

HORROR AL VACÍO

Antiguamente, los pensadores, filósofos y científicos sentían auténtico pánico al vacío. De hecho, negaban rotundamente que existiera; no podían concebir el mundo con la posibilidad de que se dieran zonas del mismo con ausencia total de materia. ¿Existiría el vacío –la nada– sin gases, líquidos y sólidos? A partir del siglo XVII, fue cuando surgieron una serie de científicos que comenzaron a experimentar con el vacío.

En la actualidad, estamos más familiarizados con el vacío de lo que parece. Gracias al vacío, funcionan aparatos que empleamos a diario: la aspiradora, las ventosas, las pajitas...

En esta demostración, trabajamos con diferentes conceptos de presión: la ejercida por los sólidos, los líquidos y los gases.



Publica

© Ciudad de las Artes y las Ciencias, S.A.
Prolongación Paseo de la Alameda, 48, entresuelos 1 y 2
46023-Valencia (España)

1.ª edición: julio de 2006

Impresión

Toni Burguera Impremta, S.L.

ISBN

ISBN-13: 978-84-934501-3-7

ISBN-10: 84-934501-3-8

Depósito Legal

V-

Impreso en Valencia (España)

Queda rigurosamente prohibida, sin la autorización escrita de los titulares del *Copyright*, bajo las sanciones establecidas por las leyes, la reproducción total o parcial de esta obra por cualquier medio o procedimiento, comprendidos la reprografía y el tratamiento informático.

www.cac.es ⓘ 902 100 031



Índice

Antes de la visita

Contenidos y experiencias

■	L a presión	5
■	L a presión que ejerce un líquido	6
■	L a presión atmosférica	8
■	E xpansión de los gases	10
■	V ariaciones de la presión atmosférica con la altitud	11
■	E l rozamiento del aire	13
■	C ómo afectan los cambios de presión al agua	15

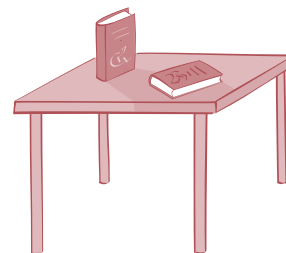
Después de la visita

La sesión en preguntas	17
Para hacer en casa o en el colegio	20

La presión

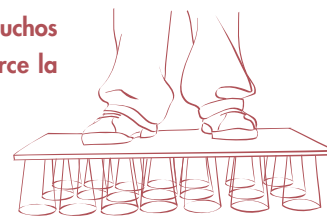
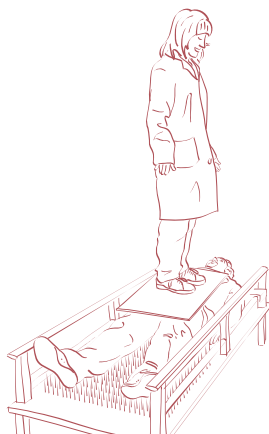
El concepto de presión se define como la fuerza aplicada sobre una determinada superficie. Si colocamos un par de libros iguales sobre una mesa, uno en posición horizontal y el otro en vertical, los dos realizan la misma fuerza, pero presiones diferentes. El que está en posición vertical efectúa una presión mayor porque la superficie de contacto es menor.

A mayor superficie, la presión disminuye; a menor superficie, la presión aumenta. La presión se mide en newtons por metro cuadrado (N/m^2) o pascales (Pa), mientras que la fuerza se mide en newtons (N).



Experiencia 1: Sobre vasos y cama de clavos

La primera experiencia consiste en colocar a una persona sobre un vaso de plástico. El recipiente se rompe al momento. La experiencia se repite, pero, en esta ocasión, con muchos vasos y una placa de metacrilato. En este supuesto, no ceden a la fuerza que ejerce la persona sobre ellos.

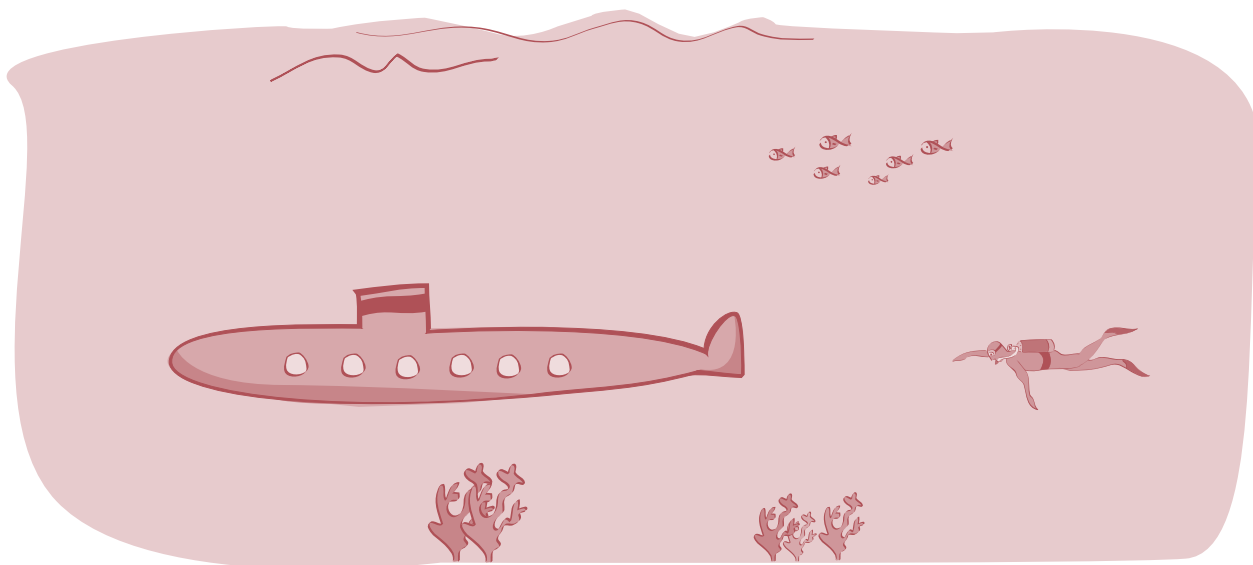


La siguiente experiencia consiste en demostrar que los faquires no son gente especial; simplemente, juegan con el concepto de presión. Un voluntario se tumba en una cama de clavos sin, prácticamente, sentirlos; al haber muchos clavos, el peso se reparte. A continuación, un monitor se tumba en la cama de clavos con una superficie de metacrilato sobre su pecho. Acto seguido, se coloca el ayudante de pie encima del monitor. Los alumnos comprobarán cómo la experiencia no tiene ningún misterio: la amplitud de la superficie provoca que la presión se reparta. Así se demuestra, visualmente, cómo, a mayor superficie para una misma fuerza, menor presión.

La presión que ejerce un líquido

La presión que ejerce un líquido sobre un objeto depende de la densidad del líquido, de la profundidad a la que se encuentra el objeto y de la aceleración de la gravedad. En estos casos, la forma del objeto y su superficie no influyen en la presión. Además, la presión que genera un líquido a una determinada profundidad es idéntica contra cualquier superficie, independientemente de la forma de la misma. En cualquier punto dentro de un líquido, las fuerzas que producen la presión se ejercen por igual en todas direcciones.

Por ejemplo: un submarino y una persona que están a 30 metros de profundidad en el mar reciben la misma presión, siendo el tamaño de ambos muy diferente. Ahora bien, si la persona se coloca a medio metro más de profundidad, recibiría una presión mayor, al tener más cantidad de agua sobre él. Otro ejemplo sería el de dos lagos de diferente tamaño: la presión del agua es mayor en el lago más profundo, aunque tenga menos cantidad de agua.



CUIDADO CON LOS OÍDOS...

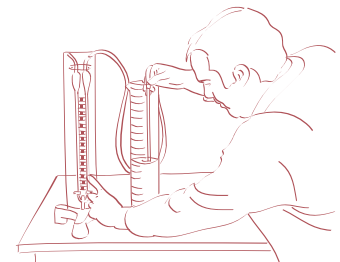
Los buceadores tienen en cuenta la presión a la hora de hacer las inmersiones. Conforme se sumergen, van notando la presión del agua en los oídos y la compensan expulsando aire por la nariz. De esta manera, equilibran el cambio de presión y pueden ahondarse en el mar, hasta un cierto límite, sin sufrir daño alguno en los oídos.



Experiencia 2: La presión que ejerce un líquido

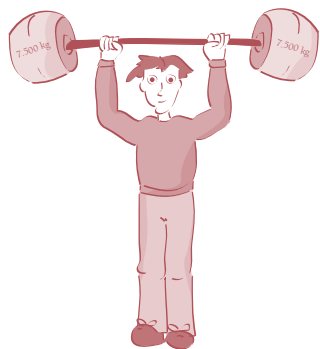
- EN ESTA EXPERIENCIA, SE CONSTATA QUE LA PRESIÓN DE UN LÍQUIDO DEPENDE SÓLO DE LA PROFUNDIDAD.

Con la ayuda de un tubo en U, una probeta y dos sondas de diferente superficie, se realiza la experiencia. Colocamos las dos sondas a la misma profundidad dentro de un líquido, observándose que la presión ejercida con las dos sondas es la misma.



La presión atmosférica

Estamos tan habituados a la presencia del invisible aire, que nos olvidamos de que pesa. Es más, cuando miramos a nuestro alrededor, al no ver los gases, nos da la sensación de que no hay nada, pero estamos rodeados por gran cantidad de materia invisible. La atmósfera está compuesta, mayoritariamente, por nitrógeno y oxígeno. Ambos gases representan el 99% de la atmósfera terrestre, ocupando el nitrógeno un 78,1% y el oxígeno un 21%. El resto está formado por argón, anhídrido carbónico y, en proporciones aún menores, neón y helio. Todos estos gases tienen peso; debido al mismo, la atmósfera ejerce presión.



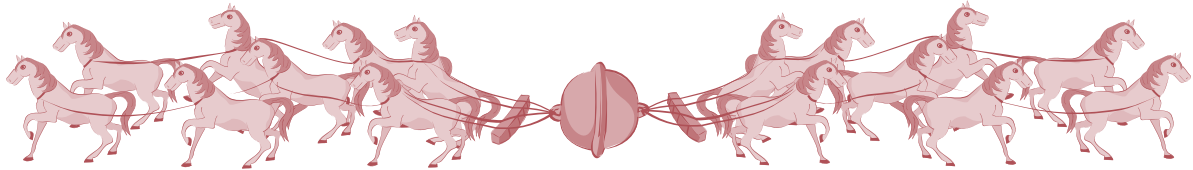
¿SABÍAS QUE...

... el peso total de nuestra atmósfera es de, aproximadamente, 6.000 billones de toneladas? ¡Nuestro cuerpo soporta alrededor de 15.000 kilogramos!

Uno de los grandes personajes que estudiaron la presión atmosférica fue el multidisciplinar Otto von Guericke (1602-1686). Este físico e ingeniero alemán inventó la bomba de vacío, una balanza para pesar el aire y un barómetro.

En 1654, Otto von Guericke llevó a cabo en Magdeburgo, su ciudad natal, el experimento más conocido sobre la presión atmosférica jamás realizado. Construyó unos hemisferios de cobre, llamados hemisferios de Magdeburgo. Éstos consistían en dos semiesferas metálicas huecas, que se ajustaban una con otra formando una esfera. Del interior, se extrajo el aire con una bomba, obteniendo el vacío en los hemisferios. Con ausencia de gases dentro de los hemisferios, sólo actuaba la presión atmosférica. A continuación, sujetó un grupo de ocho caballos en cada hemisferio para que tirara. A pesar de la gran

fuerza realizada por los caballos, no pudieron separarlos; la fuerza era inferior a la ejercida por la presión atmosférica. Cuando permitió entrar de nuevo el aire, las presiones se igualaron y los hemisferios se separaron sin problemas.



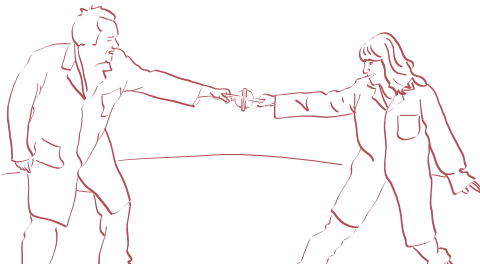
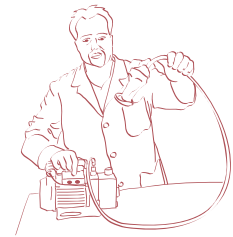
UN GRAN INVENTOR...

Otto von Guericke no sólo destacó por sus experimentos de vacío. Inventó la primera máquina electrostática para producir cargas eléctricas.



Experiencia 3: Sacando aire

Inicialmente, se quita el aire del interior de una lata de refrescos con una bomba de vacío, lo que provoca su aplastamiento. Al quitar los gases del interior, la presión que ejercen los mismos disminuye mucho; ahora, es mayor fuera del bote que dentro. Con esta experiencia, se comprueba cómo los gases que no vemos son capaces de aplastar un bote.



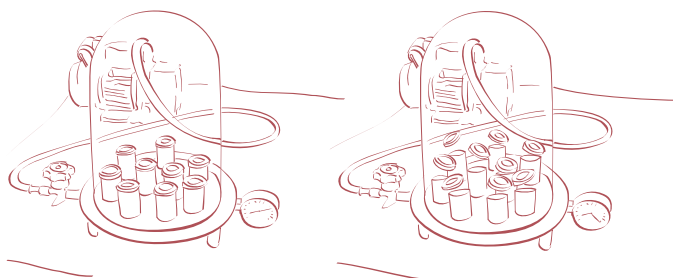
La siguiente experiencia consiste en recrear parte del experimento de Otto von Guericke. Mediante los hemisferios de Magdeburgo, se comprueba hasta qué punto la atmósfera llega a ejercer presión. Se retira el aire del interior de los hemisferios y luego dos voluntarios verifican que es imposible separar los hemisferios mediante la fuerza bruta.

Expansión de los gases

Los gases se asemejan a los líquidos en el hecho de que ambos fluyen, razón por la que se les denomina fluidos. Ahora bien, la diferencia primordial entre gases y líquidos consiste en la distancia entre moléculas. En los líquidos, las moléculas están muy juntas; esto implica mayor dificultad en su movilidad. En los gases, las moléculas se encuentran muy alejadas unas de otras; pueden moverse con más facilidad. Lo anterior provoca que un gas se expanda hasta llenar todo el espacio disponible, adoptando la forma del recipiente que lo contiene. Sólo cuando la cantidad de gas es enorme –caso de la atmósfera terrestre–, es la gravitación la que determina la forma del gas.

Experiencia 4: Expansión de un gas

Se colocan botes de carretes fotográficos llenos de aire en el interior de la campana de vacío. Una vez dentro, se extrae el aire de la campana, observándose cómo los botes se abren. ¿Causa? La presión es mayor dentro del bote que en el exterior, y los gases tienden a expandirse porque no hay ningún gas fuera del recipiente que se lo impida.

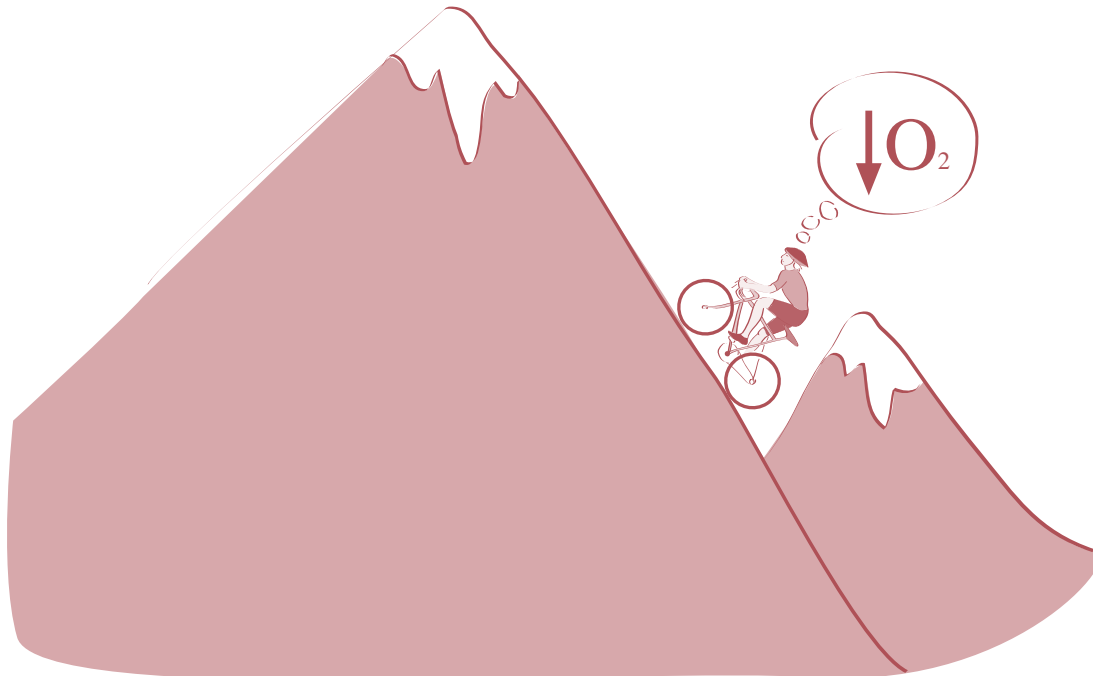


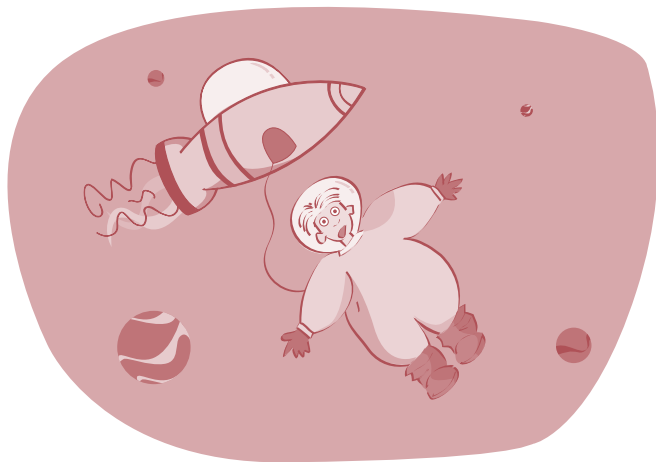
Otro experimento relacionado con la expansión de un gas consiste en poner dentro de la campana espuma del pelo, a medida que se extraen los gases, la espuma va aumentando de volumen hasta ocupar prácticamente toda la campana. Las pequeñas burbujas de aire que hay dentro de la espuma se han expandido, provocando un aumento de volumen de la espuma aunque la cantidad de la misma sea igual. Cuando se abre la válvula de la campana de vacío, el aire vuelve a entrar reduciendo el volumen de la espuma consecuencia de la presión.

Variaciones de la presión atmosférica con la altitud

La presión que ejercen los gases no es la misma a lo largo de la atmósfera. Existen variaciones locales de presión atmosférica derivadas de los movimientos de las corrientes de aire y las tormentas, pero las variaciones más importantes se producen con la altitud. El aire está más comprimido al nivel del mar que en capas elevadas. A medida que ascendemos, la cantidad de aire es menor, llegando, finalmente, a desvanecerse en el espacio. Esto se traduce en una disminución de presión a medida que nos alejamos de la superficie terrestre.

Las variaciones de presión son perceptibles. Un claro ejemplo se da si viajamos en avión o subimos un puerto de montaña: sentimos molestias en los oídos. Muchos deportistas se entrenan en zonas con una elevada altitud. De esta manera, se habitúan a practicar deporte con poco oxígeno. Cuando vuelven al lugar habitual de entrenamiento, su rendimiento energético es mayor...





¡VAYA SUSTO!

Durante el primer paseo espacial, el 18 de marzo de 1965, al ruso Alexéi Leonov, tripulante de la nave soviética *Vosjod 2*, se le hinchó el traje debido al cambio de presión en el Espacio. Tal situación motivó que sufriera un auténtico martirio para volver a entrar, ya que, prácticamente, no cabía por la pequeña abertura prevista para el acceso a la nave.

Experiencia 5: Simulación de un cambio de altitud con un globo

- EN ESTA EXPERIENCIA, SIMULAMOS LO QUE LE PASARÍA A UN GLOBO SI ASCENDIERA DESDE EL NIVEL DEL MAR HASTA UNA MONTAÑA MUY ALTA.

El globo se coloca dentro de la campana de vacío y se elimina el aire. Aquí se observa palmariamente la expansión de un gas, que provoca un aumento de volumen del globo; es mayor la presión dentro del globo que fuera.

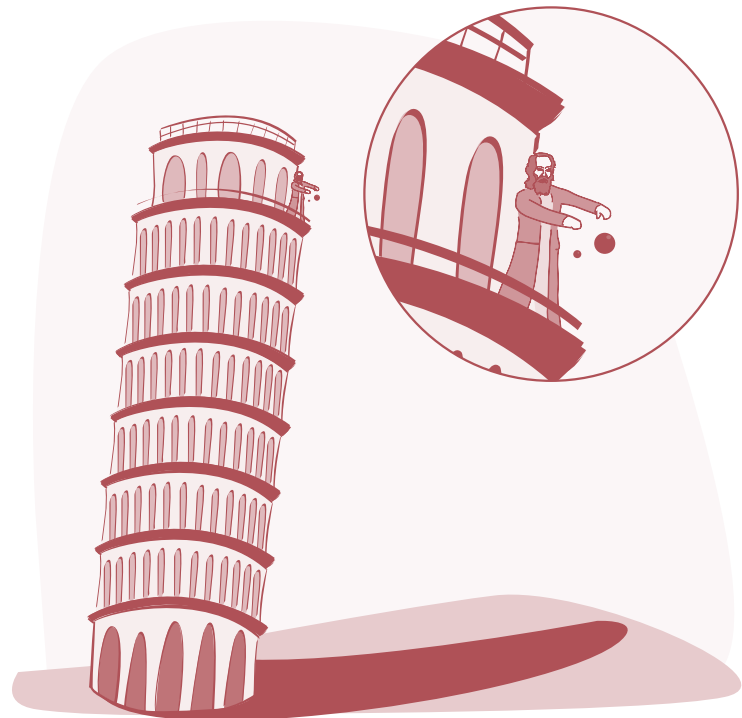


El rozamiento del aire

La fuerza de rozamiento es la fuerza que se opone al movimiento. La fuerza de rozamiento entre dos superficies depende de los materiales que están en contacto y de la intensidad con que una comprime a la otra. Sin embargo, la fricción no se da sólo entre sólidos; también existe en los líquidos y los gases. La resistencia del aire es la fricción que actúa sobre un cuerpo que se mueve en el aire. Normalmente, esa fricción no la notamos al andar; se advierte más cuando nos desplazamos a gran velocidad. Ahora bien, en ausencia total de gases, no habría rozamiento con los mismos. Así, si se dejaran caer dos objetos de diferente forma y peso a una determinada altura en la Luna –no hay gases y, además, existe gravedad–, caerían a la misma velocidad. Comparten idéntica aceleración porque la fuerza resultante que se ejerce sobre cada objeto es sólo su peso, y la proporción de peso a masa es igual para ambos.

UN CIENTÍFICO GENIAL

A finales del siglo XVII, Galileo se atrevió a cuestionar el consenso reinante sobre cómo se comportaban objetos distintos en caída libre. En aquella época, se pensaba que los objetos pesados siempre caerían más rápido que los livianos. Galileo afirmó que los cuerpos, independientemente del material del que estuvieran compuestos, su peso y su volumen, deberían caer a la misma velocidad. La leyenda cuenta que Galileo realizó un experimento en el cual dejó caer dos balas de cañón –una, diez veces más pesada que la otra–, desde la torre inclinada de Pisa. El poco éxito de su ensayo lo atribuyó a que la altura no era la suficiente.



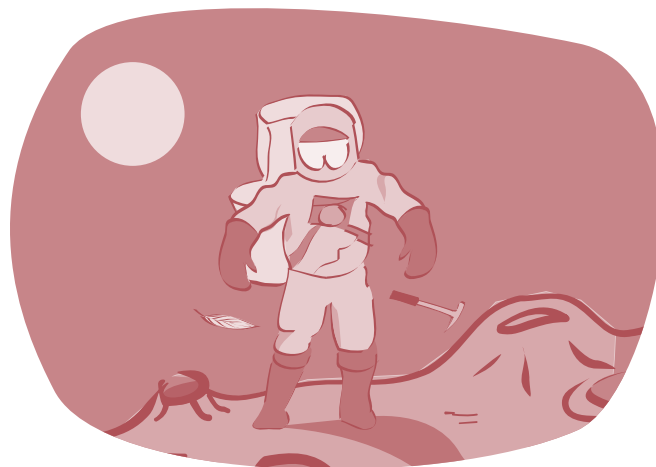
GALILEO GALILEI



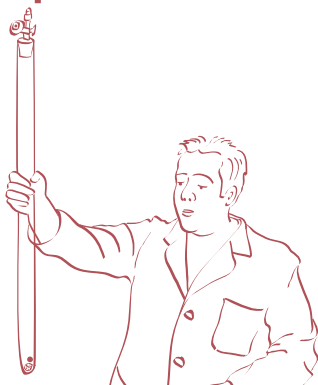
“Me parece que aquéllos que sólo se basan en argumentos de autoridad para mantener sus afirmaciones, sin buscar razones que las apoyen, actúan de forma absurda. Desearía poder cuestionar libremente y responder libremente, sin adulaciones. Así se comporta aquél que persigue la verdad”.

¡GALILEO TENÍA RAZÓN!

El 2 de agosto de 1971, la humanidad supo que estaba en lo cierto. El astronauta David Scott hizo un experimento en la Luna, que consistió en dejar caer un martillo de geólogo y una pluma de halcón. Los objetos llegaron al mismo tiempo a la superficie lunar.



Experiencia 6: Tubo de Newton



- SE COMPRUEBA DE QUÉ MANERA CAEN DOS OBJETOS DE DIFERENTE FORMA Y PESO DENTRO DEL TUBO DE NEWTON CUANDO HAY AIRE Y EN SU AUSENCIA.

Los materiales consisten en un trozo de corcho y una bola de caucho. Antes de quitar los gases del interior del tubo, cae primero la bola de caucho. La bola es más aerodinámica, lo que ocasiona que el rozamiento con el aire sea menor al del trozo de corcho, de forma que la bola llega antes. Después, se extrae el aire del interior del tubo y se comprueba cómo, en ausencia de gases, dos objetos de diferente forma y peso pueden llegar a caer a la vez.

Cómo afectan los cambios de presión al agua

La ebullición es el cambio de estado líquido a gaseoso que se produce bajo la superficie de un líquido. Para que se produzca la ebullición, intervienen dos factores: temperatura y presión. En un líquido, si se aumenta la presión, el punto de ebullición respecto a la temperatura se eleva. Si ocurre lo contrario –la presión baja–, el punto de ebullición disminuye.

Aunque parezca raro, estamos muy familiarizados con este concepto; de hecho, el funcionamiento de la olla a presión para cocinar los alimentos se basa en este principio. La tapa de la olla se cierra herméticamente e impide que el vapor se escape. El vapor se acumula dentro de la olla, la presión que se ejerce sobre la superficie del líquido aumenta y evita la ebullición, lo que produce un aumento en el punto de ebullición. El agua adquiere mayor temperatura y, en consecuencia, los alimentos se cocinan más deprisa.



PREPARANDO UN HUEVO DURO EN EL EVEREST

De no ser por la olla a presión, a los alpinistas que coronan el Everest les costaría horrores hacerse unos huevos duros. A una determinada altura, la presión disminuye tanto, que el agua hierve a una temperatura significativamente inferior a los 100 grados centígrados; al huevo le cuesta coger la temperatura de cocción. La olla a presión acelera el proceso.

16



Experiencia 7: El agua hierve fría

Llenamos de agua un recipiente y lo introducimos en la campana de vacío. Una vez extraído el aire, el agua comienza a hervir. Sin embargo, lo hace a temperatura ambiente; el agua no llega a calentarse porque no hierve a una temperatura alta.

Después de la visita

La sesión en preguntas

17

- **¿De qué depende la presión que ejerce un sólido en otro sólido?**
 - Sólo de la fuerza aplicada sobre cualquier superficie.
 - Del tiempo que se ejerza una fuerza en una superficie.
 - Depende tanto de la fuerza aplicada, como de la superficie en la cual se ejerza la fuerza.

- **¿En qué unidad medimos la fuerza?**
 - Pascal (Pa).
 - Newton (N).
 - Newton/centímetro (N/cm).
 - Pascal/centímetro (Pa/cm).

- **La presión que recibe un objeto sumergido en un líquido depende de...**
 - ... la profundidad a la que se sumerja.
 - ... la profundidad a la que se sumerja y del tipo de material del objeto.
 - ... la densidad del líquido y de la profundidad a la que se sumerja.

- **Un submarino se halla a 30 metros de profundidad en el mar; un submarinista, a 32 metros. ¿Quién soporta mayor presión?**

- **¿Qué personaje fue el inventor de los hemisferios de Magdeburgo?**
 - Galileo Galilei.
 - Leonardo da Vinci.
 - Tycho Brahe.
 - Otto von Guericke.

- **En la experiencia de los hemisferios de Magdeburgo, ¿por qué no es posible separar los hemisferios una vez extraído el aire de su interior?**

- **¿Cuál es el estado de la materia que ocupa más volumen?**

- **¿Cuál es la razón por la que hay más presión atmosférica cerca de la superficie terrestre?**
 - La gravedad hace que los gases se concentren en mayor proporción cerca de la superficie que lejos de ella. Al haber más cantidad de gases, la presión ejercida es mayor.

 - Los gases más abundantes de la atmósfera son el nitrógeno y el oxígeno. Como son dos gases con mucho peso, se concentran próximos a la superficie terrestre, provocando un aumento de presión.

 - Realmente, la presión de los gases es mayor cuanto más lejos nos situemos de la superficie terrestre, aunque la sensación de presión es mayor a menor altitud.

Para hacer en casa o en el colegio

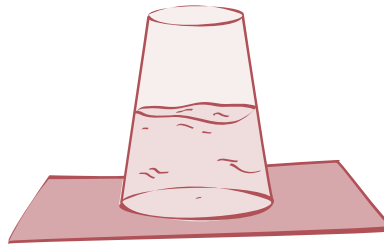
● PRESIÓN ATMOSFÉRICA

MATERIALES

- Un vaso lleno de agua
- Cartulina

EXPERIENCIA

1. Coge un vaso lleno de agua y tápalo con la cartulina.
2. Delicadamente, gira el vaso hasta colocarlo bocabajo. El agua no cae.



MATERIALES

- Un recipiente lleno de agua
- Un vaso

EXPERIENCIA

1. Llena un recipiente de agua. Sumerge el vaso bocabajo en el recipiente hasta que se llene del todo. Retira el vaso del recipiente sin sacarlo del todo y observa su interior.

● PRESIÓN Y PROFUNDIDAD

MATERIALES

- Una botella de plástico de dos litros
- Una jarra
- Un clavo
- Unas tijeras
- Una fuente
- Colorante alimentario

EXPERIENCIA

- 1. Corta la parte superior de la botella con las tijeras.
- 2. Ayúdate del clavo para hacer tres agujeros siguiendo una línea vertical.
- 3. Llena la jarra de agua y añádele el colorante hasta que adquiera la tonalidad deseada.
- 4. Pon la botella encima de la fuente y llénala rápidamente con el contenido de la jarra. Observa cómo sale el líquido por los tres orificios.



● HAZ UN GÉISER

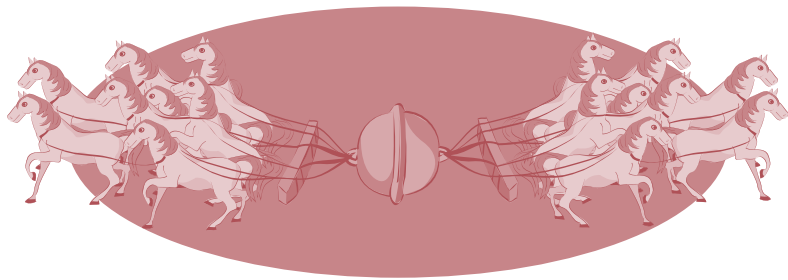
MATERIALES

- Una botella de plástico de dos litros con tapón
- Un clavo
- Un globo
- Agua

EXPERIENCIA

- 1. Agujerea con el clavo la parte inferior de la botella.
- 2. Coloca el globo de manera que la boca del mismo coincida con la boca de la botella.
- 3. Infla el globo y, antes de separar la boca de la botella, tapa el agujero inferior.
- 4. Manteniendo el agujero tapado, introduce agua dentro del globo. Retira el dedo del orificio y observa qué ocurre.







GENERALITAT
VALENCIANA



CIUDAD DE LAS ARTES Y LAS CIENCIAS
VALENCIA