

# HORROR AL BUIT

Antigament, el buit provocava autèntic pànic entre pensadors, filòsofs i científics. De fet, negaven rotundament que existira; no podien concebre el món amb la possibilitat que hi haguera zones amb absència total de matèria. Existiria el buit –el no-res– sense gasos, líquids ni sòlids? A partir del segle XVII, aparegué una sèrie de científics que començaren a experimentar amb el buit.

En la actualitat, estem més familiaritzats amb el buit del que pareix. Gràcies al buit funcionen aparells que fem cada dia: l'aspiradora, les ventoses, les palletes...

En esta demostració, treballarem diferents conceptes de pressió: la que exercixen els sòlids, els líquids i els gasos.





## **Publica**

© Ciudad de las Artes y las Ciencias, S.A.  
Prolongació del Passeig de l'Albereda, 48, entresòls 1 i 2  
46023 - València (Espanya)

1a edició: juliol del 2006

## **Traducció del castellà**

Rafel Moreno i Giménez

## **Impressió**

Toni Burguera Impremta, S.L.

## **ISBN**

ISBN-13: 978-84-934501-4-4

ISBN-10: 84-934501-4-6

## **Depòsit Legal**

Imprés a València (Espanya)

Queda rigorosament prohibida, sense l'autorització escrita dels titulars del *Copyright*, amb les sancions que estableixen les lleis, la reproducció total o parcial d'esta obra per qualsevol mitjà o procediment, incloent-hi la reprografia i el tractament informàtic.

[www.cac.es](http://www.cac.es) ⓘ 902 100 031



# Índex

## Abans de la visita

### Continguts i experiències

|  |    |
|--|----|
| <b>L</b> a pressió   | 5  |
| <b>L</b> a pressió que exercix un líquid                   | 6  |
| <b>L</b> a pressió atmosfèrica                             | 8  |
| <b>E</b> xpansió dels gasos                                | 10 |
| <b>V</b> ariacions de la pressió atmosfèrica amb l'altitud | 11 |
| <b>E</b> l fregament de l'aire                             | 13 |
| <b>C</b> om influïxen els canvis de pressió sobre l'aigua  | 15 |

## Després de la visita

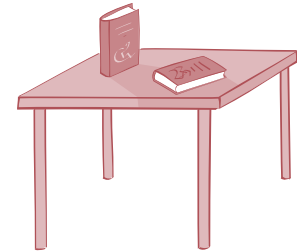
|                              |    |
|------------------------------|----|
| La sessió en preguntes       | 17 |
| Per a fer a casa o en escola | 20 |



## La pressió

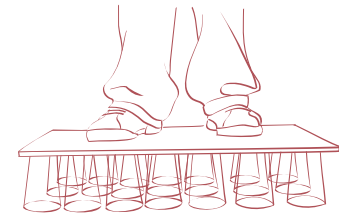
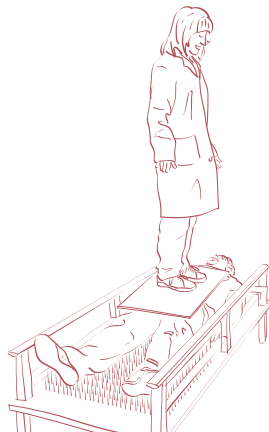
El concepte de pressió es definix com la força aplicada sobre una superfície determinada. Si col·loquem un parell de llibres iguals sobre una taula, l'un en posició horitzontal i l'altre en vertical, tots dos exercixen la mateixa força, però pressions diferents. El que està en posició vertical fa més pressió perquè la superfície de contacte és més menuda.

Com més superfície, la pressió disminueix; com menys superfície, la pressió augmenta. La pressió es mesura en newtons per metre quadrat ( $N/m^2$ ) o pascals (PA), mentre que la força es mesura en newtons (N).



## Experiència 1: Sobre gotes i llit de claus

La primera experiència consisteix a col·locar una persona damunt d'un got de plàstic. El recipient s'esclafa immediatament. L'experiència es repeteix, però ara amb molts gotes i una placa de metacrilat per damunt. En este cas, no cedixen a la força que exercix la persona que s'hi posa damunt.

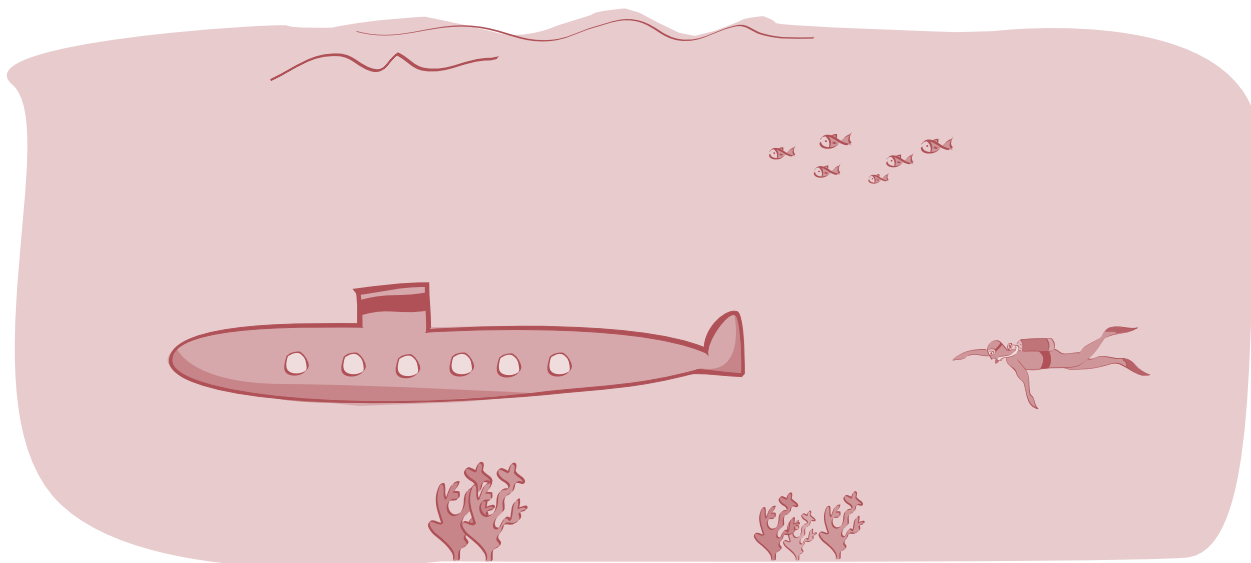


L'experiència següent consisteix a demostrar que els faquirs no són gent especial; simplement, juguen amb el concepte de pressió. Un voluntari s'estira en un llit de claus i, pràcticament, ni els sent; com que n'hi ha molts, el pes es repartix entre tots. A continuació, un monitor s'estira en el llit de claus amb una superfície de metacrilat damunt del pit. Tot seguit, un ajudant es col·loca plantat damunt del monitor. Els alumnes comproven que l'experiència no té cap misteri: l'amplitud de la superfície provoca que la pressió es repartisca. Així es demostra, visualment, que, com més superfície per a una mateixa força, menys pressió.

## La pressió que exercix un líquid

La pressió que exercix un líquid sobre un objecte depèn de la densitat del líquid, de la profunditat a què es troba l'objecte i de l'acceleració de la gravetat. En estos casos, la forma i la superfície de l'objecte no influïxen en la pressió. A més, la pressió que genera un líquid a una determinada profunditat és idèntica contra qualsevol superfície, independentment de la forma que tinga. En qualsevol punt dins d'un líquid, les forces que produïxen la pressió actuen de la mateixa manera en totes direccions.

Per exemple: un submarí i una persona que estan a 30 metres de profunditat en el mar reben la mateixa pressió encara que la dimensió de cada un siga molt diferent. Ara bé, si la persona es col·loca a mig metre més de profunditat, rep més pressió, perquè té més quantitat d'aigua damunt seu. Un altre exemple seria el de dos llacs de diferent grandària: la pressió de l'aigua és més alta en el llac més profund, encara que tinga menys quantitat d'aigua.



**COMPTE AMB LES ORELLES...**

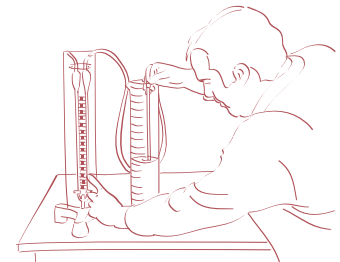
Els bussejadors tenen en compte la pressió a l'hora de fer les immersions. A mesura que se submergeixen, van notant la pressió de l'aigua en les orelles i la compensen expulsant aire pel nas. D'esta manera, equilibren el canvi de pressió i poden endinsar-se en el mar, fins a un cert límit, sense sofrir cap dany en les orelles.



## Experiència 2: La pressió que exercix un líquid

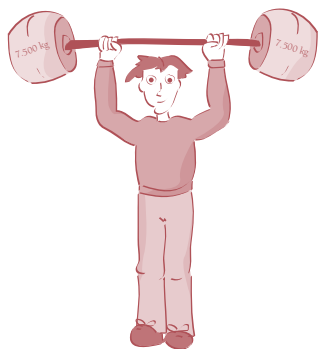
- EN ESTA EXPERIÈNCIA, ES CONSTATA QUE LA PRESSIÓ D'UN LÍQUID DEPÉN NOMÉS DE LA PROFUNDITAT.

Amb l'ajuda d'un tub en U, una proveta i dos sondes de diferent superfície, es fa l'experiència. Col·loquem les dos sondes a la mateixa profunditat dins d'un líquid i observem que la pressió exercida amb les dos sondes és la mateixa.



## La pressió atmosfèrica

Estem tan habituats a la presència de l'aire, invisible, que ens oblidem que pesa. És més, quan mirem al voltant, com que no veiem els gasos, ens fa l'efecte que no hi ha res; però la veritat és que estem rodejats per gran quantitat de matèria invisible. L'atmosfera està composta, majoritàriament, per nitrogen i oxigen. Estos dos gasos representen el 99% de l'atmosfera terrestre; el nitrogen ocupa un 78,1% i l'oxigen un 21%. La resta està format per argó, anhídrid carbònic i, en proporcions encara més baixes, neó i heli. Tots estos gasos tenen pes; per això, perquè tenen pes, l'atmosfera exercix pressió.



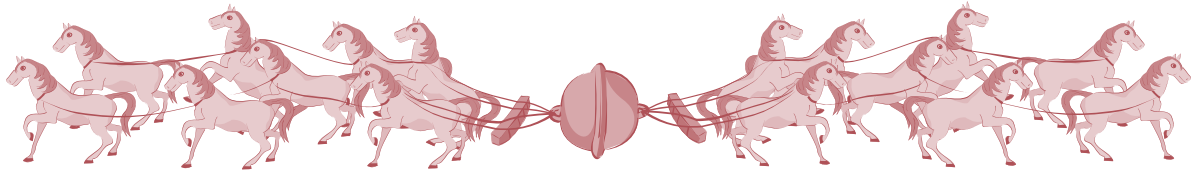
### SABIES QUE...

... el pes total de la nostra atmosfera és, aproximadament, de 6.000 bilions de tones? El nostre cos suporta vora 15.000 quilograms!

Un dels grans personatges que van estudiar la pressió atmosfèrica va ser el multidisciplinari Otto von Guericke (1602-1686). Este físic i enginyer alemany va inventar la bomba de buit, una balança per a pesar l'aire i un baròmetre.

L'any 1654, Otto von Guericke va fer a Magdeburg, la seua ciutat natal, l'experiment més conegut sobre la pressió atmosfèrica mai realitzat. Va construir uns hemisferis de coure, que han passat a la historia com els hemisferis de Magdeburg. Consistien en dos semiesferes metàl·liques buides que s'ajustaven l'una amb l'altra i formaven una esfera. Es va extraure l'aire de l'interior amb una bomba i, així, s'obtingué el buit dins dels hemisferis. Amb absència de gasos dins dels hemisferis, només actuava la pressió atmosfèrica. A continuació, va subjectar un grup de huit cavalls a cada hemisferi perquè tiraren, cada

grup en direcció contrària. A pesar de la gran força feta pels cavalls, no van poder separar-los; la força era inferior a la que exercia la pressió atmosfèrica. Quan va permetre entrar als hemisferis de nou l'aire, les pressions es van igualar i es van separar sense problemes.



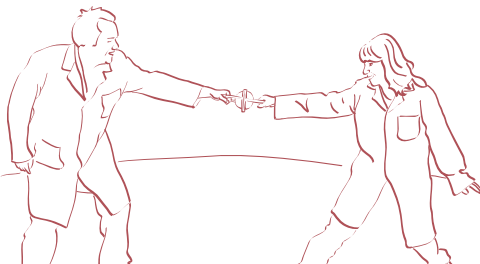
### UN GRAN INVENTOR...

Otto von Guericke no sols va destacar pels experiments sobre el buit. Va inventar la primera màquina electrostàtica per a produir càrregues elèctriques.



## Experiència 3: Traient aire

Primer extraiem l'aire de l'interior d'un pot de beguda amb una bomba de buit, la qual cosa provoca que el pot es comprimisca, es xafe. Quan extraiem els gasos de l'interior, la pressió que exercixen estos gasos disminueix molt; ara, la pressió és més alta fora del pot que dins. Amb esta experiència, es comprova que els gasos que no veiem són capaços de xafar un pot.



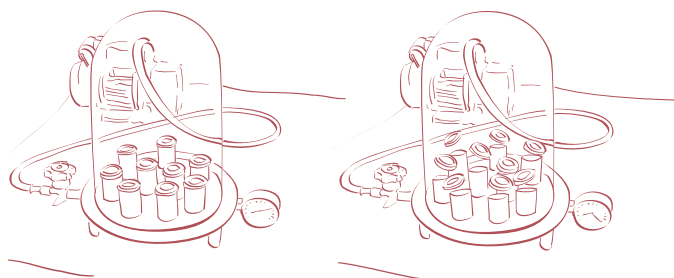
L'experiència següent consistix a recrear part de l'experiment d'Otto von Guericke. Mitjançant els hemisferis de Magdeburg, es comprova fins a quin punt l'atmosfera arriba a exercir pressió. Es retira l'aire de l'interior dels hemisferis i després dos voluntaris comproven que és impossible separar els hemisferis mitjançant la força bruta.

## Expansió dels gasos

**E**ls gasos s'assemblen als líquids en el fet que tots dos fluïxen, raó per la qual es denominen fluids. Ara bé, la diferència primordial entre gasos i líquids consisteix en la distància entre molècules. En els líquids, les molècules estan molt juntes; açò implica més dificultat per a moure's. En els gasos, les molècules es troben molt allunyades les unes de les altres; poden moure's amb més facilitat. Esta característica provoca que un gas s'expandisca fins a omplir tot l'espai disponible i que adopte la forma del recipient que el conté. Només quan la quantitat de gas és enorme –el cas de l'atmosfera terrestre–, és la gravitació la que determina la forma del gas.

### Experiència 4: Expansió d'un gas

Es col·loquen pots de rodets de fotografia plens d'aire dins de la campana de buit. Una vegada dins, s'extrau l'aire de la campana i observem com els pots s'obrin. Causa? La pressió és més alta dins del pot que a l'exterior i els gasos tendixen a expandir-se perquè no hi ha cap gas fora del recipient que els ho impedisca.

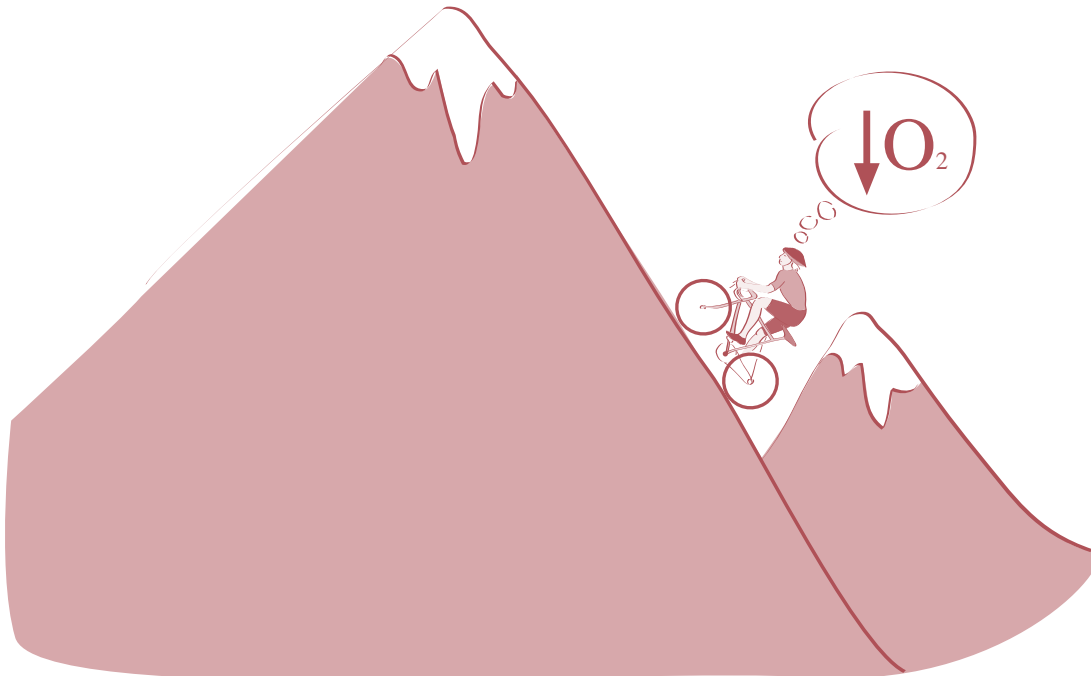


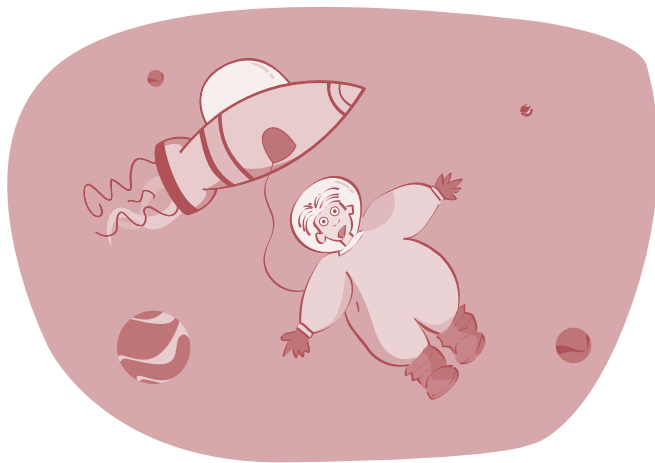
Un altre experiment relacionat amb l'expansió d'un gas consisteix a posar dins de la campana escuma per als cabells, a mesura que s'extrauen els gasos de la campana, l'escuma va augmentant de volum fins a ocupar pràcticament tot l'espai disponible. Les xicotetes bombolles d'aire que hi ha dins de l'escuma van expandint-se i provoquen un augment de volum de l'escuma encara que la quantitat siga la mateixa. Quan s'obri la vàlvula de la campana de buit, l'aire torna a entrar a la campana i el volum de l'escuma es redueix a conseqüència de la pressió.

## Variacions de la pressió atmosfèrica amb l'altitud

La pressió que exercixen els gasos no és la mateixa al llarg de l'atmosfera. Hi ha variacions locals de pressió atmosfèrica derivades dels moviments dels corrents d'aire i de les tempestes, però les variacions més importants es produïxen amb l'altitud. L'aire està més comprimit al nivell del mar que en capes elevades. A mesura que ascendim, la quantitat d'aire disminueix i, finalment, arriba a esvaïr-se en l'Espai. Açò es tradueix en una disminució de pressió a mesura que ens allunyem de la superfície terrestre.

Les variacions de pressió són perceptibles. Un exemple clar el tenim quan viatgem en avió o pugem un port de muntanya: sentim molèsties en les orelles. Molts esportistes s'entrenen en zones a molta altitud. D'esta manera, s'habituen a practicar esport amb poc d'oxigen. Quan tornen al lloc habitual d'entrenament, el rendiment energètic és més alt...





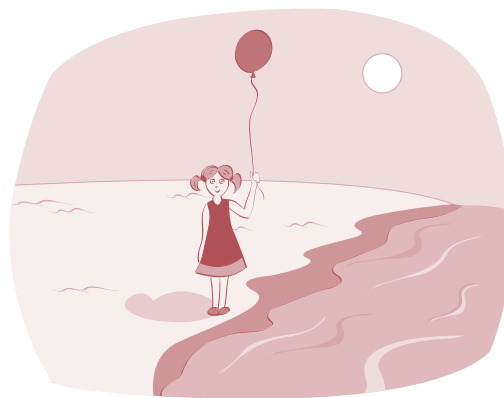
### QUIN ENSURT!

Durant la primera passejada espacial, el 18 de març de 1965, al rus Alexei Leonov, tripulant de la nau soviètica *Vosjod 2*, se li va inflar el vestit espacial a causa del canvi de pressió en l'Espai. Eixa situació va motivar que sofrira un autèntic martiri per a tornar a entrar, perquè quasi no cabia per la xicoteta obertura prevista per a l'accés a la nau.

## Experiència 5: Simulació d'un canvi d'altitud amb un globus

- EN ESTA EXPERIÈNCIA SIMULEM EL QUE LI PASSARIA A UN GLOBUS SI ASCENDIRA DES DEL NIVELL DEL MAR FINS A UNA MUNTANYA MOLT ALTA.

El globus es col·loca dins de la campana de buit i s'elimina l'aire. Ací s'observa clarament l'expansió d'un gas, que provoca un augment de volum del globus; la pressió dins del globus és més alta que fora.

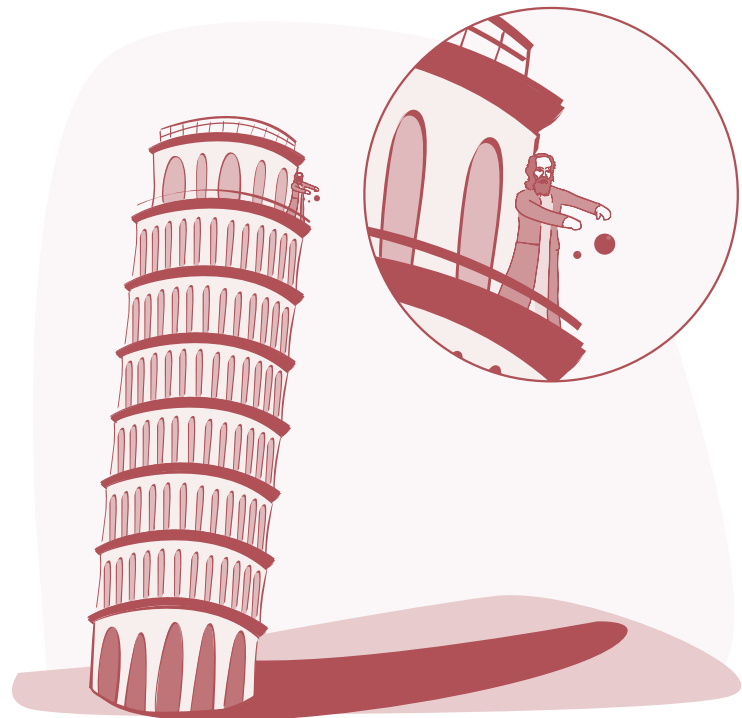


## El fregament de l'aire

La força de fregament és la força que s'oposa al moviment. La força de fregament entre dos superfícies depèn dels materials que estan en contacte i de la intensitat amb què l'una comprimeix l'altra. La fricció, però, no ocorre únicament entre sòlids; també existix en els líquids i els gasos. La resistència de l'aire és la fricció que actua sobre un cos que es mou en l'aire. Normalment, eixa fricció no la notem en caminar; s'advertix més quan ens desplaçem a gran velocitat. Ara bé, en absència total de gasos, no hi hauria fregament. Així, si es deixaren caure dos objectes de diferent forma i pes des d'una determinada altura en la Lluna –on no hi ha gasos i, a més, hi ha gravetat–, caurien a la mateixa velocitat. Compartixen idèntica acceleració perquè la força resultant que s'exercix sobre cada objecte és només el seu pes, i la proporció de pes a massa és igual per a tots dos.

### UN CIENTÍFIC GENIAL

A final del segle XVII, Galileu es va atrevir a qüestionar el consens regnant sobre com es comportaven objectes distints en caiguda lliure. En aquella època, es pensava que els objectes pesats sempre havien de caure més ràpidament que els lleugers. Galileu va afirmar que els cossos, independentment del material de què estiguen compostos, del pes i del volum, haurien de caure a la mateixa velocitat. La llegenda conta que Galileu va fer un experiment en el qual va deixar caure dos bales de canó –l'una era deu vegades més pesada que l'altra–, des de la torre inclinada de Pisa. Va atribuir el poc èxit d'aquella prova al fet que no hi havia prou altura.



## GALILEO GALILEI

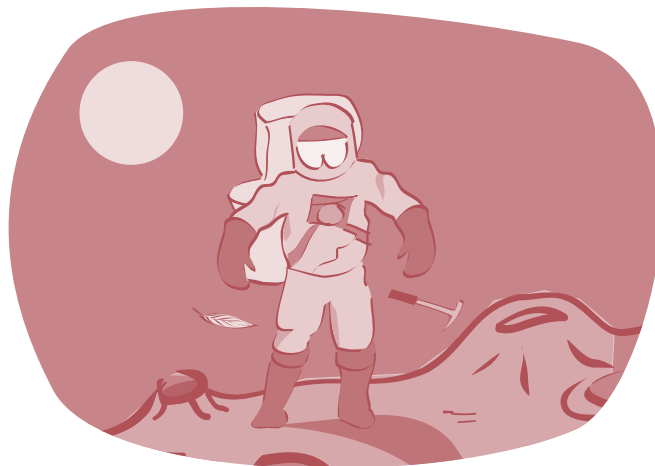


“Em pareix que aquells que només es basen en arguments d'autoritat per a mantindre les seues afirmacions, sense buscar raons que les refermen, actuen de manera absurda. Desitjaria poder qüestionar lliurement i respondre lliurement, sense adulacions. Així es comporta aquell que persegueix la veritat”.

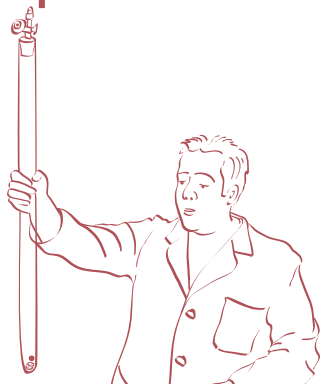
14

### GALILEU TENIA RAÓ!

El 2 d'agost de 1971, la humanitat va saber que tenia raó. L'astronauta David Scott va fer un experiment a la Lluna que consistí a deixar caure un martell de geòleg i una ploma de falcó. Els objectes van arribar al mateix temps a la superfície lunar.



## Experiència 6: Tub de Newton



- COMPROVACIÓ DE COM CAIEN DOS OBJECTES DE DIFERENT FORMA I PES DINS DEL TUB DE NEWTON QUAN HI HA AIRE I QUAN NO N'HI HA.

Els materials consisteixen en un tros de suro i una bola de cautxú. Abans de llevar els gasos de l'interior del tub, cau primer la bola de cautxú. La bola és més aerodinàmica, la qual cosa ocasiona que el fregament amb l'aire siga menor que el del tros de suro, de manera que la bola arriba abans a la part de baix. A continuació, s'extrau l'aire de l'interior del tub i es comprova que, en absència de gasos, dos objectes de diferent forma i pes poden arribar a caure al mateix temps.

## Com influïxen els canvis de pressió sobre l'aigua

L'ebullició és el canvi d'estat líquid a gas que es produïx davall de la superfície d'un líquid. Perquè es produïska l'ebullició cal que intervinguen dos factors: temperatura i pressió. En un líquid, si s'augmenta la pressió, el punt d'ebullició respecte a la temperatura s'eleva. Si ocorre el contrari –la pressió baixa–, el punt d'ebullició disminueix.

Encara que parega rar, estem molt familiaritzats amb este concepte; de fet, el funcionament de l'olla de pressió per a cuinar els aliments es basa en este principi. La tapadora de l'olla es tanca hermèticament i impedeix que el vapor s'escape. El vapor s'acumula dins de l'olla, la pressió que s'exercix sobre la superfície del líquid augmenta i evita l'ebullició, la qual cosa produïx un augment en el punt d'ebullició. L'aigua assolix més temperatura i, en conseqüència, els aliments es cuinen més de pressa.



## FENT UN OU DUR A L'EVEREST

Si no fóra per l'olla de pressió, als alpinistes que coronen l'Everest els costaria molt fer-se uns ous durs. A una altura determinada, la pressió disminueix tant, que l'aigua bull a una temperatura significativament inferior als 100 graus centígrads; a l'ou li costa arribar a la temperatura de cocció. L'olla de pressió accelera el procés.

16



## Experiència 7: L'aigua bull freda

Omplim d'aigua un recipient i l'introduïm en la campana de buit. Una vegada extret l'aire, l'aigua comença a bullir. Tanmateix, ho fa a temperatura ambient; l'aigua no arriba a calfar-se perquè no bull a una temperatura alta.

- **De què depèn la pressió que exercix un sòlid sobre un altre sòlid?**
  - Només de la força aplicada sobre qualsevol superfície.
  - Del temps que s'exercisca una força en una superfície.
  - Depén tant de la força aplicada com de la superfície sobre la qual s'exercisca la força.
  
- **En quina unitat mesurem la força?**
  - Pascal (Pa).
  - Newton (N).
  - Newton/centímetre (N/cm).
  - Pascal/centímetre (Pa/cm).
  
- **La pressió que rep un objecte submergit en un líquid depén de...**
  - ... la profunditat a què se submergeisca.
  - ... la profunditat a què se submergeisca i de la classe de material de l'objecte.
  - ... la densitat del líquid i de la profunditat a què se submergeisca.
  
- **Un submarí es troba a 30 metres de profunditat en el mar; un submarinista, a 32 metres. Qui suporta més pressió?**

- **Quin personatge va ser l'inventor dels hemisferis de Magdeburg?**
  - Galileu Galilei.
  - Leonardo da Vinci.
  - Tycho Brahe.
  - Otto von Guericke.
  
- **En l'experiència dels hemisferis de Magdeburg, per què no és possible separar els hemisferis una vegada extret l'aire de l'interior?**
  
  
- **Quin és l'estat de la matèria que ocupa més volum?**
  
  
- **Quina és la raó per la qual hi ha més pressió atmosfèrica prop de la superfície terrestre?**
  - La gravetat fa que els gasos es concentren en més proporció prop de la superfície que lluny. Com que hi ha més quantitat de gasos, la pressió exercida és més alta.
  
  - Els gasos més abundants de l'atmosfera són el nitrogen i l'oxigen. Com que són dos gasos amb molt de pes, es concentren pròxims a la superfície terrestre i provoquen un augment de pressió.
  
  - Realment, la pressió dels gasos és més alta com més lluny ens situem de la superfície terrestre, encara que la sensació de pressió és més alta a menys altitud.



Per a fer a casa o en escola

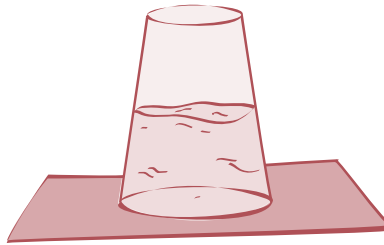
## ● PRESSIÓ ATMOSFÈRICA

### MATERIALS

- Un got ple d'aigua
- Cartolina

### EXPERIÈNCIA

1. Pren un got ple d'aigua i tapa'l amb la cartolina.
2. Amb molt de compte, gira el got fins a col·locar-lo boca per avall. L'aigua no cau.



### MATERIALS

- Un recipient ple d'aigua
- Un got

### EXPERIÈNCIA

1. Ompli un recipient d'aigua. Submergix el got boca per avall en el recipient fins que s'ompliga del tot. Retira el got del recipient sense traure'l completament i observa l'interior.

## ● PRESSIÓ I PROFUNDITAT

### MATERIALS

- Una botella de plàstic de dos litres
- Un pitxer
- Un clau
- Unes tisores
- Una font
- Colorant alimentari

### EXPERIÈNCIA

- 1. Talla la part superior de la botella amb les tisores.
- 2. Fes-li tres foradets, amb el clau, seguint una línia vertical.
- 3. Ompli el pitxer d'aigua i afeg-li el colorant fins que adquireisca la tonalitat desitjada.
- 4. Posa la botella amb els forats encarats a la pica i ompli-la ràpidament amb el contingut del pitxer. Observa de quina manera el líquid surt pels tres foradets.



## Continguts i experiències

### ● FES UN GUÈISER

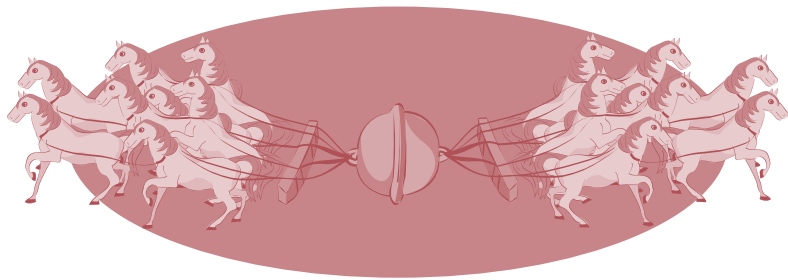
#### MATERIALS

- Una botella de plàstic de dos litres amb tap
- Un clau
- Un globus
- Aigua

#### EXPERIÈNCIA

- 1. Forada amb el clau la part inferior de la botella.
- 2. Col·loca el globus de manera que la boca del globus coincidisca amb la boca de la botella.
- 3. Infla el globus i, abans de separar la boca de la botella, tapa el forat inferior.
- 4. Mantén el forat tapat i introduïx aigua dins del globus. Lleva el dit de l'orifici i observa què passa.









GENERALITAT  
VALENCIANA



CIUDAD DE LAS ARTES Y LAS CIENCIAS  
VALENCIA