



# Ámbito científico tecnolóxico

Educación a distancia semipresencial

## Módulo 4

## Unidade didáctica 2

## Dinámica de Newton. Fluídos

# Índice

---

<b>1.Introdución.....</b>	<b>3</b>
1.1Descrición da unidade didáctica.....	3
1.2Coñecementos previos.....	3
1.3Obxectivos didácticos.....	3
<b>2.Secuencia de contidos e actividades.....</b>	<b>4</b>
1.4As leis de Newton.....	4
1.4.1Primeira lei da dinámica de Newton: lei da inercia.....	5
1.4.2Segunda lei da dinámica de Newton: lei fundamental.....	7
1.4.3Terceira lei da dinámica de Newton: lei da interacción.....	10
1.5Lei da gravitación universal.....	12
1.5.1Campo gravitacional. Aceleración da gravidade.....	14
1.6Forza e presión nos fluídos.....	17
1.6.1Unidades da presión.....	17
1.6.2Presión no interior dun líquido en repouso.....	20
1.6.3Sistemas hidráulicos. Principio de Pascal.....	23
1.6.4O principio de Arquímedes. Flotación.....	25
1.6.5Flotabilidade nos líquidos.....	27
1.6.6Flotabilidade nos gases.....	29
1.7Lectura.....	30
<b>3.Resumo de contidos.....</b>	<b>32</b>
<b>4.Actividades complementarias.....</b>	<b>34</b>
<b>5.Exercicios de autoavaliación.....</b>	<b>39</b>
<b>6.Solucionarios.....</b>	<b>42</b>
1.8Solucións das actividades propostas.....	42
1.9Solucións das actividades complementarias.....	48
1.10Solución dos exercicios de autoavaliación.....	54
<b>7.Glosario.....</b>	<b>57</b>
<b>8.Bibliografía e recursos.....</b>	<b>58</b>

# 1. Introducción

---

## 1.1 Descrición da unidade didáctica

No módulo 3 da ESA estudamos con detalle os movementos rectilíneos dos corpos, en particular o movemento uniforme e o uniformemente acelerado. Na unidade didáctica anterior a esta introducimos os vectores e utilizámoslos para describir as forzas. Pero forzas e movementos están intimamente relacionados, e isto puxérono de manifesto Galileo e Newton no século XVII. As famosas tres leis de Newton da dinámica nas que se condensa esa relación ocuparán a primeira metade desta unidade didáctica, que se completará coa gran síntese do propio Newton da gravitación universal.

Na segunda parte da unidade abordamos o estudo da presión exercida por unha forza, para continuar co das forzas e presións que hai no interior dos fluídos (líquidos e gases) e as súas consecuencias (prensa de Pascal, flotabilidade...)

## 1.2 Coñecementos previos

É conveniente que repase vostede o que aprendeu sobre forzas e vectores na unidade didáctica anterior (unidade 1 do módulo 4). Tamén debe repasar o movemento uniformemente acelerado e as súas ecuacións na unidade 7 do módulo 3.

## 1.3 Obxectivos didácticos

- Interpretar movementos concretos dos corpos en relación coas forzas que soportan.
- Aceptar que se un corpo se move en liña recta e con velocidade constante a forza total sobre el é nula.
- Relacionar a aceleración coa forza aplicada e a masa do corpo.
- Identificar calquera forza como resultado da interacción entre dous corpos.
- Determinar que parellas de forzas son de interacción e cales non.
- Utilizar a lei da gravitación universal para calcular forzas de atracción entre diversos corpos (grandes e pequenos) e a aceleración local da gravidade.
- Definir o concepto de peso e diferenciar peso e masa.
- Diferenciar a forza da presión, e comprender a relación entre elas.
- Interpretar os efectos da presión en situacións do contorno.
- Interpretar a presión dentro dos líquidos como unha consecuencia do peso do líquido e da presión externa.
- Calcular presións e forzas no interior dos líquidos.
- Entender o pulo dos fluídos como resultado da existencia de presión dentro deles e do seu aumento coa profundidade.
- Empregar o teorema de Arquímedes para calcular forzas de pulo, e deducir se un corpo aboiará ou non.
- Analizar información incluída nos textos escritos para presentación da unidade.

## 2. Secuencia de contidos e actividades

### 1.4 As leis de Newton

#### Actividade práctica

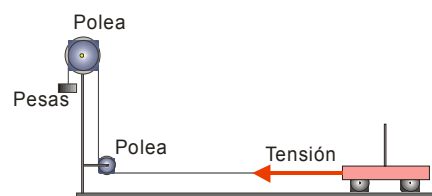
Vexamos cualitativamente a relación entre forza, masa e aceleración, coa montaxe da figura. Un carriño é arrastrado por unha corda que ten unhas pesas penduradas no outro extremo. Estas pesas tensan a corda e esta tensión tira do carriño cara a adiante.

##### Primeira experiencia

- Penduramos do extremo libre da corda unha pesa. Soltamos o carriño e observamos como se move. Resulta que vai aumentando a súa velocidade lentamente: **móvese con aceleración**.

Sobre o móbil actúan catro forzas: peso, normal, rozamento das rodas e tensión da corda. A forza do peso anúlase coa normal (a súa suma dá cero); a tensión de corda é bastante maior que o rozamento. Así que sobre o carriño actúa unha forza neta cara adiante, e isto fai que se mova con aceleración.

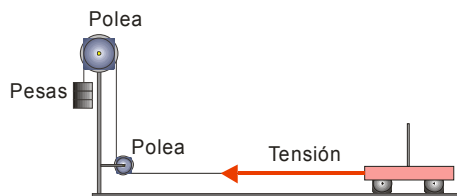
A primeira conclusión que tiramos é que cando sobre un corpo actúa unha forza non nula o corpo móvese con aceleración.



##### Segunda experiencia

- Agora imos colgando, de unha en unha, máis pesas no extremo libre de corda. Isto fai que a tensión da corda aumente cada vez máis. Que observamos? Pois que canto maior sexa a tensión da corda máis acelera o carriño; a súa velocidade aumenta cada vez máis á presa.

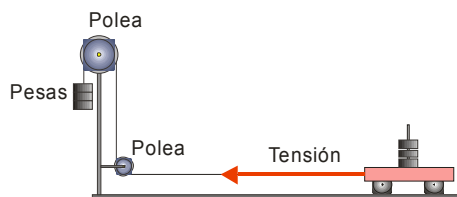
Concluimos entón que canto maior é a forza que actúa sobre un corpo, maior é a súa aceleración.



##### Terceira experiencia

- Por último, sen cambiarmos as pesas colgadas da corda (a tensión do fio será a mesma sempre) imos pondo masas enriba do carriño, tamén dunha en unha, e imos observando como se move. Vemos que canto maior é a masa total do carriño menos acelera.

Concluimos entón que canto maior sexa a masa do corpo, menor é a aceleración.



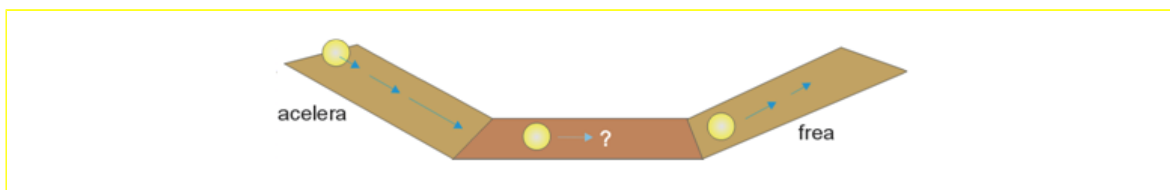
Os resultados experimentais anteriores resúmense nunha ecuación:

$$a = \frac{F}{m}$$

Isto vén dicir que a aceleración é directamente proporcional á forza e inversamente proporcional á masa do corpo. Volveremos sobre este resultado un pouco máis adiante.

### 1.4.1 Primeira lei da dinámica de Newton: lei da inercia

Newton aproveitou os resultados do físico e matemático italiano Galileo Galilei (1564-1642) para enunciar esta lei. Galileo observara que unha bóla que baixa por unha costa inclinada vai aumentando a súa velocidade (acelera), e que cando sobe por outra costa inclinada vai diminuindo a súa velocidade (frea). Como se moverá por un treito horizontal?



A experiencia indica que na pista horizontal a bóla vai freando. Pero Galileo pensou que isto é debido a que hai rozamento. Que ocorrería se a pista horizontal fose totalmente escorregadiza, sen rozamento ningún? Pois se baixando acelera e subindo frea... na pista horizontal non debe acelerar nin frear, debe moverse con velocidade constante.

E se non hai rozamento na pista horizontal, a forza total que hai sobre o corpo é cero, xa que o peso e a normal contrárestanse. Newton enuncia así a primeira lei da dinámica:

#### Primeira lei da dinámica de Newton

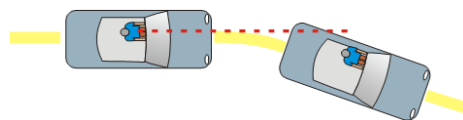
Se a suma de forzas que actúa sobre un corpo é cero (forza nula), o corpo móvese sen aceleración, así que ou permanece parado (se estaba parado) ou móvese en liña recta e velocidade constante (se antes estaba xa en movemento).

$$\text{Se } \sum \vec{F} = 0 \rightarrow a = 0 \rightarrow \begin{cases} \cdot \text{ o móbil seguirá parado} \\ \cdot \text{ ou ben o móbil seguirá movéndose en} \\ \quad \text{liña recta e velocidade constante.} \end{cases}$$

Aristóteles, no século IV antes da nosa era, pensaba que se deixamos de facer forza sobre un corpo, este acaba parando. *Se o cabalo deixa de tirar do carro, o carro detense.* É verdade, pero porque o carro roza contra o chan; se non houberse rozamento, logo de pólo en marcha non pararía ata que algunha forza o detivese.

#### A inercia

A tendencia natural que teñen os corpos a seguir parados ou a seguir movéndose en liña recta e velocidade constante chámase *inercia*. Cando imos nun coche e collemos unha curva cara á dereita semella que nós imos contra a esquerda do coche, que algo nos está a empurrar. Non é verdade: o que ocorre é que nós tendemos a seguir avanzando en liña recta, entanto que o coche se desvía.



## Actividades resoltas

Está de pé nun bus parado. O condutor pon en marcha o autobús. Vostede leva as mans nos petos, así que non vai agarrado a nada. Que lle ocorre? Por que?

<b>Solución</b>	O autobús arrinca e móvese cara a adiante, pero vostede ten tendencia a quedar no sitio en que estaba inicialmente, polo que caerá cara a atrás no autobús. Non é que vostede se mova cara a atrás, é o autobús o que se move cara a adiante.
-----------------	---

Indique se son verdadeiras ou falsas estas afirmacións:

Afirmacións	V ou F
▪ Un corpo pode moverse sen parar aínda que non haxa forza ningunha aplicada sobre el.	V
▪ Para que un corpo se mova dando voltas ten que estar sometido a algunha forza.	V
▪ Se deixamos en punto morto un coche que ía a 60 km/h por unha estrada horizontal, o coche acabará parando porque non hai forza neta sobre el.	Falso, acaba parando porque hai rozamento
▪ A Lúa está constantemente dando voltas arredor da Terra. Iso quere dicir que sobre a Lúa algo está facendo forza continuamente.	V
▪ Sobre unha pelota actúan catro forzas, pero a suma de todas elas vale cero. Daquela a pelota moverase polo aire seguindo unha traxectoria parabólica.	Falso. Se a suma de forzas é nula, a traxectoria ten que ser rectilínea

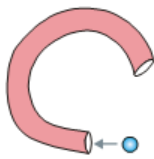
Un coche vai en liña recta a 100 km/h todo o tempo. Canto vale a forza total que hai sobre el? Daquela, por que hai que pisar continuamente o acelerador?

<b>Solución</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Como o coche se move sempre coa mesma velocidade, a forza total resultante sobre el ten que valer cero.</li><li>▪ O rozamento contra o aire e contra o asfalto da estrada frean o coche, por iso hai que pisar o acelerador: o motor ten que facer forza para compensar os rozamentos e conseguir así que a forza total sobre o coche sexa nula e daquela avanzar con velocidade constante.</li></ul>
-----------------	---

## Actividades propostas

**S1.** Un astronauta está fóra da súa nave espacial movéndose cara á parte traseira para facer un arranxo. Está atado á nave mediante unha corda, pero esta rompe. Como se moverá en adiante o astronauta? Poderá volver á nave?

**S2.** Unha pequena bóla lánzase ao interior dun tubo oco en forma circular.

<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Debuxe a traxectoria que seguirá a bóla cando saia do tubo.</li></ul>	
---	---

### 1.4.2 Segunda lei da dinámica de Newton: lei fundamental

Nas experiencias co carriño antes vistas concluímos que cando a forza que actúa sobre un corpo non é nula o corpo se move con aceleración e, ademais, esta aceleración é directamente proporcional á forza e inversamente proporcional á masa do corpo:

$$a = \frac{F}{m}$$

Despexando a forza, podemos reescribir esta ecuación así:  $\Sigma \vec{F} = m \times \vec{a}$

#### Segunda lei da dinámica de Newton

A forza resultante (suma de forzas) que se exerce sobre un corpo é igual á súa masa multiplicada pola aceleración con que se move.

Fíxese en que a aceleración nun corpo é consecuencia da forza total resultante sobre el, e non de cada forza por separado; e que tanto a forza como a aceleración son vectores: a aceleración do corpo terá a mesma dirección e o mesmo sentido que a forza resultante.

#### A unidade de forza: o newton

Agora xa podemos comprender o que significa o newton, a unidade de forza. Imaxine que ten un corpo de 1 kg de masa e quere que avance cunha aceleración de 1 m/s<sup>2</sup>. Canta forza ten que facer sobre el? Pois exactamente 1 N, xa que:

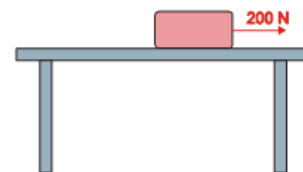
$$F = ma \rightarrow F = 1\text{kg} \cdot 1\frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 1\text{N}$$

Daquela:

$$1\text{N} = 1\text{kg} \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

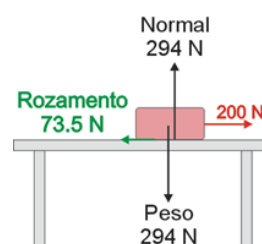
## Actividades resoltas

- Sobre o bloque da figura, de 30 kg, facemos unha forza de 200 N. Calculemos a aceleración con que se moverá. O coeficiente de rozamento entre o corpo e a mesa é 0,24.



### Solución

- Hai catro forzas sobre o corpo, a de 200 N que facemos nós, o peso, a normal e o rozamento. Calculemos o valor delas:
  - Peso =  $m \cdot g = 30 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ N/kg} = 294 \text{ N}$
  - Normal = peso = 294 N [peso e normal son iguais ao estar o corpo en repouso, e as verticais teñen que sumar cero].
  - Forza de rozamento:  $F_{roz} = \mu \cdot N = 0,25 \cdot 294 \text{ N} = 73,5 \text{ N}$
- Vemos debuxadas todas as forzas sobre o corpo na figura seguinte.
- Temos que calcular a suma de forzas. A normal máis o peso anuláanse, e a forza resultante é:
 
$$\Sigma F = 200 \text{ N} - 73,5 \text{ N} = 126,5 \text{ N}$$
- Esta forza resultante tira do corpo cara á dereita; finalmente, a aceleración é:
 
$$a = \frac{F}{m} = \frac{126,5 \text{ N}}{30 \text{ kg}} = 4,2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$
- O bloque avanzará cunha aceleración de  $4,2 \text{ m/s}^2$  mentres se faga forza sobre el.



Un coche de 1 000 kg avanza por unha estrada horizontal con velocidade constante de 50 km/h. Se o coeficiente de rozamento entre os pneumáticos e o asfalto é 0,40, calcule:

- O valor da forza normal en cada roda.
- O valor total da forza de rozamento.
- Cantos newtons de forza está a facer o motor nese intre?

### Solución

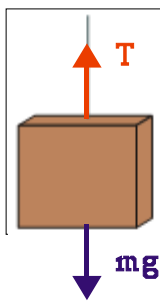
- Peso do coche =  $m \cdot g = 1000 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ N/kg} = 9800 \text{ N}$
- Como o coche non se move nin cara arriba nin cara a abaixo, a suma das forzas verticais ten que dar cero; por tanto o peso ten que valer igual que a forza normal:  $N = \text{peso} = 9800 \text{ N}$
- A forza de rozamento da estrada contra o coche vale:
 
$$F_{roz} = \mu \cdot N = 0,40 \cdot 9800 \text{ N} = 3920 \text{ N}.$$
 Daquela:
  - Forza normal en cada roda:  $9800/4 = 2450 \text{ N}$
  - Forza total de rozamento: 3920 N
  - Forza que fai o motor. O coche avanza con velocidade constante, así que a suma das forzas horizontais sobre el ten que valer cero: o motor ten que compensar o rozamento,
 
$$F_{motor} = F_{roz} = 3920 \text{ N}$$





Un guindastre está subindo, mediante un cable, unha peza de ferro de 300 kg de masa cunha pequena aceleración de  $0,5 \text{ m/s}^2$ . Calcule:

- O peso da peza de ferro.
- A forza total que hai sobre a peza.
- Canto tempo tardará o guindastre en subir a peza a unha altura de 20 m?

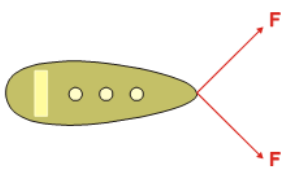
<p><b>Solución</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ O bloque de ferro sobe con aceleración. <ul style="list-style-type: none"> <li>– Peso da peza = <math>m \cdot g = 300 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ N/kg} = 2940 \text{ N}</math></li> <li>– A forza total é a suma vectorial da tensión máis o peso, pero aínda non sabemos canto vale a tensión do cable; así que usamos outra estratexia: aplicamos a segunda lei de Newton: <math>F_{\text{total}} = m \cdot a \rightarrow F_{\text{total}} = 300 \text{ kg} \cdot 0,5 \text{ m/s}^2 = 150 \text{ N}</math>.</li> <li>A forza total é 150 N cara arriba. Daquela,</li> <li><math>T - mg = 150 \text{ N} \rightarrow T = mg + 150 \text{ N} = 2940 \text{ N} + 150 \text{ N} = 3090 \text{ N}</math> [observe que o peso pómolo negativo porque é un vector de sentido contrario ao movemento do corpo]</li> <li>– Usamos as ecuacións do movemento uniformemente acelerado:</li> </ul> </li> </ul> $s = \cancel{V_0 t} + \frac{1}{2} a t^2 \rightarrow 20 \text{ m} = \frac{1}{2} \cdot 0,5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot t^2 \rightarrow$ $t^2 = \frac{20 \text{ m} \cdot 2}{0,5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 80 \text{ s}^2 \rightarrow t = \sqrt{80 \text{ s}^2} = 8,94 \text{ s}$	
------------------------	--	---

Para que un foguete de 6 000 kg engale verticalmente ten que ter unha aceleración de  $12 \text{ m/s}^2$ . Supóndomos desprezable o rozamento contra o aire, calcule cantas forzas teñen que facer os motores do foguete no lanzamento.

<p><b>Solución</b></p>	<p>As forzas que actúan sobre o foguete son o pulo dos motores cara a arriba e o peso cara a abaixo. A forza dos motores é positiva porque favorece o movemento do foguete, e o peso é negativo porque vai en sentido contrario ao movemento. Aplicamos a segunda lei de Newton, e</p> $\Sigma F = ma \rightarrow F_{\text{motor}} - \text{peso} = ma \rightarrow F_{\text{motor}} - 6000 \text{ kg} \times 9,8 \frac{\text{N}}{\text{kg}} = 6000 \text{ kg} \times 12 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \rightarrow$ $F_{\text{motor}} - 58800 \text{ N} = 72000 \text{ N} \rightarrow F_{\text{motor}} = 58800 \text{ N} + 72000 \text{ N} = 130800 \text{ N}$
------------------------	--

### Actividade proposta

**S3.** Un buque petrolero de  $2 \cdot 10^6 \text{ kg}$  é levado a porto por dous remolcadores; cada un deles tira cunha forza de 10 000 N. O ángulo entre os cables de arrastre é de  $90^\circ$ , e a forza de rozamento do petrolero contra a auga do mar é de 7 000 N.

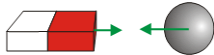
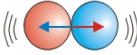
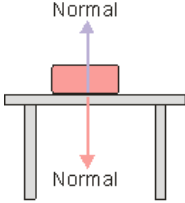
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Debuxe a forza resultante sobre o petrolero e ache o seu módulo</li> <li>▪ Determine a aceleración coa que avanza o buque.</li> <li>▪ Se inicialmente estaba en repouso, canto tempo tarda en ter unha velocidade de <math>2 \text{ m/s}</math>? Canto tardará en percorrer os 950 m que lle faltan para chegar ao peirao?</li> </ul>	
--	---

### 1.4.3 Terceira lei da dinámica de Newton: lei da interacción

Newton descubriu que os corpos se fan forza mutuamente uns aos outros. Non pode ocorrer nunca que un corpo lle faga forza a outro sen que este, simultaneamente, lle estea a facer forza ao primeiro. Esta é a *lei da interacción*.

Daquela, as forzas sempre van por parellas. As dúas forzas teñen o mesmo módulo, igual dirección, sentidos contrarios e cada unha está aplicada nun corpo, non as dúas no mesmo.

#### Exemplos

<p><b>Un ferro e un imán</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>▪ O imán atrae unha peza de ferro, verdade? Pois non é así: o ferro e o imán atraense mutuamente (así que non é "mérito" só do imán!) E fai a mesma forza o imán que o ferro</li><li>▪ A forza que exerce o imán está aplicada na bóla de ferro e a forza que fai o ferro está aplicada no imán; as dúas forzas teñen o mesmo valor numérico, a mesma dirección e sentidos contrarios. Unha das forzas move o imán e outra move a bóla: aínda que son iguais e opostas, a súa suma non dá cero, porque están aplicadas en corpos distintos.</li></ul>	
<p><b>Dúas bólas de billar ao bateren</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Unha bóla faille forza a outra, empurrándoa, e a segunda bóla faille unha forza igual e contraria á primeira.</li><li>▪ Na figura, o vector azul é a forza que a bóla azul lle fai á vermella, e o vector vermello é a forza que a bóla vermella lle está a facer á bola azul.</li><li>▪ As dúas forzas son iguais e opostas, pero tampouco se anulan.</li></ul>	
<p><b>Un avión a reacción</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>▪ O avión avanza cara a adiante expulsando gases cara a atrás. O motor do avión fai forza sobre os gases empurrándoos cara a atrás, e os gases fan unha forza igual contra o motor cara a adiante.</li><li>▪ O mesmo ocorre cando unha lura ou un polbo botan auga cara a atrás: eles móvense cara a adiante rapidamente.</li><li>▪ As hélices dos barcos o que fan é empurrar a auga cara a atrás: a auga empurra ao barco cara a adiante cunha forza igual de grande coa que a hélice empurrou a auga cara a atrás.</li></ul>	
<p><b>Un libro enriba dunha mesa</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>▪ O libro empurra a mesa cara a abaixo (vector rosa), e a mesa empurra o libro cara a arriba (vector gris).</li><li>▪ As dúas forzas son iguais e opostas, pero unha está aplicada no libro e a outra está aplicada na mesa.</li><li>▪ Son as forzas normais, que xa estudamos con anterioridade.</li></ul>	

### Actividades propostas

- S4.** Un coche que se move rapidamente bate contra un muro. Faga un debuxo en que se vexan as forzas de interacción entre o coche e o muro.
- S5.** Dúas cargas eléctricas de  $+2\text{ C}$  e  $+5\text{ C}$  están separadas un metro. Calcule e debuxe as forzas que se exercen unha a outra (use a lei de Coulomb da unidade anterior). Teñen o mesmo valor as dúas forzas? Cumpren a terceira lei de Newton da dinámica?
- S6.** Dúas persoas en patíns están de pé na pista de xeo, unha fronte á outra, en repouso. Xuntan as palmas das mans de xeito que se empurran mutuamente. Debuxe as forzas de interacción. Como se moverán? E se unha persoa ten máis kg que a outra?



## 1.5 Lei da gravitación universal

As pedras caen ao chan, a Lúa dá voltas arredor da Terra (non se move en liña recta, así que ten que haber algunha forza que curve a súa traxectoria), no mar hai mareas, etc. Todo isto e mais as leis de Kepler fixéronlle pensar a Newton cal podía ser a causa. E chegou a unha conclusión, que coñecemos co nome de lei da gravitación universal.

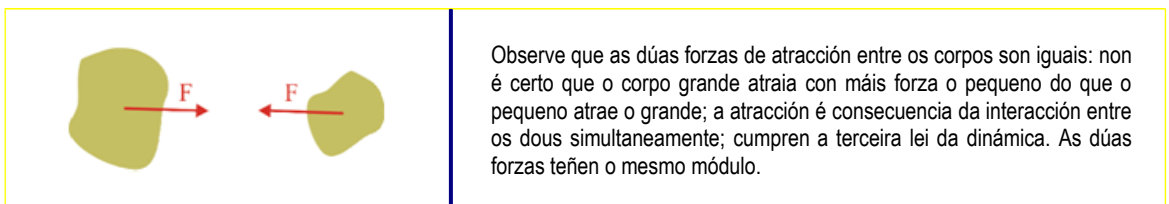
Newton pensou que a causa común dos feitos anteriores era que todos os corpos se atraen entre si simplemente por teren masa. A Terra atrae a pedra, e por iso cae; tamén atrae a Lúa, por iso dá voltas arredor de nós; a Lúa atrae a auga dos mares, co que a levanta e ocasiona deste xeito as mareas. Newton comparou a aceleración con que caen os corpos (a lenda di que foi unha mazá) e a aceleración con que se move a Lúa, e enunciou a súa lei:

Lei da gravitación universal	
A forza gravitacional coa que se atraen mutuamente dous corpos calquera é directamente proporcional ás masas deles e inversamente proporcional ao cadrado da distancia entre eles. Isto resúmese na fórmula da dereita:	$F = G \frac{m_1 \times m_2}{d^2}$

Na fórmula anterior,  $G$  é a constante da gravitación universal, que foi medida experimentalmente, e resultou ter un valor:

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{N \times m^2}{kg^2}$$

Na fórmula anterior  $m_1$  e  $m_2$  son as masas dos corpos e  $d$  é a distancia entre os centros eles. Como o valor da constante  $G$  é moi pequeno, as forzas gravitacionais son moi pequenas, agás que os corpos teñan moita masa. Así, a forza de atracción entre dúas persoas de 70 kg separadas 20 cm é nada máis que oito millonésimas de newton, por iso non a notamos.



O peso, xa estudado na unidade didáctica anterior, é a forza gravitacional entre o planeta Terra e os corpos que hai arredor dela, e tamén pode calcularse coa fórmula anterior. O peso dun corpo diminúe á medida que se vai arredando da Terra. No cumio dun monte elevado pesamos lixeiramente menos, porque estamos máis lonxe do centro da Terra.

A lei da gravitación permite explicar correctamente os movementos dos astros, como os planetas, satélites e cometas arredor do Sol. Newton veu demostrar así que a materia celeste se comporta de igual xeito que a da Terra. A aplicación das leis de Newton permitiu localizar e descubrir ao planeta Neptuno e tamén a Plutón.

## Actividades resoltas

Calcule a forza gravitacional de atracción entre a Terra e un home de 65 kg situado na súa superficie [masa da Terra =  $5,97 \cdot 10^{24}$  kg; raio da Terra = 6 371 km].

**Solución**

$$F = G \frac{M_T \times m}{d^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{N \times m^2}{kg^2} \times \frac{5,97 \cdot 10^{24} kg \times 65 kg}{(6371000 m)^2} = 637,7 N$$

Fixese que a distancia haina que medir entre o centro da Terra e o centro da persoa, o que vén sendo o radio da Terra aproximadamente; ademais hai que pór esa distancia en metros, non en quilómetros.

Calcule a forza de atracción entre a Terra e a Lúa [masa da Lúa:  $7,35 \cdot 10^{22}$  kg; distancia entre centro da Lúa e o centro da Terra: 384 400 km].

**Solución**

$$F = G \frac{M_T \times M_{lúa}}{d^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{N \times m^2}{kg^2} \times \frac{5,97 \cdot 10^{24} kg \times 7,35 \cdot 10^{22} kg}{(384400000 m)^2} = 1,98 \cdot 10^{20} N$$

Observe que esta forza ten un valor enorme!.

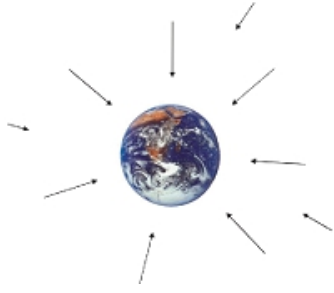
## Actividades propostas

**S7.** A que distancia terían que estar dúas vacas de 600 kg para que a forza de atracción entre elas fose de 2.4 mN (milinewtons)?

**S8.** Calcule o peso dunha persoa de 55 kg cando está nas posicións seguintes:

- Superficie da Terra (use os datos dos exercicios anteriores)
- A 5000 km de altura sobre a superficie da Terra.
- A 20 000 km de altura sobre o planeta.
- A que distancia da Terra tería que estar esa persoa para que non pesase nada?

## 1.5.1 Campo gravitacional. Aceleración da gravidade



- **Campo gravitacional.** Xa sabemos que a Terra atrae todos os corpos que están arredor dela. Chámaselle *campo gravitacional* ( $g$ ) á forza con que a Terra atrae cada kg de masa.
- Podemos calcular o valor do campo gravitacional  $g$  usando a lei da gravitación.

$$g = \frac{F}{1 \text{ kg}} = \frac{G \frac{M \times m_2}{d^2}}{1 \text{ kg}} = \frac{G \frac{M \times \cancel{1 \text{ kg}}}{d^2}}{\cancel{1 \text{ kg}}} \rightarrow g = G \frac{M}{d^2}$$

Nesa fórmula,  $M$  é a masa da Terra e  $d$  a distancia ao centro terrestre. O campo gravitacional mídese en N/kg ou en  $\text{m/s}^2$ . É un vector que sempre apunta cara ao centro da Terra. Observe que o valor do campo gravitacional diminúe coa distancia a Terra. Canto máis lonxe da Terra esteamos, menor ha ser intensidade coa que o planeta atrae aos corpos.

### Actividades resoltas

Calcule o valor do campo gravitacional na superficie da Terra [masa da Terra =  $5,97 \cdot 10^{24}$  kg; raio da Terra = 6 371 km].

Solución

$$g = G \frac{M_T}{d^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{N} \times \text{m}^2}{\text{kg}^2} \times \frac{5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}}{(6371 \text{ 000 m})^2} = 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$$

i

Xa ve que o valor do campo gravitacional na superficie da Terra, que é onde vivimos, é o coñecido 9,8 que tanto temos usado. Obviamente, na superficie da Lúa ou doutros planetas non valerá o mesmo.

Calcule o valor da gravidade na superficie lunar [masa da Lúa  $7,35 \cdot 10^{22}$  kg; raio da Lúa: 1 715 km].

Solución

$$g = G \frac{M_{Lúa}}{d^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{N} \times \text{m}^2}{\text{kg}^2} \times \frac{7,35 \cdot 10^{22} \text{ kg}}{(1715 \text{ 000 m})^2} = 1,67 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$$

i

Xa dixemos que o valor do campo gravitacional diminúe co cadrado da distancia: se nos imos arredando da Terra, a gravidade ha valer cada vez menos. Compróbeo na actividade proposta S9

Calcule o seu peso (54 kg) se está:

- No polo norte.
- A 250 km de altura sobre o planeta.

**Solución**

- No polo norte,  $g = 9,83 \text{ N/kg}$ . Daquela,  $\text{peso} = m \cdot g = 54 \text{ kg} \cdot 9,83 \text{ N/kg} = 530,8 \text{ N}$ .
- A 250 km de altura:

$$g = G \frac{M}{d^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2} \times \frac{5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}}{(6371000 + 250000)^2 \text{ m}^2} = 9,08 \frac{\text{N}}{\text{kg}};$$

$$\text{peso} = mg = 54 \text{ kg} \cdot 9,08 \frac{\text{N}}{\text{kg}} = 490,3 \text{ N}$$



Se nun campo gravitacional deixamos un corpo en liberdade, o corpo caerá cara ao centro do planeta cunha aceleración igual ao valor de  $g$ ; isto dedúcese da segunda lei da dinámica. No campo gravitacional, a única forza que hai sobre o corpo é a gravitacional, así que a aceleración do corpo valerá:

$$F = m \cdot a \rightarrow a = \frac{F}{m} = \frac{G \frac{M \times m}{d^2}}{m} = \frac{G \frac{M \times \cancel{m}}{d^2}}{\cancel{m}} = G \frac{M}{d^2} = g$$

Usando os resultados de actividades anteriores, diga con que aceleración caerá un corpo que se deixe libre:

- A 100 km de altura sobre a superficie da Terra.
- A 1 000 km de altura.

**Solución**

- Temos que calcular o valor da gravidade ( $g$ ) a 100 km de altura sobre a superficie; daquela a distancia ao centro da Terra é  $6371 \text{ km} + 100 \text{ km} = 6471 \text{ km} = 6471\,000 \text{ m}$ .

$$g = G \frac{M_{\text{Terra}}}{d^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2} \times \frac{5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}}{(6471\,000 \text{ m})^2} = 9,51 \frac{\text{N}}{\text{kg}} = 9,51 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Así, se deixamos un corpo en liberdade a 100 km de altura caerá cunha aceleración de  $9,51 \text{ m/s}^2$ .

▪

$$g = G \frac{M_{\text{Terra}}}{d^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2} \times \frac{5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}}{(7371\,000 \text{ m})^2} = 7,3 \frac{\text{N}}{\text{kg}} = 7,3 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Xa ve que máis lonxe da Terra os corpos caen cunha aceleración menor.



Observe tamén que na fórmula da aceleración da gravidade,  $g = G \cdot M/d^2$ , non aparece a masa  $m$  do corpo que cae (só aparece a do planeta  $M$ ); por iso todos os corpos caen coa mesma aceleración, independentemente da súa masa, como comprobara Galileo deixando caer diferentes pedras desde o alto da torre de Pisa.

## Actividades propostas

### S9. Calcule o valor do campo gravitacional:

- A 100 km de altura sobre a superficie da Terra.
- A 1 000 km de altura.



Mesmo na superficie da Terra, a gravidade (o campo gravitacional) non vale o mesmo en todos os puntos. Debido a que a Terra non é redonda (esférica) e ao movemento de rotación, a gravidade é un pouco maior nos polos (9,83 N/kg) e menor no ecuador (9,78 N/kg). Unha persoa que fose do ecuador ao polo iría gañando peso, aínda tendo a mesma masa!

Unha cuestión: podemos seguir usando a fórmula  $p = m \cdot g$  para calcular o peso dun corpo, sabéndomos que  $g$  non vale sempre o mesmo? Si podemos, pero usando o valor correcto de  $g$  no punto onde estea o corpo.

### S10. Imaxine que vai nunha viaxe espacial e que está xusto á metade de camiño entre a Terra e a Lúa. Canto vale a gravidade ( $g$ ) nese punto? Colla os datos das masas da Terra e da Lúa das actividades anteriores; a distancia entre Terra e Lúa é de 384 400 km. (Teña en conta que $g$ é un vector, e hai que sumar os campos gravitacionais terrestre e lunar como vectores).



No ano 1915 Einstein publicou unha nova teoría sobre a gravitación, dentro da súa teoría xeral da relatividade, na que considera que a gravitación é consecuencia da curvatura do espazo-tempo provocada polos corpos. Malia isto, as ecuacións de Newton seguen a utilizarse moito para calcular as traxectorias dos corpos celestes, con resultados bos. Só cando se trata de buscar resultados moi precisos son necesarias as ecuacións de Einstein.



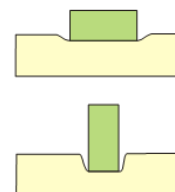
## 1.6 Forza e presión nos fluídos

Presión é unha palabra que usamos a cotío: a presión das rodas do coche ou da bici, a presión atmosférica, a presión no fondo do mar, etc. Pero que sabemos da presión?

Xa vimos que un efecto das forzas é deformar os corpos. Resulta que a mesma forza pode producir deformacións diferentes no mesmo corpo segundo como estea repartida a forza sobre el.

### Experiencia práctica

- Collemos un ladrillo e un bloque de espuma (como a dos recheos de colchóns e coxíns).
- Colocamos o bloque enriba da espuma nos seus tres lados e observamos como se deforma.  
O peso do ladrillo é o mesmo en calquera posición, pero xa ve que canto menor é a superficie de apoio, maior é a deformación da espuma.



- O mesmo ocorre en moitos outros casos: un coitelo ben afiado corta mellor, un tanque non afunde na areia e unha bicicleta si, un esquiador non afunde na neve e unha persoa con botas si, un bisturí corta moi ben...
- Por iso introducimos unha nova magnitude que relaciona a forza que se fai coa superficie na que está repartida: a presión, que se define como:

$$\text{presión} = \frac{\text{Forza}}{\text{Superficie}}; \quad p = \frac{F}{S}$$

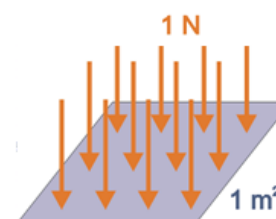
- Da fórmula deducimos que, para a mesma forza, a presión é inversamente proporcional á superficie; isto significa que, para a mesma forza, canto menor sexa a superficie maior has er a presión que exerce e máis se deformará o corpo sobre o que se aplica.



### 1.6.1 Unidades da presión

No Sistema Internacional a unidade de presión é o *pascal* (símbolo Pa); un pascal é a presión que exerce unha forza de 1 N repartida sobre unha superficie de 1 m<sup>2</sup>:

$$1 \text{ Pa} = \frac{1 \text{ N}}{1 \text{ m}^2}$$



Un pascal é unha presión pequena, xa que un newton é unha forza pequena, e un metro cadrado é unha superficie relativamente grande. Hai moitas outras unidades de presión, que non son do Sistema Internacional; damos aquí as equivalencias.

Nome	Símbolo	Equivalencia
Atmosfera	atm	1 atm = 101 325 Pa
Milímetro de mercurio	mm Hg	1 mm Hg = 133,3 Pa
Bar	bar	1 bar = 10 <sup>5</sup> Pa

Outras equivalencias		
1 atm = 760 mmHg	1 torr = 1 mm Hg	1 bar ≈ 1 atm

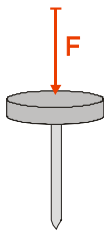
Outra unidade que as veces é utilizada en fontanaría é o kp/cm<sup>2</sup> (un “quilo” de presión), que equivale a unha atmosfera aproximadamente.

### Actividades resoltas


Calcule a presión que exerce unha persoa de 65 kg que está de pé sobre o chan; a sola de cada un dos seus zapatos ten unha área de 520 cm<sup>2</sup>.

<b>Solución</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>A superficie dos dous zapatos é <math>2 \cdot 520 \text{ cm}^2 = 1040 \text{ cm}^2</math>; hai que pasar os centímetros cadrados a metros cadrados:</li> </ul> $1040 \text{ cm}^2 \times \left( \frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}} \right)^2 = 1040 \text{ cm}^2 \times \frac{1 \text{ m}^2}{100^2 \text{ cm}^2} = 0,104 \text{ m}^2$ <ul style="list-style-type: none"> <li>Agora calculamos a presión:</li> </ul> $p = \frac{F}{S} = \frac{\text{peso}}{S} = \frac{m \cdot g}{S} = \frac{65 \text{ kg} \times 9,8 \frac{\text{N}}{\text{kg}}}{0,104 \text{ m}^2} = 6125 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 6125 \text{ Pa}$
-----------------	---

Cun martelo exercemos unha presión de 30 000 Pa sobre un cravo que ten unha superficie de apoio sobre a madeira de 1 mm<sup>2</sup>. Canta forza fai o cravo contra a madeira?

<b>Solución</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hai que pasar 1 mm<sup>2</sup> a m<sup>2</sup></li> </ul> $1 \text{ mm}^2 \times \left( \frac{1 \text{ m}}{1000 \text{ mm}} \right)^2 = 1 \text{ mm}^2 \times \frac{1 \text{ m}^2}{1000^2 \text{ mm}^2} = 10^{-6} \text{ m}^2$ $\text{presión} = \frac{F}{S} \rightarrow F = p \cdot S = 30000 \text{ Pa} \times 10^{-6} \text{ m}^2 = 0,03 \text{ Pa} \times \text{m}^2 =$ $= 0,03 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \times \text{m}^2 = 0,03 \text{ N}$	
-----------------	--	---

Os faquires déitanse enriba dun leito cheo de cravos e mesmo deixan que outra persoa suba enriba deles cando están deitados, sen aparentemente sufriren dano ningún. Pode explicar isto? Que pasaría se houbese poucos cravos?

<b>Solución</b>	<p>Colla unha táboa de madeira ou aglomerado e crave puntas en ringleira separadas entre si 1 cm, de xeito que a punta saia polo outro lado da madeira. Infle un globo e apértelo contra os cravos pola parte afiada: verá que o globo se deforma pero non estoupa! (ao faquir pásalle o mesmo).</p> <p>Explicación: aínda que a superficie dun único cravo é pequena, a superficie de moitos deles non é tan pequena, daquela a forza coa que apertamos o globo está repartida en moitos puntos de apoio, e a presión non é tan grande como para rachar co globo.</p>	
-----------------	--	---

### Actividades propostas

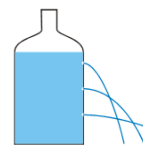
- S11.** Explique por que unha chatola entra nun taboleiro de cortiza con pouco esforzo.
- S12.** Un coitelo afiado corta ben porque a súa superficie de apoio é moi pequena. Calcule a presión que exerce o gume dun coitelo de  $3 \text{ mm}^2$  de superficie se facemos unha forza sobre el de  $12 \text{ N}$  (unha forza pequena).
- S13.** A  $100 \text{ m}$  de profundidade no mar hai, aproximadamente, unha presión de  $11 \text{ atm}$ . Cantos pascals son? Que forza se exerce, a esa profundidade, sobre a fiestra dun submarino de  $0,82 \text{ m}^2$  de superficie?

## 1.6.2 Presión no interior dun líquido en repouso

### Experiencia práctica

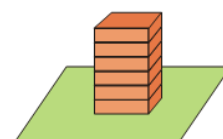
- Colla unha botella de plástico de dous litros (refresco, auga mineral...) e fágalle varios buratos a distinta altura; procure que os buratos sexan todos aproximadamente iguais. Encha a botella de auga e observe como sae polos buratiños.

Xa ve que canto maior sexa a profundidade en que estea o orificio, con máis velocidade sairá a auga por el. Isto é así porque dentro do líquido hai presión, e esta presión empurra a auga que sae polo burato; tamén deducimos que a presión aumenta coa profundidade.



- Imaxine que facemos unha torre de ladrillos; esta torre fai presión contra o chan porque os ladrillos pesan, e esta forza está repartida nunha superficie, a do ladrillo inferior en contacto con chan. É máis, podemos calcular esta presión con esta fórmula, onde  $m$  é a masa dos ladrillos:

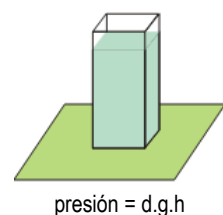
$$presión = \frac{F}{S} = \frac{\text{peso dos ladrillos}}{S} = \frac{m g}{S}$$



- Se no canto dunha torre de ladrillos temos unha columna de auga ou doutro líquido, a situación é a mesma: no fondo do líquido hai presión porque o líquido pesa, e este peso está repartido na superficie do fondo.

Podemos tamén calcular o valor da presión do líquido contra o fondo, é moi parecido ao caso dos ladrillos:

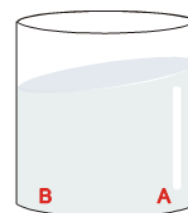
$$\begin{aligned} presión &= \frac{F}{S} = \frac{mg}{S}; \text{ lembrando que densidade } = \frac{m}{V}, m = V \cdot d; \\ \text{substituíndo, } p &= \frac{mg}{S} = \frac{dVg}{S}. \text{ Pero o volume da columna de} \\ \text{auga é } V &= S \cdot h, \text{ sendo } h \text{ a altura do líquido; finalmente temos} \\ p &= \frac{dVg}{S} = \frac{dS h g}{S} = \frac{d \cancel{S} h g}{\cancel{S}} = d g h \end{aligned}$$



Xa que logo, a presión exercida por un líquido é proporcional á densidade do líquido e á profundidade, como xa comprobáramos na experiencia da botella. Podemos medir directamente cun manómetro de mercurio a presión dentro dun líquido a diversas profundidades, e comprobar o anterior.

Unha consecuencia de que a presión só depende da profundidade é que a superficie libre (a de arriba) dos líquidos en repouso é plana e horizontal. Estamos afeitos a velo, pero por que é así?

Imaxine que non fose, como no vaso da figura; daquela, no punto A habería máis presión que no punto B, xa que A ten máis altura de auga enriba, e as moléculas do líquido estarían máis comprimidas en A que en B. Xa que logo, as moléculas en A empuñan máis cara á esquerda que as de B cara á dereita, así que as da zona A se moven en dirección a B, ata que a presión nas dúas zonas se iguala: e isto ocorre cando a altura do líquido é a mesma nas dúas zonas. A superficie do líquido será horizontal.



## Algunhas aplicacións

### Os vasos comunicantes

- Se temos varios recipientes cun líquido e están conectados de xeito que o líquido poida pasar duns aos outros, o nivel do líquido estará na mesma liña horizontal en todos eles.



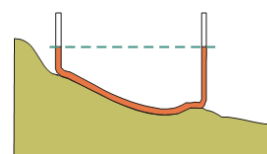
### O sifón

- Son dous vasos comunicantes pero que están conectados mediante un tubo que vai por riba da superficie. Serve para pasar o líquido dun recipiente superior a outro inferior sen ter que inclinar o primeiro. Entanto que o tubo en 1 teña líquido caerá auga do vaso superior ao inferior. Así é como podemos sacar gasolina do depósito dun coche (sen inclinar o coche!), ou baleirar un depósito automaticamente cando o líquido chega a un determinado nivel.



### O nivel

- Un tubo de plástico longo e transparente con auga pode servir como un nivel barato para trazar liñas horizontais nun terreo.



A forma do recipiente que conteña o líquido e a cantidade de líquido non inflúen no valor da presión exercida polo líquido: só importan a densidade e a profundidade. Faga a experiencia resolvendo a actividade proposta S14.

## Actividade resolta

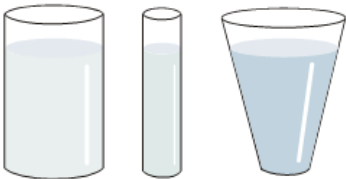
A densidade da auga do mar é aproximadamente  $1\,030\text{ kg/m}^3$ . Calcule a presión que soporta un submarino que está a unha profundidade de 150 m.

### Solución

$$\text{presión} = d \cdot g \cdot h = 1030 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 9,8 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \times 150 \text{ m} = 1\,514\,100 \text{ Pa} \approx 14,9 \text{ atm}$$

## Actividades propostas

- S14.** Colla diferentes recipientes, botellas, tubos, etc., que teñan formas e anchuras diferentes. Bótelles auga ata a mesma altura. Comprobe que no fondo de todos eles hai a mesma presión.

	<p>Exemplo: canta presión hai no fondo dun depósito de auga (densidade <math>1000 \text{ kg/m}^3</math>) que ten unha altura de <math>20 \text{ m}</math>?</p> $presión = d \cdot g \cdot h = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,8 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot 20 \text{ m} =$ $196\,000 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 196\,000 \text{ Pa} \cong 1,9 \text{ atm}$
---	---

- S15.** O submarino do que falamos na actividade resolta ten unha porta de  $1,20 \text{ m}^2$ . Canta forza fai a presión do mar sobre ela? Sería capaz de abrila desde o interior do buque?
- S16.** Os mergulladores saben que cada  $10 \text{ m}$  que afondan no mar a presión aumenta nunha atmosfera aproximadamente. Compróbeo facendo o cálculo. Como conseguen que a presión da auga non esmague o seu corpo?
- S17.** Canta presión haberá no fondo dun depósito de auga se o levamos moi lonxe da Terra de xeito que o campo gravitacional sexa case nulo?
- S18.** Un tubo está cheo de mercurio líquido (densidade  $= 13,6 \text{ g/cm}^3$ ). Ten unha altura de  $76 \text{ cm}$ .
- Pase a densidade do mercurio a unidades do SI.
  - Calcule a presión que exerce o mercurio no fondo do tubo.
  - Demostre que unha columna de  $1 \text{ mm}$  de Hg (mercurio) exerce unha presión de  $133 \text{ Pa}$ . Logo revise a táboa de equivalencias de unidades de presión en páxinas anteriores.

### 1.6.3 Sistemas hidráulicos. Principio de Pascal

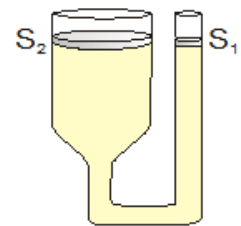
Xa estudamos en unidades anteriores que os líquidos son practicamente incompresibles, é dicir, que o seu volume non diminúe cando se comprimen. E isto ten unha consecuencia: cando prememos nun líquido (cun émbolo, por exemplo) esta presión transmítese, molécula a molécula, a todos os demais puntos do líquido co mesmo valor. Comprobémolo:

#### Actividade práctica

Colla unha xiringa de plástico e fágalle varios buratos en diferentes sitios. Encha de auga a xiringa e comprima co émbolo. Verá que o líquido sae coa mesma velocidade por todos os buratos: a presión transmiúese desde o émbolo ao resto do líquido.

Este resultado é o principio de Pascal (Blaise Pascal, 1623-1662): a presión exercida nun punto dun líquido transmítese co mesmo valor en todas direccións e a todos os demais puntos do líquido.

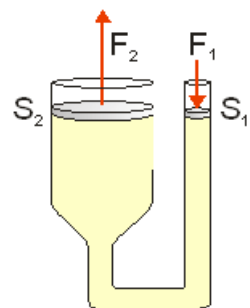
Ten moitísimas aplicacións en mecanismos hidráulicos. Están baseados case todos na prensa hidráulica. Son dous cilindros, normalmente de aceiro, conectados mediante un tubo, que contén un líquido non corrosivo (aceite usualmente).



No émbolo pequeno faise unha forza  $F_1$  sobre unha superficie pequena  $S_1$ , resultando unha presión sobre o líquido. Esta presión transmítese ata o outro émbolo ou pistón sen cambiar de valor, polo que:

$$p_1 = p_2 \Rightarrow \frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2}$$

E como  $S_2$  é maior que  $S_1$ , daquela a forza  $F_2$  é maior que  $F_1$ .



Noutras palabras, facendo unha forza pequena no émbolo pequeno obtemos unha forza grande no émbolo grande. Así xorden múltiples aplicacións: elevadores hidráulicos (coches nos talleres), freos, accionadores en escavadoras, transmisión de forzas nas ás dos avións...



### Actividade resolta

Nun elevador hidráulico (prensa de Pascal) o émbolo maior mide  $6,98 \text{ m}^2$  de área e o menor  $2,13 \text{ m}^2$ . Que forza hai que facer sobre o menor para poder levantar unha carga de  $1\,600 \text{ kg}$  colocada enriba do émbolo maior?

#### Solución

$$S_1 = 6,98 \text{ m}^2 \quad S_2 = 2,13 \text{ m}^2$$

$$F_1 = \text{peso do corpo en } S_1 = m \cdot g = 1600 \text{ kg} \times 9,8 \frac{\text{N}}{\text{kg}} = 15\,680 \text{ N}$$

$$\text{Usando o principio de Pascal, } p_1 = p_2 \rightarrow \frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2} \rightarrow$$

$$\frac{15\,680 \text{ N}}{6,98 \text{ m}^2} = \frac{F_2}{2,13 \text{ m}^2} \rightarrow F_2 = \frac{15\,680 \text{ N} \times 2,13 \text{ m}^2}{6,98 \text{ m}^2} = 4\,785 \text{ N}$$

Xa ve que temos que facer unha forza bastante menor có peso.

### Actividades propostas

- S19.** Sobre o émbolo do cilindro menor dun guindastre hidráulico faise unha forza de  $10\,000 \text{ N}$ . Se o outro émbolo ten unha superficie catro veces maior, que peso podemos levantar nel?
- S20.** Cunha prensa de Pascal xa ve que podemos obter unha forza moi grande a partir doutra pequena, e isto é unha vantaxe. Pero hai unha desvantaxe. Cal é?

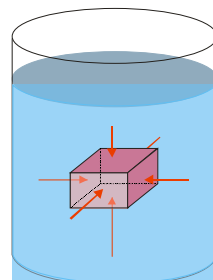


## 1.6.4 O principio de Arquímedes. Flotación

Por que flotan os barcos ou nós mesmos na auga? Por que unha pedra semella pesar bastante menos cando termamos dela dentro da auga que cando está no aire? A razón atopouna Arquímedes (287 a.C. – 212 a.C.): os fluídos (líquidos e gases) empurran cara a arriba os corpos que están dentro deles. Vexamos por que é así.

Cando un corpo está metido dentro dun líquido, este preme perpendicularmente nas superficies do corpo. Pero sabemos que esta presión é maior canto máis profundo; fíxese na figura.

As presións laterais pola esquerda e pola dereita, por diante e por detrás son iguais en todas as caras laterais do corpo, así que a forza total horizontal sobre el é nula. Pero a forza que fai o líquido pola cara de abaixo é maior que a que fai pola cara de arriba, así que hai unha forza total dirixida cara a arriba sobre o corpo: *é a forza de pulo*.



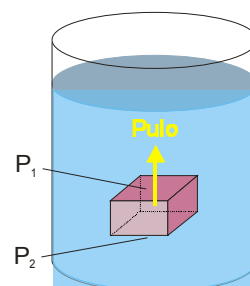
Podemos calcular o valor da forza do pulo. Se  $p_2$  é a presión na cara inferior, e  $p_1$  a presión sobre a cara superior do corpo, temos que

$$E = F_2 - F_1 = p_2 S - p_1 S = (p_2 - p_1) S = (d g h_2 - d g h_1) S = d g (h_2 - h_1) S = d g h S$$

Fíxese que  $h \cdot S$  é o volume do corpo; daquela:

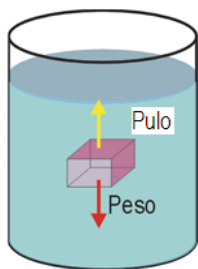
$$E = d g h S = d g V$$

sendo  $d$  a densidade do líquido e  $V$  o volume do corpo;  $V$  é o volume somerxido, isto é, a parte do corpo que está por debaixo do nivel do líquido.



A ecuación de Arquímedes ten unha interpretación interesante. Nela, o produto  $d \cdot V$  vén sendo a masa de líquido que ocupaba o sitio onde agora está o corpo (chámase líquido desaloxado), e por tanto,  $d g V$  é o peso deste líquido. Isto é precisamente o que Arquímedes descubriu: *o pulo é igual ao peso do líquido desaloxado*.

En definitiva, cando un corpo está mergullado nun líquido hai dúas forzas sobre el: o peso gravitacional,  $mg$ , cara a abaixo, e o pulo que lle fai o líquido,  $d g V$ , cara a arriba:



Debe entender ben que o peso do corpo é o mesmo dentro que fóra do líquido, xa que  $mg$  vale o mesmo nos dous sitios.

## Actividades resoltas

Un bloque de madeira como o da figura anterior, de lados 20 x 20 x 30 cm, está dentro de aceite ( $d = 950 \text{ kg/m}^3$ ). Calcule:

- O peso do bloque (densidade da madeira:  $990 \text{ kg/m}^3$ ).
- O pulo que lle fai o aceite cara a arriba.
- A forza total que actúa sobre o bloque.
- Canta forza teríamos que facer nós para sacar o bloque fóra do vaso?

<b>Solución</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ a) Volume do bloque = lado x lado x lado = <math>0,20 \text{ m} \cdot 0,20 \text{ m} \cdot 0,30 \text{ m} = 0,012 \text{ m}^3</math> Masa do bloque = <math>V \cdot d = 0,012 \text{ m}^3 \cdot 990 \text{ kg/m}^3 = 11,88 \text{ kg}</math> Peso do bloque = <math>m \cdot g = 11,88 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ N/kg} = 116,4 \text{ N}</math></li><li>▪ b) Pulo do aceite = <math>d_l \cdot g \cdot V = 950 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ N/kg} \cdot 0,012 \text{ m}^3 = 111,7 \text{ N}</math></li><li>▪ c) <math>F_{\text{total}} = \text{peso} - \text{pulo} = 116,4 \text{ N} - 111,7 \text{ N} = 4,7 \text{ N}</math> cara a abaixo</li><li>▪ d) A forza que tira cara a abaixo da madeira é <math>4,7 \text{ N}</math>. Daquela nós teremos que tirar da madeira cara a arriba cunha forza igual ou maior que <math>4,7 \text{ N}</math>.</li></ul>
-----------------	---



A partir desta actividade xa comprende por que semella que o bloque, cando está dentro do líquido, pesa menos; non é que pese menos, obviamente pesa igual, pero o líquido “axúdanos” a subilo. Por iso chamamos *peso aparente* ao que parece que pesa un corpo cando está mergullado:

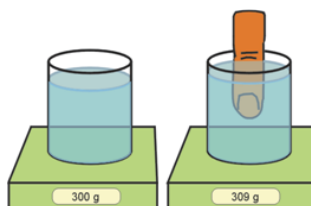
$$\text{Peso aparente} = \text{peso real} - \text{pulo}$$

Unha bóla de aceiro (densidade =  $7,96 \text{ g/cm}^3$ , volume =  $100 \text{ cm}^3$ ) está metida dentro de auga (densidade  $1,01 \text{ g/mL}$ ). Calcule o seu peso aparente?

<b>Solución</b>	<p>Temos que calcular o peso da bóla e o pulo que lle exerce auga.</p> <p>Masa da bóla = volume <math>\cdot</math> densidade do aceiro = <math>100 \text{ cm}^3 \cdot 7,96 \text{ g/cm}^3 = 796 \text{ g} = 0,796 \text{ kg}</math></p> <p>Peso da bóla = <math>m \cdot g = 0,796 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ N/kg} = 7,8 \text{ N}</math></p> <p>Para calcular o pulo temos que cambiar as unidades da densidade da auga e as do volume da bóla ao sistema internacional:</p> $\text{peso do sólido} = d_s \cdot g \cdot V$ $\text{pulo} = d_l \cdot g \cdot V$
-----------------	--

## Actividade proposta

- S21.** Explique o feito seguinte: ten un vaso con auga enriba dunha balanza, e esta indica 300 gramos; se agora mete dentro da auga o seu dedo índice, sen tocar as paredes do vaso, a balanza indica 309 g.



### 1.6.5 Flotabilidade nos líquidos

Cando un corpo está totalmente somerxido nun líquido poden darse tres situacións:

- Que o peso do corpo sexa maior que o pulo: o corpo afunde e vai ao fondo do líquido.
- Que o peso sexa menor que o pulo; o corpo vaise cara a arriba e aboia. O corpo deixará por baixo da superficie do líquido o volume xusto para que o peso iguale o pulo.
- Que o peso e o pulo sexan exactamente iguais. Nese caso o corpo está xa en equilibrio e pode manterse dentro do líquido a calquera profundidade, sen subir nin baixar.

Imos ver agora que se un corpo aboia ou afunde depende unicamente das densidades do corpo e do líquido. Imaxine que temos un sólido de volume  $V$  e densidade  $d_s$  dentro dun líquido de densidade  $d_l$ ; daquela:

$$\begin{aligned}\text{peso do sólido} &= d_s g V \\ \text{pulo} &= d_l g V\end{aligned}$$

Xa ve que a única diferenza entre os dous resultados é a densidade, porque  $V$  e  $g$  son iguais nas dúas fórmulas; así que se a densidade do sólido é maior que a do líquido, o corpo afunde, e se a densidade do corpo é menor que a do líquido, aboia. E no caso de que as dúas sexan iguais, o corpo manterase sen subir nin baixar. Resumindo:

$$\begin{aligned}d_{\text{sólido}} > d_{\text{líquido}} &\rightarrow \text{o corpo afunde} \\ d_{\text{sólido}} < d_{\text{líquido}} &\rightarrow \text{o corpo aboia} \\ d_{\text{sólido}} = d_{\text{líquido}} &\rightarrow \text{o corpo mantense}\end{aligned}$$

#### Actividade resolta

Déalles unha explicación aos feitos seguintes:

- O ferro é máis denso que a auga, pero un barco de ferro flota nela.
- Unha lámina de papel de aluminio afunde en auga; pero se a engurra e fai unha bóla con ela, aboiará na auga.
- As persoas flotamos mellor na auga do mar que na auga dun río ou dunha piscina.
- A densidade do ferro é  $7,96 \text{ g/cm}^3$ , e a do mercurio líquido  $13,6 \text{ g/cm}^3$ . Se botamos unha moeda dun euro nun vaso con mercurio, a moeda non afunde.

#### Solución

- a) Un barco de ferro non é de ferro macizo, en realidade a maior parte do volume do barco é aire; daquela a densidade global do barco (ferro + aire) é moito menor que a densidade da auga, e o barco aboia.
- b) O aluminio é máis denso que a auga, por iso afunde nela. Pero se engurramos a lámina de aluminio e facemos unha bóla, quedan burbullas de aire atrapadas dentro dela e a densidade da bóla en conxunto faise menor que a da auga, e a bóla flota.
- c) A auga do mar ten sal e é máis densa que a auga doce do río ou da piscina. E por ser máis densa o pulo que exerce sobre nós é maior que o que fai a auga doce. No Mar Morto a salinidade da auga é moi elevada, nese mar flótase moi ben!
- d) A moeda ten menor densidade que o mercurio líquido, por iso a moeda flota no mercurio.

### Actividades propostas

- S22.** Un submarino mantén unha posición estable, cos motores apagados, a unha profundidade de 38 m. Podemos afirmar que a densidade do buque é igual á da auga do mar?
- S23.** Un ovo de galiña afunde en auga doce ( $d = 1,00 \text{ g/mL}$ ), pero aboia en auga salgada ( $d = 1,04 \text{ g/mL}$ ). Que podemos afirmar sobre a densidade dese ovo?
- S24.** Cando axitamos un vaso que contén auga e aceite, logo dun tempo ambos os líquidos sepáranse, ao flotar o aceite enriba da auga. Ocorrería o mesmo na Lúa? E no espazo exterior, onde a gravidade fose nula?
- S25.** Busque información sobre a vexiga natatoria dos peixes e explique como a utilizan, aproveitando o pulo da auga, para subiren e baixaren no mar.
- S26.** Os icebergs aboian na auga do mar. Iso quere dicir que:

☐

O xeo é menos denso que a auga do mar

☐

Os icebergs teñen aire polo medio, e así pesan pouco

☐

O xeo é máis denso que a auga do mar

### 1.6.6 Flotabilidade nos gases

Os gases son fluídos e podemoslles aplicar tamén o principio de Arquímedes do pulo. A densidade do aire, a nivel do mar, é aproximadamente  $1,29 \text{ kg/m}^3$  (arredor de 800 veces menor que a da auga líquida). Daquela o aire empurra cara a arriba todos os corpos que estean nel cunha forza normalmente pequena, agás no caso de que o corpo teña un gran volume.

Se un corpo que está no aire ten unha densidade menor que a del, subirá. Isto ocórrelle ao aire quente; os globos aerostáticos poden voar porque levan aire quente no seu interior. Os globos que se enchen con helio (gas nobre, lembra) tamén flotan e van cara a arriba. Nun día de moito sol, o chan quece; o aire en contacto con el tamén quece e forma unha corrente de aire ascendente.



#### Actividades propostas

- S27.** O volume dunha persoa de 70 kg é aproximadamente de  $0,07 \text{ m}^3$ . Comprobe que a forza de pulo do aire cara a arriba é de 0,88 N (o peso desa persoa é de 686 N).
- S28.** O alemán Graff Zeppelin foi un construtor de globos dirixibles a mediados do século XX. Os globos estaban inflados con hidróxeno,  $\text{H}_2$ , que por ser un gas menos denso que o aire facía flotar o dirixible e así poder voar. Tiña motores e transportaba persoas. Pero ao pouco tempo deixouse de usar o hidróxeno para encher os globos dirixibles. Sabe por que? Se non, busque en internet a palabra Hindenburg e verá por que.

## 1.7 Lectura

### Evolución das ideas sobre o universo

Desde sempre as persoas intentaron darlle unha explicación á existencia do Universo, comezando pola posición da Terra nel. Dado que a simple vista o Sol a Lúa e as estrelas dan voltas arredor de nós, era evidente colocar o noso planeta no centro do universo. Foi o que fixeron os filósofos gregos, *Aristóteles* (384 a.C. – 322 a.C.) nomeadamente; é o modelo *xeocéntrico*. Os corpos deben xirar en círculos perfectos arredor da Terra, xa que se consideraba por aquel entón a esfera como unha forma perfecta.

Poucos anos despois, outro filósofo grego, *Aristarco de Samos* (310 a.C. – 230 a.C.) propuxo que era o Sol o que estaba no centro do universo, e a Terra e demais planetas xiraban arredor del; e que as estrelas estaban a unha distancia moito maior que o Sol. Pero non lle fixeron moito caso!

O astrónomo grego *Claudio Ptolomeo*, no século II antes da nosa era, propuxo un modelo xeocéntrico máis perfeccionado que o de Aristóteles, xa que podía explicar o movemento ás veces cara a atrás (retrógrado) de Marte e o seu cambio de brillo, engadindo un segundo círculo (o epiciclo) con centro no círculo principal, de xeito que os planetas xiran arredor da Terra mentres xiran tamén nese pequeno círculo. Con isto Ptolomeo foi capaz de calcular bastante ben a distinta duración das órbitas siderais e deu normas para calcular os eclipses. Ata a aparición das ideas copernicanas, os astrónomos deron por boas as ideas de Ptolomeo.



*Nicolás Copérnico*, astrónomo prusiano (1473–1543) formulou a primeira teoría heliocéntrica do sistema solar no seu libro *De Revolutionibus Orbium Coelestium*, que é considerado como o inicio da astronomía moderna. Traballou durante vinte e cinco anos preparando a súa teoría, que os planetas xiran arredor do Sol, e ademais, a Lúa xira arredor da Terra, e que as estrelas están moi lonxe e non xiran arredor do Sol. O movemento retrógrado de Marte queda explicado polo movemento relativo das órbitas da Terra e Marte comparadas co fondo, case fixo, das estrelas. Míreo nesta páxina:

- [<http://www.astro.utoronto.ca/%7Ezhu/ast210/helentric.html>]

A ruptura que representaba para a doutrina relixiosa medieval a substitución dun cosmos co home (a Terra) no centro de todo, por outro solar, fixo dubidar a Copérnico de publicar a súa obra porque temía o enfrontamento coa Igrexa.

*Galileo Galilei* (1564–1642) empregou por vez primeira o telescopio para estudar o ceo. En outono de 1610 conseguiu fabricar un de vinte aumentos. Descubriu que hai montañas na Lúa, en contra da teoría aristotélica da “perfección esférica”; e tamén descubriu as manchas solares (outra violación da perfección do Sol) e que arredor de Xúpiter xiran satélites (logo non todo xira arredor da Terra!).

Pero os problemas coa Igrexa non tardaron en aparecer: o cardeal Belarmino, que xa mandara queimar a Giordano Bruno, ordena que a Inquisición faga unha investigación sobre Galileo a partir de xuño de 1611. O 25 e o 26 de febreiro de 1616 a censura é ratificada pola Inquisición e polo papa Paulo V; as ideas copernicanas heliocéntricas son condenadas pola Igrexa. En 1633 acode a Roma ao tribunal do Santo Oficio; os interrogatorios proseguen ata o 21 de xuño, cando Galileo, perante as ameazas de tortura baixo as ordes do papa Urbano VIII, cede. Galileo é condenado a prisión de por vida, aínda que esta pena se lle conmuta pola de quedar recluído na súa casa. Galileo ten que abxurar das súas teorías e a súa obra é condenada. Houbo que agardar ata o papa polaco Xoán Paulo II (31 de outubro de 1992) para que a Igrexa levantase a condena contra Galileo!

Hoxe sabemos que nin o Sol é o centro de nada. O Sol é unha estrela máis da galaxia Vía Láctea, e non está no seu centro, senón na periferia nun dos seus brazos espirais.

A partir de Galileo, a astronomía moderna non parou de evolucionar, e así o segue facendo na actualidade: as ideas sobre o universo (ou multiversos) non están acabadas, todo o contrario.

Se quere saber máis, busque na internet temas como: *expansión de Hubble*, *big bang*, radiación cósmica de fondo, buratos (furados) negros, materia escura, enerxía escura, relatividade de Einstein, etc. Pode empezar con estas páxinas web:

- [[http://www.unesco.org/courier/2001\\_05/sp/doss15.htm](http://www.unesco.org/courier/2001_05/sp/doss15.htm)]
- [<http://www.astromia.com/universo/origen.htm>]

### 3. Resumo de contidos

---

- **1ª Lei de Newton.** Cando a forza total que actúa sobre un corpo é nula, o corpo seguirá en repouso (se estaba inicialmente en repouso) ou seguirá movéndose (se xa estaba en movemento inicialmente) en liña recta e velocidade constante sempre igual.
- **2ª Lei de Newton.** Cando a forza total sobre un corpo non é nula, o corpo móvese con aceleración; isto resúmese na expresión  $\Sigma \vec{F} = m \cdot \vec{a}$ , e implica unha ou varias das situacións seguintes:
  - O corpo aumenta ou diminúe a súa velocidade (acelera ou frea).
  - A traxectoria é curvilínea.
  - O corpo cambia o sentido do seu movemento.
- **3ª Lei de Newton.** Os corpos fan forza sempre de forma recíproca. As dúas forzas que se exercen mutuamente son iguais e contrarias, e cada forza está aplicada en cada un dos corpos, nunca as dúas no mesmo corpo.

- **Unidades de forza.** No Sistema Internacional a unidade de forza é o Newton:  
 $1\text{ N} = 1\text{ kg} \times 1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ . O quilopondio (kp) é outra unidade, pero non do SI, que equivale a 9,8 N (defínese como o peso de 1 kg en París).

- **Lei da gravitación universal.** Os corpos (sexan sólidos, líquidos ou gases) atraense entre si polo feito de teren masa; a forza calcúlase coa expresión

$$F = G \frac{M_1 \times M_2}{d^2}$$

sendo  $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2}$  a constante da gravitación universal,  $M_1$  e  $M_2$  as masas dos corpos que se atraen e  $d$  a distancia entre os centros dos dous corpos.

- **Campo gravitacional  $g$ .** Representa a forza gravitacional que se exerce sobre 1 kg de masa:

$$g = G \frac{M}{d^2}$$

O valor de  $g$  tamén equivale a aceleración coa que caen libremente os corpos no campo de forzas gravitacional.

- **Presión.** É o cociente entre a forza que se exerce dividido entre a superficie na está estendida:  $\text{presión} = \frac{F}{S}$ . No S.I. mídese en Pascals (Pa);  $1\text{ Pa} = \frac{1\text{ N}}{1\text{ m}^2}$ . Outras unidades de presión:  $1\text{ atm} = 760\text{ mmHg} = 101\,325\text{ Pa}$ .



- **Presión dentro dun fluído.** O propio peso das moléculas dun fluído fai que exerzan presión unhas contra outras e contra os corpos que estean somerxidos nos fluídos. A presión dentro dun líquido calcúlase coa fórmula  $p = d_l \times g \times h$ , sendo  $d$  a densidade do líquido e  $h$  a profundidade medida desde a superficie libre do líquido. Canto maior sexa a profundidade maior é a presión que exerce.
- **Principio de Pascal.** Se nós comprimimos un fluído nun punto do mesmo, esta presión transmítese a todos os demais puntos do fluído con idéntico valor. Isto aplícase na prensa hidráulica ou prensa de Pascal; a fórmula é  $\frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2}$ . Na prensa hidráulica cunha forza pequena exercida no émbolo pequeno podemos conseguir unha forza grande no émbolo maior.
- **Principio de Arquímedes.** Un fluído exerce presión sobre todo corpo que estea somerxido nel. Resultado desta presión é que o fluído empurra ao corpo cara arriba cunha forza (o pulo ou impulso) que é equivalente ao peso do fluído que estaba no sitio agora ocupado polo corpo. A ecuación do pulo é  $p = d_f \times g \times V$ , onde  $d_f$  é a densidade do fluído, e  $V$  o volume do corpo somerxido.
- **Flotación.** Un corpo aboia se a súa densidade é menor que a do fluído.

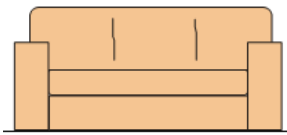

## 4. Actividades complementarias

### Dinámica

**S29.** Unha forza de 76 N actúa sobre un coro de 12 kg de masa inicialmente en repouso. Calcule:

- A aceleración que adquire o corpo.
- A velocidade que terá logo de tres segundos.

**S30.** Represente mediante vectores as forzas que actúan sobre os corpos e calcule a forza normal:

<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Un sofá de 100 kg situado sobre unha superficie horizontal</li></ul>	
<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Un caldeiro con auga de 3 kg apoiado no chan do que se tira cara a arriba cunha forza de 18 N</li></ul>	

**S31.** Un coche de 950 kg arrinca en liña recta cunha aceleración de  $1,7 \text{ m/s}^2$ .

- Que forza total actúa sobre el?
- E que forza actuará sobre o coche se a aceleración baixa á metade da anterior?

**S32.** Aplícaselle a mesma forza de 1 000 N a un coche de 1 000 kg e a un camión de 2 000 kg en sentido contrario ás súas velocidades.

- Que aceleración adquire cada un?
- Se os dous ían a  $72 \text{ km/h}$ , canto tempo tardarán en frear de todo?

**S33.** Un guindastre está subindo unha plataforma con ladrillos de 4 000 N de peso.

- Que forza fai o guindastre para subir os ladrillos con velocidade constante?
- E se os estivese baixando tamén con velocidade constante?
- E se a plataforma sobe cunha aceleración de  $1,2 \text{ m/s}^2$ ?

**S34.** Dous nenos están axudando a aprender a montar en bici a outro. Cada un tira dun lado do guiador con forzas que forman ángulo recto entre si; unha das forzas é de 15 N e a outra é de 20 N. Se a masa da bicicleta mais a do neno é de 50 kg, que aceleración adquiren?

- S35.** Un coche de 1 200 kg arrinca do repouso cunha aceleración de  $3 \text{ m/s}^2$  ata ter unha velocidade de  $25 \text{ m/s}$ . Mantén esta velocidade constante durante un tempo e logo frea ata reducir a súa velocidade a  $16 \text{ m/s}$ . A traxectoria é rectilínea.
- Que forza total actúa sobre o coche entanto que está acelerando?
  - Que forza total hai sobre o automóbil mentres manteña a velocidade de  $25 \text{ m/s}$ ?
  - Cantas forza total actúa sobre o vehículo entanto que vai freando?
- S36.** Unha persoa colle un carriño da compra baleiro. Para o levar así en liña recta e movemento uniforme nota que ten que facer unha forza de  $12 \text{ N}$ . Logo de encher o carriño, ten que facer unha forza de  $22 \text{ N}$  para que siga en movemento recto e velocidade constante.
- Cal é a forza total resultante sobre o carriño en ambos os casos?
  - Canto vale a forza de rozamento entre o carriño e o chan cando vai baleiro? E cando vai cheo coa compra?
  - Calcule o valor do coeficiente de rozamento sabendo que a masa do carro baleiro é de  $4 \text{ kg}$ . Por que o coeficiente de rozamento non ten unidades?
- S37.** Unha persoa de  $80 \text{ kg}$  aboia facendo o morto no mar. Que forzas actúan sobre esa persoa? Debúxeas. Cumpren esas dúas forzas a terceira lei de Newton?
- S38.** Unha motorista mais a súa moto teñen unha masa de  $200 \text{ kg}$ . Móvense cun MRU. A forza de rozamento contra o asfalto é de  $100 \text{ N}$ . Represente as forzas que actúan sobre a moto e calcule os valores que se piden.
- O peso da moto + motorista (conxuntamente).
  - A forza normal.
  - A forza que exerce o motor da moto.
- S39.** Unha patinadora de  $60 \text{ kg}$  exerce cos seus músculos unha forza motriz de  $480 \text{ N}$  cando se move pola pista de xeo en liña recta. Sabendo que a forza de rozamento é de  $290 \text{ N}$ , determine:
- O valor do seu peso e o da forza normal.
  - A forza total que hai sobre a patinadora.
  - A aceleración coa que se move a patinadora.
  - Canto tempo tarda en ter, partindo do repouso, unha velocidade de  $60 \text{ km/h}$ ?
- S40.** Un ciclista máis a súa bici teñen, en total,  $80 \text{ kg}$ . Móvese nunha estrada horizontal e deixa de pedalea coa fin de deterse.
- Calcule a aceleración coa que avanza se o coeficiente de rozamento é de  $0.25$ .
  - Canto tempo tardará en parar?
- S41.** Subimos un moble atado a unha corda. Se tiramos da corda cunha forza de  $500 \text{ N}$  resulta que o moble sobe cunha aceleración de  $0,8 \text{ m/s}^2$ . Cales son a masa e o peso do moble?

## Gravitación

- S42.** A masa de Marte é de  $6,37 \cdot 10^{23}$  kg e o seu raio é  $3,43 \cdot 10^6$  m.
- Calcule o valor da gravidade (g) na superficie de Marte.
  - Calcule o peso dun corpo de 45 kg que estea alí.
  - Con que aceleración cae en Marte un corpo de 3 kg? E un de 30 kg?
- S43.** Calcule a forza de atracción entre dous corpos de 60 e 56 kg respectivamente, cando están separados unha distancia de 29 cm.
- S44.** Que masa debería ter vostede para ser atraído cunha forza de 10 N por outra persoa de 60 kg separada de vostede 5 cm?
- S45.** Calcule:
- A forza coa que a Terra atrae a unha mazá de 200 g que está nunha maceira.
  - Con que aceleración caerá a mazá cara á Terra?
  - E con que aceleración subirá a Terra cara a mazá? (A masa da Terra é  $6 \cdot 10^{24}$  kg e o seu raio 6 371 km)
- S46.** Cales das seguintes afirmacións sobre a forza gravitacional é incorrecta?
- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Depende das masas dos corpos que se atraen. | <input type="checkbox"/> Pode ser atractiva ou repulsiva, dependendo do signo das masas.    |
| <input type="checkbox"/> Actúa en calquera punto do espazo.          | <input type="checkbox"/> É imposible illar un corpo da influencia gravitacional dos demais. |
| <input type="checkbox"/> Depende da distancia entre os corpos.       |   |
- S47.** Un corpo está situado a unha altura sobre a Terra igual ao radio terrestre. Verdadeiro [V] ou falso [F]?
- |                          |  |
|--------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> | ■ O corpo ten a mesma masa que cando está na superficie terrestre. |
| <input type="checkbox"/> | ■ O corpo ten o mesmo peso que cando está na superficie da Terra.  |
| <input type="checkbox"/> | ■ Cae cunha aceleración de $9,8 \text{ m/s}^2$ .                   |
| <input type="checkbox"/> | ■ Pesa a metade que na superficie terrestre.                       |
| <input type="checkbox"/> | ■ Pesa catro veces menos.  |
| <input type="checkbox"/> | ■ Non pesa nada, porque está fóra da atmosfera.                    |
- S48.** A que altura sobre a Terra tería vostede que subir para que o seu peso fose a metade do normal? Cambiaría tamén a súa masa?


**S49.** Diga que características das seguintes corresponden ao peso [P] e cales á masa [M]:

	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Cantidad de materia que ten un corpo.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ É unha magnitude escalar.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Non depende do lugar onde estea colocado o corpo.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ É unha magnitude vectorial.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ É a forza coa que un planeta atrae os obxectos.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Mídese en <math>\text{kg.m/s}^2</math></li> </ul>

## Presión e fluídos

**S50.** Sobre o émbolo maior dunha prensa hidráulica, de raio 22 cm, colócase un coche de 12 000 N de peso. Que forza haberá que facer no émbolo pequeno de raio 5 cm para levantar o coche?

**S51.** Os dous vasos teñen a mesma altura e a mesma sección no seu fondo.

	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ En cal dos dous vasos hai máis presión no fondo?</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ En cal dos dous o fondo soporta máis forza?</li> </ul>

**S52.** Os muros dos encoros son máis largos na base que na parte superior. Por que se constrúen así?

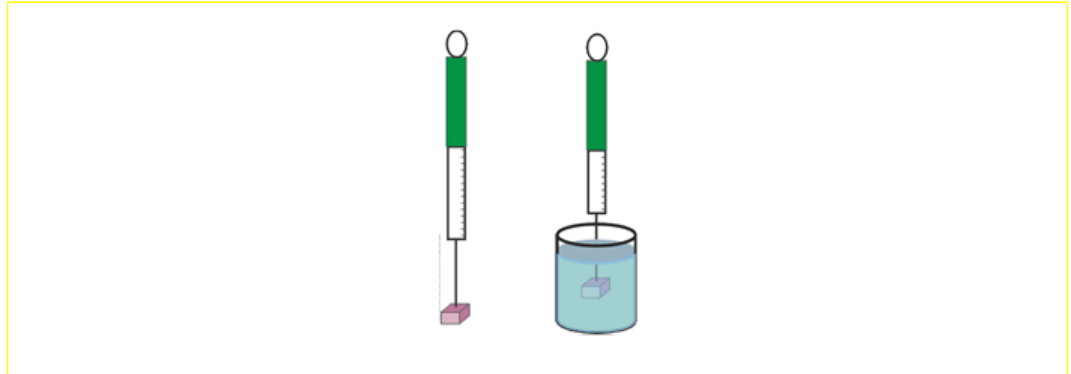
**S53.** Hai presión atmosférica na Lúa? Hai gravidade na Lúa?

**S54.** Exercemos unha forza de 10 N sobre un cravo. Se a superficie da súa cabeza é de  $6 \text{ mm}^2$  e a da punta  $0,15 \text{ mm}^2$ , canta presión estamos a facer cando aplicamos a forza sobre un ou outro dos seus extremos?

**S55.** Calcule a presión exercida por cada unha das patas dunha mesa de 50 kg de masa, se cada pata é cadrada e ten unha aresta de 7 cm.

**S56.** O tapón dun depósito de auga ten  $10 \text{ cm}^2$  de superficie. O depósito ten auga ata unha altura de 3,3 metros. Con canta forza como mínimo temos que tirar do tapón para podelo sacar?

- S57.** Metemos un anaco de pedra en auga, primeiro a 1 m de profundidade e logo a 3 m.
- En cal das dúas posición soporta máis presión a pedra?
  - En cal das dúas é maior o pulo que lle fai a auga cara a arriba?
- S58.** O peso dun corpo no aire é de 2 N, e metido dentro de auga semella ser de 1,6 N. Calcule o volume e a densidade do corpo.



## 5. Exercicios de autoavaliación

---

1. Se a Terra deixase de súpeto de facer forza sobre a Lúa, esta:

---

- ☐ Pararía.
- ☐ Seguiría a dar voltas arredor da Terra con velocidade constante.
- ☐ Moveríase en liña recta.
- ☐ Caería cara á Terra.
- ☐ Achegaríase ata o punto entre a Terra e a Lúa de campo gravitacional nulo.

2. Sobre un corpo de 100 kg actúan unicamente dúas forzas, unha de 400 N e outra de 150 N, na mesma dirección pero en sentidos contrarios. A aceleración con que move o corpo é:

---

- ☐ 2,5 m/s<sup>2</sup>
- ☐ 6,0 m/s<sup>2</sup>
- ☐ 4,0 m/s<sup>2</sup>
- ☐ 9,8 m/s<sup>2</sup>

3. Un coche móvese nunha estrada horizontal cunha velocidade sempre igual de 120 km/h. Podemos afirmar que:

---

- ☐ A forza total que actúa sobre o coche é nula.
- ☐ A forza total que actúa sobre o coche non pode ser nula.
- ☐ A forza que fai o motor compensa exactamente as forzas de rozamento do aire e do asfalto.
- ☐ Ningunha das respostas anteriores é certa.

4. Un libro de 3 kg está en repouso enriba dunha mesa. O peso do libro é de 29,4 N (vector vertical cara a abaixo) e a forza normal vale 29,4 N (vector vertical cara a arriba).

---

- ☐ As dúas forzas son de interacción e cumpren a terceira lei de Newton.
- ☐ Non son de interacción.
- ☐ Si son de interacción, pero non cumpren a terceira lei de Newton.
- ☐ Para poderen ser de interacción non deberían aplicarse só sobre o libro.

5. Cando se deixa caer un corpo libremente preto da superficie da Terra, a súa aceleración:

---

- ☐ Depende da altura desde a que se solta.
- ☐ Depende da súa masa.
- ☐ Vale sempre o mesmo e non depende da masa do corpo.
- ☐ Depende da masa e máis do seu tamaño.

6. A forza con que se atraen dúas baleas de 5 000 kg cada unha cando están no mar a 1,2 m de distancia unha da outra é de:

---

- ☐ 2 000 N
- ☐ 5,4 N
- ☐ 1,2 N
- ☐ 0,004 N

7. Verdadeiro [V] ou falso [F]? Dentro dun líquido hai presión porque:

---

- ☐ O aire comprime a superficie do líquido.
- ☐ O peso das moléculas compríneas.
- ☐ As moléculas se atraen entre si, comprimíndose.
- ☐ É unha característica típica de todos os líquidos.

8. No fondo dun depósito de 3 m de altura que contén un líquido a presión é de 35 280 Pa. A densidade do líquido é:

---

- ☐ 1 000 kg/m<sup>3</sup>
- ☐ 1 200 kg/m<sup>3</sup>
- ☐ 800 kg/m<sup>3</sup>
- ☐ 1 120 kg/m<sup>3</sup>

9. Nunha prensa hidráulica os émbolos son circulares. O raio dun deles é 20 cm e o doutro é o dobre. Se sobre o émbolo pequeno facemos unha forza de 1 000 N, a forza no grande será:

---

- ☐ 250 N
- ☐ 1 000 N
- ☐ 2 000 N
- ☐ 4 000 N



10. Dentro dun avión a presión é de 1 atm, e fóra do avión é de 0,6 atm. Unha fiestra do avión mide 30 x 40 cm. Cal é a forza neta que soporta?

---

- ☐ 40 000 N
- ☐ 5 673 N
- ☐ 2 398 N
- ☐ 4 864 N

11. Unha bóla de aceiro de 50 cm<sup>3</sup> de volume pesa, no aire, 3,72 N. Cando a metemos dentro de auga doce (densidade = 1000 unidades internacionais), o seu peso semella diminuír en:

---

- ☐ 0,49 N
- ☐ 0,32 N
- ☐ 0,51 N
- ☐ 2,67 N

## 6. Solucionarios

### 1.8 Solucións das actividades propostas

S1.

- a) Seguirá a ser mover en liña recta con velocidade sempre igual afastándose da nave na mesma dirección na que se movía cando rompeu a corda.
- b) Se non se agarra á nave ou van buscalo, non poderá cambiar o seu movemento rectilíneo e non poderá regresar.

S2.

- Entanto que a bóla estea dentro do tubo as paredes deste empurrarana e curvarán a súa traxectoria; pero cando a bóla saia do tubo esas forzas desaparecerán, e a bóla seguirá a se mover en liña recta.

S3.

- a) Como as dúas forzas son perpendiculares sumámolos usando o teorema de Pitágoras:

$$F_{\text{remolcadores}} = \sqrt{10000^2 + 10000^2} = 14142 \text{ N}$$

A forza total que actúa sobre o barco é  $F_{\text{total}} = 14142 \text{ N} - 7000 \text{ N} = 7142 \text{ N}$

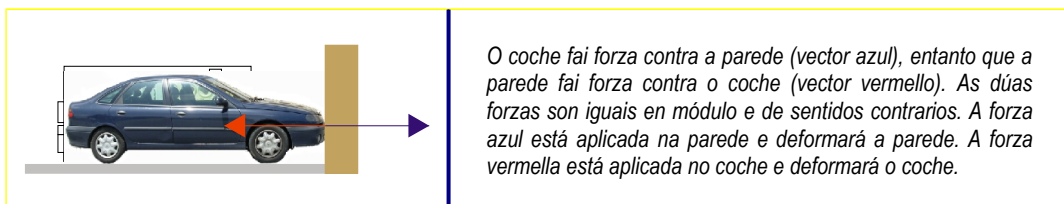
- b) Pola segunda lei de Newton,  $a = \frac{F_{\text{total}}}{\text{masa}} = \frac{7142 \text{ N}}{2 \cdot 10^6 \text{ kg}} = 0,0036 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$
- c) Usamos a ecuación da velocidade do movemento uniformemente acelerado

$$(MUA): v = v_o + a \cdot t \rightarrow 2 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 0 + 0,0036 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times t \rightarrow t = \frac{2 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{0,0036 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 556 \text{ segundos}$$

$$s = \cancel{v_o t} + \cancel{v_o t} + \frac{1}{2} a t^2 \rightarrow 950 \text{ m} = \frac{1}{2} \times 0,0036 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} t^2 \rightarrow$$

$$t^2 = \frac{950 \text{ m} \times 2}{0,0036 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 527778 \text{ s}^2 \rightarrow t = \sqrt{527778 \text{ s}^2} = 726 \text{ s}$$

S4.



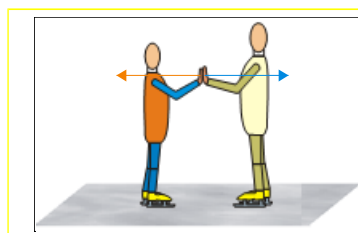
O coche fai forza contra a parede (vector azul), entanto que a parede fai forza contra o coche (vector vermello). As dúas forzas son iguais en módulo e de sentidos contrarios. A forza azul está aplicada na parede e deformará a parede. A forza vermella está aplicada no coche e deformará o coche.

S5.

- As forzas son de repulsión; as dúas forzas valen o mesmo e teñen sentidos contrarios (son iguais e opostas). E cumpren a terceira lei de Newton: son forzas de interacción. O valor numérico de cada unha das forzas é:

$$F = K \frac{Q_1 \times Q_2}{d^2} = 9 \cdot 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2} \times \frac{2C \times 5C}{1m^2} = 9 \cdot 10^{10} N$$

S6.



As dúas persoas empúrranse mutuamente e as dúas forzas teñen o mesmo valor; moveranse afastándose unha da outra. E como as dúas forzas son iguais, moverase con maior aceleración a que menos masa corporal teña.

S7.

$$F = G \frac{m_1 \cdot m_2}{d^2} \rightarrow d^2 = \frac{G \cdot m_1 \cdot m_2}{F} \rightarrow d = \sqrt{\frac{G \cdot m_1 \cdot m_2}{F}} =$$

$$= \sqrt{\frac{6,67 \cdot 10^{-11} \frac{N \cdot m^2}{kg^2} \cdot 600kg \cdot 600kg}{0,0024N}} = 0,1m$$

S8.

- a) Peso na superficie da Terra:

$$G \frac{M_T \cdot m}{d^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{N \cdot m^2}{kg^2} \frac{5,97 \cdot 10^{24} kg \cdot 55 kg}{(6371000 m)^2} = 539,6 N$$

- b) A 5000 Km de altura sobre o planeta:

$$peso = G \frac{M_T \cdot m}{d^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{N \cdot m^2}{kg^2} \frac{5,97 \cdot 10^{24} kg \cdot 55 kg}{(11371000 m)^2} = 169,4 N$$

- c) A 20000 Km de altura sobre o planeta:

$$peso = G \frac{M_T \cdot m}{d^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{N \cdot m^2}{kg^2} \frac{5,97 \cdot 10^{24} kg \cdot 55 kg}{(26371000 m)^2} = 31,5 N$$

- d) Para non pasar nada teríamos que afastarnos da Terra a unha altura infinita.

S9.

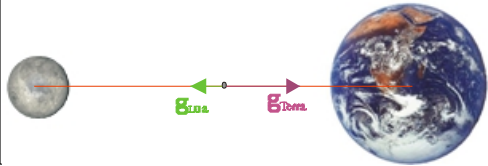
■ a)

$$g = G \frac{M_T}{d^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{N \cdot m^2}{kg^2} \frac{5,97 \cdot 10^{24} kg}{(6471000 m)^2} = 9,51 \frac{N}{kg}$$

■ b)

$$g = G \frac{M_T}{d^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{N \cdot m^2}{kg^2} \frac{5,97 \cdot 10^{24} kg}{(7371000 m)^2} = 7,3 \frac{N}{kg}$$

S10.



A distancia é a metade da distancia entre Terra e Lúa,  $d = 192\,200\text{ km}$ .

$$g_{Lúa} = G \frac{M_{Lúa}}{d^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{N \cdot m^2}{kg^2} \frac{7,35 \cdot 10^{22} kg}{(192\,200\,000 m)^2} = 1,33 \cdot 10^{-4} \frac{N}{kg}$$

$$g_{Terra} = G \frac{M_T}{d^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{N \cdot m^2}{kg^2} \frac{5,97 \cdot 10^{24} kg}{(192\,200\,000 m)^2} = 0,0108 \frac{N}{kg}$$

Como son dous vectores de sentidos opostos, hainos que sumar restando os seus módulos:

$$g_{total} = g_{Terra} - g_{Lúa} = 0,0108 - 1,33 \cdot 10^{-4} \frac{N}{kg} = 0,0107 \frac{N}{kg}$$

S11.

- A punta da chatola é moi pequena, e o cociente F/S (a presión) é moi grande, por iso podemos cravala doadamente no taboleiro.

S12.

Pasamos os milímetros cadrados a metros cadrados:

$$3 mm^2 \cdot \left( \frac{1 m}{1000 mm} \right)^2 = 3 \cancel{mm^2} \cdot \frac{1 m^2}{1000^2 \cancel{mm^2}} = 3 \cdot 10^{-6} m^2$$

$$\text{A presión é: } p = \frac{F}{S} = \frac{12 N}{3 \cdot 10^{-6} m^2} = 4 \cdot 10^6 Pa \cong 39,5 atm$$

S13.

$$a) 11 \text{ atm} \cdot \frac{101325 \text{ Pa}}{1 \text{ atm}} = 1\,114\,575 \text{ Pa}$$

$$b) p = \frac{F}{S} \rightarrow F = p \cdot S = 1\,114\,575 \text{ Pa} \cdot 0,82 \text{ m}^2 = 913\,952 \text{ N}$$

Como pode apreciar é unha forza enorme!

S14.

■ ...

S15.

$$\text{presión} = d_l \cdot g \cdot h = 1030 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,8 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot 150 \text{ m} = 1\,514\,100 \text{ Pa}$$

$$p = \frac{F}{S} \rightarrow F = p \cdot S = 1\,514\,100 \text{ Pa} \cdot 1,20 \text{ m}^2 = 1\,816\,920 \text{ N}$$

A forza é tan grande que sería imposible de abrir desde o interior do buque

S16.

$$a) \text{ presión} = d_l \cdot g \cdot h = 1030 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,8 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot 10 \text{ m} = 100\,940 \text{ Pa};$$

$$100\,940 \text{ Pa} \cdot \frac{1 \text{ atm}}{101325 \text{ Pa}} = 0,996 \text{ atm} \cong 1,0 \text{ atm}$$

b) Respirando aire das bombonas a unha presión igual aproximadamente á presión externa da auga. Así se compensan as presións interior e exterior do corpo.

S17.

- Moi lonxe da Terra o líquido case non pesa nada, e como non pesa non fai presión contra o fondo. A presión será nula.

S18.

$$a) 13,6 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \cdot \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} \cdot \left( \frac{100 \text{ cm}}{1 \text{ m}} \right)^3 = 13600 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$b) \text{ presión} = d_l \cdot g \cdot h = 13\,600 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,8 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot 0,76 \text{ m} = 101293 \text{ Pa} \cong 1 \text{ atm}$$

$$c) 1 \text{ mm} = 0,001 \text{ m}; p = d_l \cdot g \cdot h = 13\,600 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,8 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot 0,001 \text{ m} = 133,3 \text{ Pa}$$

S19.

$S_1$  pequeno,  $F_1 = 10\,000\,N$

$S_2 = 4\,S_1$ ,  $F_2$  ?

$$p_1 = p_2 \rightarrow \frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2} \rightarrow F_2 = \frac{F_1 \cdot S_2}{S_1} = \frac{10000\,N \cdot 4\,\cancel{S_1}}{\cancel{S_1}} = 40\,000\,N$$

S20.

- A desvantaxe consiste en que para mover o émbolo grande unha certa distancia, o émbolo pequeno ten que se mover unha distancia moito maior. O que se gaña en forza “pérdese” en percorrido do émbolo menor.

S21.

- A auga exerce unha forza cara a arriba contra o dedo (é o pulo do líquido). Pola terceira lei de Newton, da interacción, se o líquido empurra ao dedo cara a arriba entón o dedo ten que empurrar a auga cara abaixo cunha forza igual de grande. Daquela o líquido semella pesar máis, e isto é o que detecta a balanza.

S22.

- Si. Se se mantén sen subir nin baixar (sen motores funcionando) é que a densidade do submarino é igual á da auga do mar.

S23.

- Pois que a densidade do ovo é maior que 1,00 g/mL e menor que 1,04 g/mL; a densidade do ovo está comprendida entre estes dous valores.

S24.

- Para que un líquido flote enriba de outro ten que existir a forza do pulo de Arquímedes  $F = d_l \cdot g \cdot V$ , e para isto ten que haber gravidade ( $g$ ). Na Lúa hai gravidade (o aceite flotaríase enriba da auga), pero no espazo exterior a gravidade é practicamente nula, e o aceite e a auga separaríanse e non teñen que gardar unha posición relativa (como arriba/abaixo) entre eles.

S25.

- Pode consultar, por exemplo,  
S59. [[http://es.wikipedia.org/wiki/Vejiga\\_natatoria](http://es.wikipedia.org/wiki/Vejiga_natatoria)]  
S60. [<http://www.drpez.com/diccionario/term/afab5ca55eae1b0.xhtml>]

S26.

- O xeo é menos denso que a auga do mar.

S27.

- $Pulo\ do\ aire = d_{aire} \times g \times V = 1,29 \frac{kg}{m^3} \times 9,8 \frac{N}{kg} \times 0,07 m^3 = 0,88\,N$

**S28.**

- Algunhas páxinas web sobre o desastre do dirixible:

**S61.** [[http://es.wikipedia.org/wiki/Dirigible\\_Hindenburg](http://es.wikipedia.org/wiki/Dirigible_Hindenburg)]

**S62.** [<http://www.youtube.com/watch?v=F54rqDh2mWA>] (vídeo do estoupido)

## 1.9 Solucións das actividades complementarias

S29.

$$a) a_{coche} = \frac{F}{m} = \frac{-1000 N}{1000 kg} = -1 \frac{m}{s^2} \text{ (aceleración negativa porque frea)}$$

$$a_{camión} = \frac{F}{m} = \frac{-1000 N}{2000 kg} = -0,5 \frac{m}{s^2}$$

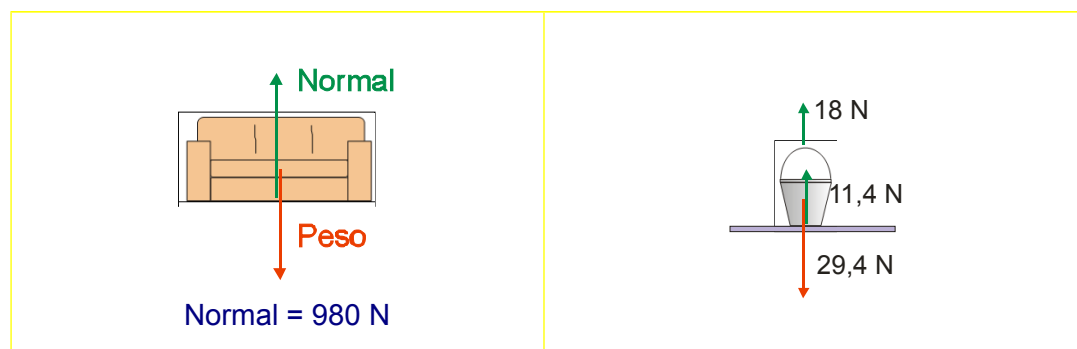
$$b) 72 \frac{km}{h} = 20 \frac{m}{s}; \quad v = 0 \rightarrow v = v_o + at \rightarrow 0 = 20 + (-1) \cdot t \rightarrow t = 20 s;$$

o tempo que tarda en frear o camión é  $t = 40 s$ .

$$aceleración = \frac{F}{m} = \frac{76 N}{12 kg} = 6,33 \frac{m}{s^2}$$

$$v = v_o + a \cdot t = 0 + 6,33 \frac{m}{s^2} \times 3 s = 19 \frac{m}{s}$$

S30.



S31.

$$a) \Sigma F = ma = 950 kg \cdot 1,7 \frac{m}{s^2} = 1615 N$$

$$b) \Sigma F = ma = 950 kg \cdot \frac{1,7 m}{2 s^2} = 807,5 N, \text{ a metade da forza anterior.}$$

S32.

$$a) a_{coche} = \frac{F}{m} = \frac{-1000 N}{1000 kg} = -1 \frac{m}{s^2} \text{ (aceleración negativa porque frea)}$$

$$a_{camión} = \frac{F}{m} = \frac{-1000 N}{2000 kg} = -0,5 \frac{m}{s^2}$$

$$b) 72 \frac{km}{h} = 20 \frac{m}{s}; \quad v = 0 \rightarrow v = v_o + at \rightarrow 0 = 20 + (-1) \cdot t \rightarrow t = 20 s;$$

o tempo que tarda en frear o camión é  $t = 40 s$ .



**S33.**

- a) Como a velocidade é constante, a aceleración é cero, a suma de forzas ten que valer cero. Daquela a forza cara arriba ten que compensar a forza cara abaixo, que é o peso. A forza cara arriba vale entón 4000 N.
- b) Igual que o caso anterior.
- c)

$$\Sigma F = m \cdot a \rightarrow F_{\text{cable}} - \text{peso} = m \cdot a \rightarrow$$
$$\rightarrow F_{\text{cable}} = \text{peso} + m \cdot a = 4000 \text{ N} + \frac{4000}{9,8} \text{ kg} \cdot 1,2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 4490 \text{ N}$$

**S34.**

$$\Sigma F = \sqrt{15^2 + 20^2} = 25 \text{ N}; \quad a = \frac{F}{m} = \frac{25 \text{ N}}{50 \text{ kg}} = 0,5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

**S35.**

a)  $\Sigma F = m \cdot a \rightarrow F_{\text{total}} = 1200 \text{ kg} \cdot 3 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 3600 \text{ N}$

b) entanto a velocidade é constante non hai aceleración, daquela  $F_{\text{total}} = 0$ .

c) Calculemos a aceleración de freada:

$$a = \frac{v - v_0}{t} = \frac{16 - 25}{2} = -4,5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}; \quad F_{\text{total}} = m \cdot a = 1200 \text{ kg} \cdot \left(-4,5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) = -5400 \text{ N}$$

**S36.**

- En ambos os casos a velocidade é constante e polo tanto a forza total é nula.

**S63.** 12N; 22N.

**S64.**  $F_{\text{roz}} = \mu \cdot N$ ; aquí o peso é igual á normal,  $N = 4 \cdot 9,8 = 39,2 \text{ N}$ ;

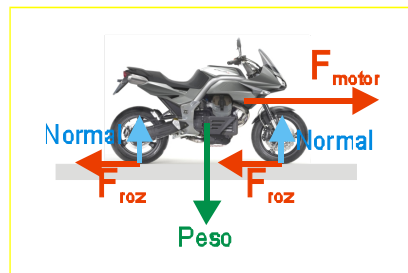
- $\mu = \frac{F_{\text{roz}}}{N} = \frac{12 \text{ N}}{39,2 \text{ N}} = 0,31$

- O coeficiente de rozamento non ten unidades porque é o cociente entre dúas forzas ( $F_{\text{roz}}/\text{Normal}$ ), e as unidades (N/N) canceláanse.

**S37.**

- a) O peso cara abaixo e o pulo cara arriba.
- b) Non cumpren a terceira lei de Newton, xa que están aplicadas no mesmo corpo (a persoa). A parella do peso é a forza que a persoa lle fai ao planeta, e está aplicada no centro da Terra; a forza parella do pulo é a forza que a persoa exerce contra a auga cara a abaixo.

S38.



- Peso da moto =  $mg = 1960 \text{ N}$
- Normal =  $1960 \text{ N}$
- Como a suma de forzas ten que ser cero porque a moto avanza con velocidade constante, a forza do motor compensa a forza de rozamento, e as dúas teñen que ter o mesmo valor:  $F_{\text{motor}} = 100 \text{ N}$

S39.

- a) Peso = Normal =  $588 \text{ N}$ .
- b) O peso máis a normal anúlanse; quedan só as forzas horizontais:

$$\Sigma F = 480 \text{ N} - 290 \text{ N} = 190 \text{ N}$$

- c)

$$a = \frac{\Sigma F}{m} = \frac{190 \text{ N}}{60 \text{ kg}} = 3,17 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

- d)

$$v = \cancel{v_0} + at \rightarrow t = \frac{v}{a} = \frac{16,67 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{3,17 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 5,26 \text{ s}$$

S40.

$$\text{Peso} = \text{Normal} = 784 \text{ N}$$

$$F_{\text{roz}} = \mu \cdot N = 0,25 \cdot 784 \text{ N} = 196 \text{ N}$$

$$a = \frac{\Sigma F}{m} = \frac{-196 \text{ N}}{80 \text{ kg}} = -2,45 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$v = v_0 + at \rightarrow 0 = 15 - 2,45 \cdot t \rightarrow t = 6,1 \text{ s}$$

S41.

$$\Sigma F = m \cdot a \rightarrow 500 \text{ N} - mg = ma \rightarrow 500 \text{ N} - m \cdot 9,8 = m \cdot 0,8 \rightarrow$$

$$500 = 9,8m + 0,8m \rightarrow 500 = 10,6m \rightarrow m = 47,2 \text{ kg}.$$

$$\text{Peso} = mg = 47,2 \text{ kg} \cdot 9,8 = 462,3 \text{ N}$$

S42.

- a)

$$g = G \frac{M_{\text{marc}}}{R^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2} \cdot \frac{6,37 \cdot 10^{23} \text{ kg}}{(3,43 \cdot 10^6 \text{ m})^2} = 3,61 \frac{\text{N}}{\text{kg}} = 3,61 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

- b) Peso = 162,5 N
- c) Os dous saen coa aceleración da gravidade; 3,61 m/s<sup>2</sup>

S43.

- $F = 2,66 \cdot 10^{-6} \text{ N}$

S44.

$$F = G \frac{m_1 \cdot m_2}{d^2} \rightarrow F \cdot d^2 = G \cdot m_1 \cdot m_2 \rightarrow m_1 = \frac{F \cdot d^2}{G m_2} = \frac{10 \text{ N} \cdot (0,05 \text{ m})^2}{6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2} \cdot 60 \text{ kg}} = 6,25 \cdot 10^6 \text{ kg}$$

A masa tería que ser maior de seis millóns de quilogramos.

S45.

- a)  $F = \text{peso} = 1,96 \text{ N}$
- b) A aceleración de caída é a da gravidade: 9,8 m/s<sup>2</sup>
- c) Esta aceleración é tan pequena que é indetectable.

$$a = \frac{F}{m} = \frac{1,96 \text{ N}}{6 \cdot 10^{24} \text{ kg}} = 3,27 \cdot 10^{-25} \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

S46.

- “Pode ser atractiva ou repulsiva” → falso, a forza gravitatoria sempre é de atracción. O resto das respostas son correctas.

S47.

V	▪ O corpo ten a mesma masa que cando está na superficie terrestre.
F	▪ O corpo ten o mesmo peso que cando está na superficie da Terra.
F	▪ Cae cunha aceleración de 9,8 m/s <sup>2</sup> .
F	▪ Pesa a metade que na superficie terrestre.
V	▪ Pesa catro veces menos.
F	▪ Non pesa nada, porque está fóra da atmosfera.

S48.

Habería que subir ata unha altura na que  $g = \frac{9,8}{2} = 4,9 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ . Daquela

$$g = G \frac{M_{\text{Terra}}}{d^2} \rightarrow d^2 = \frac{G \cdot M_T}{g} \rightarrow d = \sqrt{\frac{G \cdot M_T}{g}} = \sqrt{\frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 5,97 \cdot 10^{24}}{4,9}} = 9015 \text{ km}$$

A altura sobre o planeta será  $h = 9015 \text{ km} - 6371 \text{ km} = 2644 \text{ km}$ .

S49.

$M$	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Cantidad de materia que ten un corpo.</li> </ul>
$M$	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ É unha magnitude escalar.</li> </ul>
$M$	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Non depende do lugar onde estea colocado o corpo.</li> </ul>
$P$	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ É unha magnitude vectorial.</li> </ul>
$P$	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ É a forza coa que un planeta atrae os obxectos.</li> </ul>
$P$	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Mídese en <math>\text{kg} \cdot \text{m/s}^2</math></li> </ul>

S50.

$$S_1 = \pi R_1^2 = \pi \cdot 0,22^2 = 0,152 \text{ m}^2 \text{ (émbolo grande)}$$

$$S_2 = \pi R_2^2 = \pi \cdot 0,05^2 = 0,00785 \text{ m}^2 \text{ (émbolo pequeno)}$$

$$F_1 = 12000 \text{ N}$$

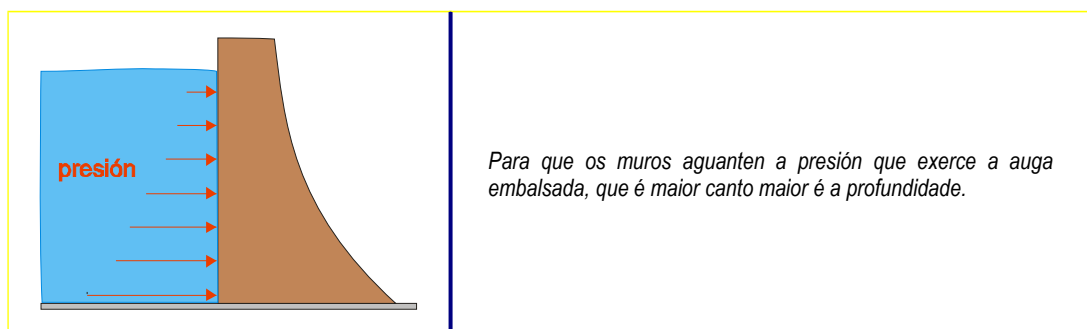
$F_2$  ? Aplicamos o principio de Pascal:

$$\frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2} \rightarrow F_2 = \frac{F_1 \cdot S_2}{S_1} = \frac{12000 \text{ N} \cdot 0,00785 \text{ m}^2}{0,152 \text{ m}^2} = 619,7 \text{ N}$$

S51.

- a) Nos dous igual, xa que a profundidade é a mesma.
- b) igual, xa que  $F = p \cdot S$  e como a presión ( $p$ ) e a superficie ( $S$ ) son iguais, a forza ( $F$ ) é a mesma no fondo dos dous vasos.

S52.



S53.

- Non. Si.

S54.

$$presión_{mesa} = \frac{F}{S} = \frac{10\text{ N}}{6\text{ mm}^2 \cdot \left(\frac{1\text{ m}}{1000\text{ mm}}\right)^2} = 1,67 \cdot 10^6\text{ Pa}$$

$$presión_{pata} = \frac{F}{S} = \frac{10\text{ N}}{0,15\text{ mm}^2 \cdot \left(\frac{1\text{ m}}{1000\text{ mm}}\right)^2} = 6,67 \cdot 10^7\text{ Pa} \text{ (40 veces maior).}$$

S55.

$$S_{pata} = (0,07\text{ m})^2 = 0,0049\text{ m}^2$$

$$presión = \frac{F}{S} = \frac{1/4\text{ peso}}{S} = \frac{\frac{1}{4} \cdot 50\text{ kg} \cdot 9,8 \frac{\text{N}}{\text{kg}}}{0,0049\text{ m}^2} = 25000\text{ Pa} \text{ (en cada pata da mesa)}$$

S56.

- Presión =  $d_l \cdot g \cdot h = 1000 \cdot 9,8 \cdot 3,3 = 32\,340\text{ Pa}$   
 $F = P \cdot S = 32\,340\text{ Pa} \cdot 0,0010\text{ m}^2 = 32,3\text{ N}.$

S57.

- a) A 3 metros (a maior profundidade maior presión)
- b) O pulo é igual nas dúas profundidades, non depende de "h" (véxao na fórmula do pulo).

S58.

- a)  
 peso aparente = peso real - pulo

$$1,6\text{ N} = 2\text{ N} - \text{pulo} \rightarrow \text{pulo} = 0,4\text{ N};$$

$$\text{pulo} = d_l \cdot g \cdot V \rightarrow 0,45\text{ N} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,8 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot V \rightarrow V = 4,08 \cdot 10^{-5}\text{ m}^3$$

- b)

$$\text{peso do corpo} = 2\text{ N} \rightarrow \text{masa do corpo} = \frac{\text{peso}}{g} = 0,204\text{ kg}.$$

- c)

$$\text{densidade do corpo} = \frac{\text{masa}}{\text{volume do corpo}} = \frac{0,204\text{ kg}}{4,08 \cdot 10^{-5}\text{ m}^3} = 5002 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

## 1.10 Solución dos exercicios de autoavaliación

1. Se a Terra deixase de súpeto de facer forza sobre a Lúa, esta:

---

☐☐

☒ Moveríase en liña recta.

☐☐

2. Sobre un corpo de 100 kg actúan unicamente dúas forzas, unha de 400 N e outra de 150 N, na mesma dirección pero en sentidos contrarios. A aceleración con que move o corpo é:

---

☒ 2,5 m/s<sup>2</sup>

☐☐☐

3. Un coche móvese nunha estrada horizontal cunha velocidade sempre igual de 120 km/h. Podemos afirmar que:

---

☒ A forza total que actúa sobre o coche é nula.

☐

☒ A forza que fai o motor compensa as forzas de rozamento do aire e do asfalto.

☐

4. Un libro de 3 kg está en repouso enriba dunha mesa. O peso do libro é de 29,4 N (vector vertical cara a abaixo) e a forza normal vale 29,4 N (vector vertical cara a arriba).

---

☐

☒ Non son de interacción.

☐

☒ Para poderen ser de interacción non deberían aplicarse só sobre o libro.

5. Cando se deixa caer un corpo libremente preto da superficie da Terra, a súa aceleración:

---

☐☐

☒ Vale sempre o mesmo e non depende da masa do corpo.

☐

6. A forza con que se atraen dúas baleas de 5 000 kg cada unha cando están no mar a 1,2 m de distancia unha da outra é de:

---

☐☐

☒ 0,0012 N

☐

7. Verdadeiro [V] ou falso [F]? Dentro dun líquido hai presión porque:

---

☐

☒ O peso das moléculas comprimeas.

☐☐

8. No fondo dun depósito de 3 m de altura que contén un líquido a presión é de 35 280 Pa. A densidade do líquido é:

---

☐

☒ 1 200 kg/m<sup>3</sup>

☐☐

9. Nunha prensa hidráulica os émbolos son circulares. O raio dun deles é 20 cm e o doutro é o dobre. Se sobre o émbolo pequeno facemos unha forza de 1 000 N, a forza no grande será:

---

☐☐☐

☒ 4 000 N

10. Dentro dun avión a presión é de 1 atm, e fóra do avión é de 0,6 atm. Unha fiestra do avión mide 30 x 40 cm. Cal é a forza neta que soporta?

---

☐☐☐

☒ 4 864 N

11. Unha bóla de aceiro de 50 cm<sup>3</sup> de volume pesa, no aire, 3,72 N. Cando a metemos dentro de auga doce (densidade = 1000 unidades internacionais), o seu peso semella diminuír en:

---

☒ 0,49 N

☐☐☐



## 7. Glosario

---

<b>B</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ <b>Bar</b></li></ul>	Unidade de presión derivada das unidades do sistema cexesimal.
<b>C</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ <b>Campo gravitacional</b></li></ul>	Forza por cada quilogramos de masa que exerce un corpo, como un planeta. Mídese en N/kg.
<b>E</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ <b>Engalar</b></li></ul>	Lebantar o voo un corpo.
<b>G</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ <b>G</b></li><li>▪ <b>Guindastre</b></li></ul>	<p>Constante da gravitación universal de Newton. O seu valor foi determinado experimentalmente por Lord Cavendish case un século máis tarde de que Newton enunciara a súa lei.</p> <p>Máquina empregada para elevar cargas pesadas.</p>
<b>I</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ <b>Iceberg</b></li><li>▪ <b>Inercia</b></li><li>▪ <b>Interacción</b></li></ul>	<p>Bloque de xeo que aboia na auga do mar. O xeo ten unha densidade algo menor que a da auga, por iso flota.</p> <p>Tendencia que ten un corpo a seguir parado (se estaba parado) ou a se mover en liña recta e rapidez constante se a forza total que actúa sobre el é nula.</p> <p>Dous corpos ou non se fan forza (non interactúan) ou se fan forza un ao outro mutuamente. As dúas forzas son iguais e opostas.</p>
<b>M</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ <b>Mercurio</b></li><li>▪ <b>Milímetro de mercurio</b></li></ul>	<p>Metal que a temperatura ambiente é líquido; símbolo Hg (do latín <i>hydrargirium</i>). Ten unha densidade elevada, 13600 kg/m<sup>3</sup>. Os seus vapores son tóxicos.</p> <p>Presión exercida por unha columna de mercurio líquido. A presión normal do aire equivale a unha columna de 76 cm de altura de mercurio.</p>
<b>P</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ <b>Pascal</b></li><li>▪ <b>Peso aparente</b></li><li>▪ <b>Pisa</b></li><li>▪ <b>Pulo</b></li></ul>	<p>Unidade de presión no Sistema Internacional de unidades. Equivale a unha forza de 1 N repartida en 1 m<sup>2</sup>.</p> <p>Os corpos semellan pesar menos cando están somerxidos nun fluído, debido a que o pulo os empurra cara arriba.</p> <p>Cidade italiana da rexión da Toscana. Nunha das súas torres inclinadas (por ceder os alicerces sobre o terreo pantanoso da zona) fixo Galileo o seu famoso experimento de deixar caer pedras de masas distintas.</p> <p>Forza que os fluídos exercen sobre os corpos mergullados neles. O seu valor vén dado polo principio de Arquímedes: o pulo equivale ao peso do fluído desalojado.</p>

## 8. Bibliografía e recursos

---

### Bibliografía

- *Física e Química 4º ESO*. Ed. Rodeira-Edebé (2008). Páxinas 30-40; 42-53; 54-75.
- *Física e Química 4º ESO*. Ed. Anaya (2008)- Páxinas 69-75; 78-107; 46-67.
- *Física e Química 4º ESO*. Ed. Santillana (2008). Páxinas 43-50; 52-59; 60-85; 86-105.
- *Física e Química 4º ESO*. Ed. SM (2008). Páxinas 46-61; 76-91; 94-111.
- *Física e Química 4º ESO*. Ed. Vicens Vives (2008). Páxinas 50-67; 92-113; 115-131.
- *Física e Química 4º ESO*. Ed. Oxford (2003). Páxinas 33-36; 38-43; 47; 58-95.
- *Educación Secundaria a distancia para as persoas adultas. Natureza 2*. Xunta de Galicia (2007). Páxinas 82-85; 99-107.
- *Educación Secundaria a distancia para as persoas adultas. Natureza 4B*. Xunta de Galicia (2005). Páxinas 12-17.

### Ligazóns de internet

- **Dinámica**

- [<http://newton.cnice.mec.es/4eso/dinamica/index.htm>]

- **Fluídos**

- [<http://colos.fcu.um.es/Cursos/Walter/phs/buoyforces.htm>]
- [<http://newton.cnice.mec.es/4eso/presion/prensa.htm>]
- [<http://newton.cnice.mec.es/4eso/presion/frenos.htm>]