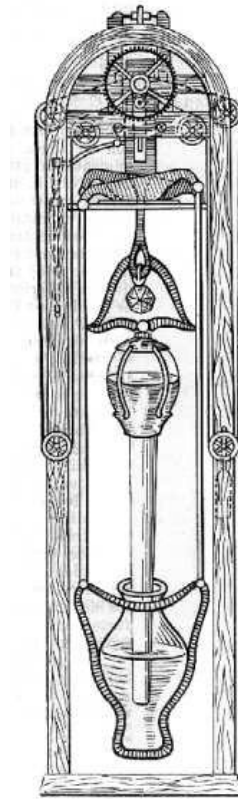


Fig. 72. Estructura de un motor "gratuito" del siglo XVIII.

Estos dos movimientos hacen que gire, siempre en el mismo sentido, una pequeña rueda dentada. Esta rueda se encuentra en reposo solamente cuando la presión atmosférica permanece invariable; pero durante estas pausas el mecanismo del reloj se sigue moviendo, gracias a la energía acumulada con anterioridad, por medio de unas pesas descendentes. No es fácil conseguir que dos pesas se eleven simultáneamente y que al descender muevan un mecanismo. Pero los antiguos relojeros tuvieron suficiente ingenio para resolver este problema. Y resultó, que la energía proporcionada por las variaciones de la presión atmosférica era incluso mayor que la necesaria, es decir, que las pesas se elevaban con más rapidez que descendían. Por este motivo fue introducido un dispositivo especial, para desembragar el mecanismo de las pesas descendentes cuando éstas llegaban a su punto superior.

Fácil es darse cuenta de la gran diferencia de principios que existe entre éste (y los demás motores "gratuitos" semejantes a él) y los motores de "movimiento continuo". En los motores "gratuitos", la energía no se crea de la nada, como querían los inventores del "movimiento continuo"; esta energía se toma del exterior, como en nuestro caso, en que se toma de la atmósfera circundante, en la cual se acumula la de los rayos solares. En la práctica, los motores "gratuitos" podrían ser tan ventajosos como los de "movimiento continuo", siempre que su construcción no fuera demasiado cara con relación a la energía que proporcionan (cosa que sucede en la mayoría de los casos).

Más adelante nos ocuparemos de otros tipos de motores "gratuitos" y demostraremos con ejemplos, por qué el empleo industrial de semejantes mecanismos resulta, por regla general, desventajoso.