XUNTA DE GALICIA
CONSELLERÍA DE EDUCACIÓN
E ORDENACIÓN UNIVERSITARIA
Dirección Xeral de Educación, Formación
Profesional e Innovación Educativa

Ámbito científico tecnolóxico

Educación a distancia semipresencial

Módulo 3

Unidade didáctica 5

Movementos e forzas

Índice

1. **Introdución** 3
   - 1.1 Descrición da unidade didáctica 3
   - 1.2 Coñecementos previos 3
   - 1.3 Criterios de avaliación 4
2. **Secuencia de contidos e actividades** 5
   - 2.1 O movemento 5
     - 2.1.1 Sistema de referencia, a posición 5
     - 2.1.2 Posición, movemento, traxectoria, desprazamento, espazo percorrido 7
     - 2.1.3 A velocidade 8
     - 2.1.4 A aceleración 10
   - 2.2 Movementos rectilíneos uniformes e uniformemente acelerados 12
     - 2.2.1 Movemento rectilíneo e uniforme. MRU 13
     - 2.2.2 Movemento rectilíneo e uniformemente acelerado. MRUA 17
   - 2.3 As forzas 22
     - 2.3.1 A deformación. Lei de Hooke 24
     - 2.3.2 Forzas que producen movemento. Leis de Newton 26
     - 2.3.3 Tipos de forzas 29
   - 2.4 Máquinas simples e mecanismos de transmisión e transformación do movemento 36
     - 2.4.1 Tipos de mecanismos 36
     - 2.4.2 Máquinas simples 37
     - 2.4.3 Mecanismos de transmisión do movemento 41
     - 2.4.4 Mecanismos de transformación do movemento 43
   - 2.5 A presión. Presión atmosférica. Física da atmosfera 44
     - 2.5.1 A presión 44
     - 2.5.2 A presión atmosférica 45
     - 2.5.3 Física da atmosfera. Meteoroloxía 48
3. **Actividades finais** 51
4. **Solucionario** 55
   - 4.1.1 Solucionario de actividades propostas 55
   - 4.1.2 Solucionario de actividades finais 58
5. **Glosario** 60
6. **Bibliografía e recursos** 61
7. **Anexo. Licenza de recursos** 62

1. Introdución

1.1 Descrición da unidade didáctica

Co obxectivo de profundar na análise dos diferentes parámetros que cómpre manexar para describir o movemento dun obxecto, veremos a necesidade de definir un sistema de referencia e, a partir de aí, os conceptos de posición, velocidade e aceleración. Aplicaremos estes conceptos a situacións onde a velocidade permaneza constante e variable co tempo: problemas de movemento rectilíneo e uniforme (MRU) e de movemento rectilíneo e uniformemente acelerado (MRUA).

Introduciremos o concepto de forza capaz de producir deformación ou desprazamento, analizaremos os principios fundamentais polos que se rexe o comportamento dun corpo sometido a unha forza, así como o seu carácter vectorial, de tal forma que poderemos atopar relacións matemáticas que describan o efecto ao aplicar varias forzas sobre un mesmo obxecto.

Analizaremos distintos tipos de forzas, como o peso, a tensión, a normal e a forza de rozamento, aplicándoas a situacións cotiás. Veremos como se aplican estes conceptos en mecanismos tecnolóxicos sinxelos para transmitiren e transformaren o movemento, ademais de definirmos parámetros, como a presión, que permiten describir o comportamento dos fluídos e, polo tanto, de fenómenos atmosféricos, posibilitando así a interpretación dos mapas do tempo.

1.2 Coñecementos previos

- Expresións alxébricas e resolución de ecuacións de primeiro e segundo grao; representación gráfica dunha función polinómica sinxela.
- Entender o carácter relativo do movemento, así como a necesidade dun sistema de referencia e de vectores para describir axeitadamente ese movemento e saber aplicalo á representación de distintos tipos de desprazamento.
- Distinguir os conceptos de velocidade media e velocidade instantánea, xustificando a súa necesidade segundo o tipo de movemento. Entender, polo menos de xeito cualitativo, o concepto de aceleración como a variación da velocidade co tempo.
- Repasar o uso do teorema de Pitágoras na resolución de triángulos rectángulos.

1.3 Criterios de avaliación

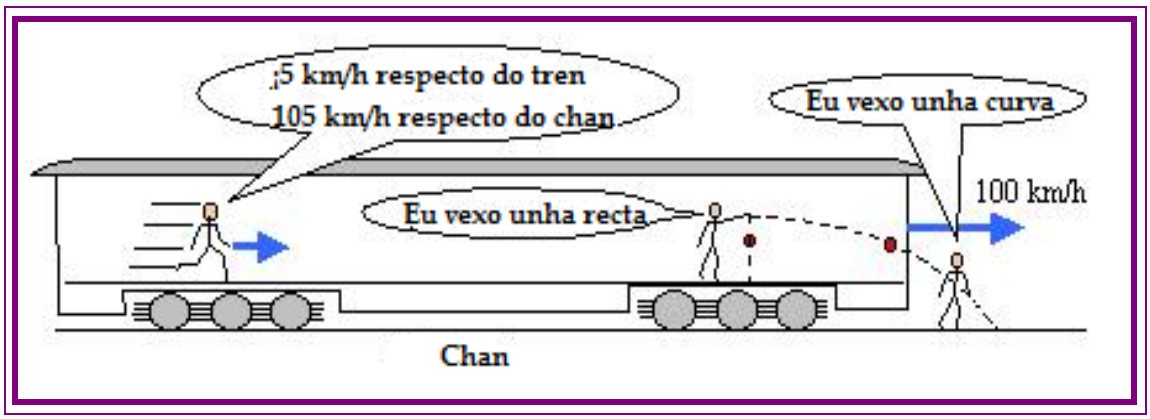
- Expresar correctamente as relacións matemáticas existentes entre as magnitudes que definen os movementos rectilíneos.
- Resolver problemas de movementos rectilíneos, utilizando unha representación esquemática coas magnitudes vectoriais implicadas, e expresar o resultado nas unidades do sistema internacional (S.I.).
- Elaborar e interpretar gráficas que relacionen as variables do movemento, a partir de experiencias de laboratorio ou de aplicacións virtuais interactivas, e relacionar os resultados obtidos coas ecuacións matemáticas que vinculan estas variables.
- Recoñecer o papel das forzas como causa dos cambios na velocidade dos corpos e das deformacións. Representar esas forzas vectorialmente.
- Utilizar o principio fundamental da dinámica na resolución de problemas nos que interveñen varias forzas.
- Valorar a relevancia histórica e científica que a lei da gravitación universal supuxo para a unificación das mecánicas terrestre e celeste e interpretar a súa expresión matemática.
- Comprender que a caída libre dos corpos e o movemento orbital son dúas manifestacións da lei da gravitación universal.
- Aplicar as leis de Newton para a interpretación de fenómenos cotiáns.
- Identificar operadores mecánicos de transformación e transmisión de movementos en máquinas e sistemas e empregalos para deseñar e montar sistemas mecánicos.
- Recoñecer que o efecto dunha forza non só depende da súa intensidade, senón tamén da superficie sobre a que actúa.
- Aplicar os coñecementos sobre a presión atmosférica á descrición de fenómenos meteorolóxicos e á interpretación de mapas do tempo, recoñecendo termos e símbolos específicos da meteoroloxía.

2. Secuencia de contidos e actividades

2.1 O movemento

Carlos, Xoán e Pedro collen un tren. Meditemos nas seguintes situacións: un dos tres amigos queda na plataforma da estación, os outros dous soben ao tren e sentan un en fronte do outro. Na estación soa a campá e o tren arrinca. Preguntámonos: o que vai sentado ve o seu compañeiro de en fronte en movemento? Como ve o compañeiro que quedou na plataforma? Se pensamos na situación do que quedou na plataforma, este ve os seus dous compañeiros en movemento a pesar de estaren sentados?

Aínda podemos ir máis lonxe nesta divagación. Que ocorre coa persoa que tes á túa beira na clase? A primeira ollada podemos asegurar que está quieta. Non obstante, tamén podemos afirmar que a Terra está en movemento e, como esa persoa está na Terra, estará, polo tanto, en movemento.



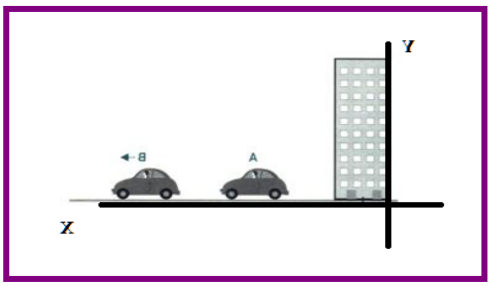
2.1.1 Sistema de referencia, a posición

Se temos en conta as situacións anteriores, vemos que describir un movemento dependerá de onde estea situado o observador. Polo tanto, o primeiro que teremos que fixar será a súa situación. Iso é o que chamamos fixar un sistema de referencia.

Sistema de referencia

Un sistema de referencia é un punto ou un obxecto fixo que utilizamos para determinar a posición dun corpo. Para simplificar o estudo do movemento supoñemos que o sistema de referencia está en repouso. No exemplo anterior tomamos como referencia o amigo que está na plataforma. Daquela, os dous compañeiros do tren están en movemento.

Na práctica, representaremos un sistema de referencia cun sistema de eixes X e Y, de maneira que nos permita indicar a dirección e o sentido no que se despraza un obxecto tendo en conta o signo do eixe.



Nesta figura o observador sitúase no edificio, o coche A está quieto e o B desprázase no sentido positivo do eixe X.

Actividade resolta

Supoñamos que o tren do noso exemplo anterior vai a 80 km/h, que un dos amigos que vai sentado érguese e camiña cara á cabeza do tren a 10 km/h. Se tomamos como observador o amigo que queda na plataforma: A) a que velocidade se move o tren? B) A que velocidade se move o amigo sentado? C) A que velocidade se move o amigo que camiña dentro do tren?

A) Ve que se afasta a 80 km/h.

B) Ve que se afasta a 80 km/h.

C) Aos 80 km/h do tren máis os 10 km/h aos que vai el. Polo tanto, a 90 km/h.

Actividades propostas

S1. Supoñamos que o tren do noso exemplo anterior segue afastándose a 80 km/h, e que o amigo que se levantou segue camiñando cara á cabeza do tren a 10 km/h. Se agora tomamos como observador o amigo que quedou sentado no tren: A) a que velocidade se move o tren? B) A que velocidade se move o amigo que camiña? C) A que velocidade se move o amigo que quedou na plataforma?

S2. Onde situaría un sistema de referencia para describir os seguintes movementos?

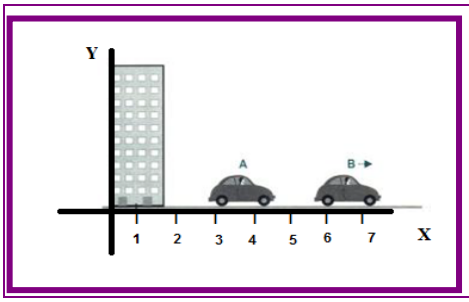
▪ O do Sol.	
▪ Un avión que vai de Vigo a Madrid.	
▪ Unha pedra que cae dun edificio.	

2.1.2 Posición, movemento, traxectoria, desprazamento, espazo percorrido

Agora xa podemos definir varios conceptos importantes para o estudo do movemento:

Posición

É o lugar que ocupa un obxecto no espazo con respecto a un sistema de referencia fixo. Matematicamente, expresarémolo dando a coordenada X se o obxecto se move sobre unha liña, as coordenadas X e Y se traballamos sobre o plano ou as tres coordenadas, X, Y e Z, se é no espazo.

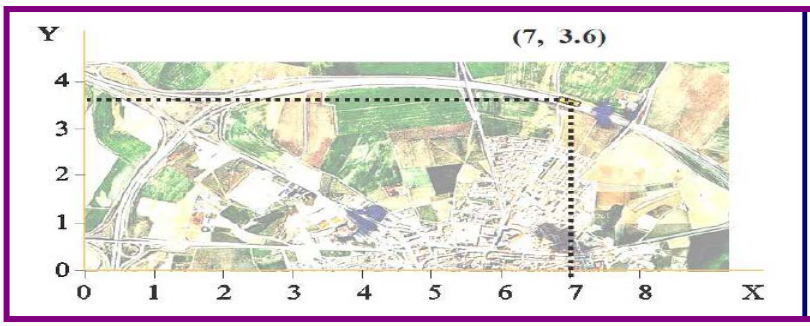


A posición do coche A é x = 3 e a do coche B é x = 6.

Sobre cada eixe é importante indicar as unidades que estamos manexando: metros, quilómetros etc.

Movemento

Diremos que un obxecto está en movemento se cambia a súa posición con respecto a un sistema de referencia fixado previamente.



- O móbil está na posición (7, 3.6)

Traxectoria

É a liña imaxinaria que une todos os puntos polos que pasa un móbil ao longo do seu movemento respecto dun sistema de referencia.

Segundo sexa a traxectoria que segue un móbil, hai dúas magnitudes que poden tomar diferentes valores. Son o espazo percorrido e o desprazamento.

Desprazamento: é a liña recta que une dous puntos calquera dunha traxectoria. Para determinar o desprazamento basta con calcular a diferenza entre as posicións A e B. Se S_A é a posición do punto A e S_B a do punto B, o desprazamento será:

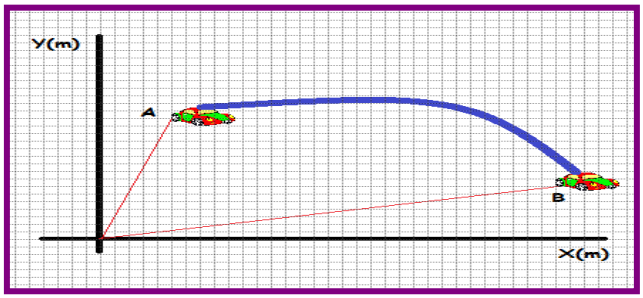
$$S = S_B - S_A$$

Espazo percorrido: refírese á lonxitude total da traxectoria percorrida.

Ambas as magnitudes coincidirán unicamente se a traxectoria é unha liña recta, o que chamaremos movemento rectilíneo.

Actividades propostas

S3. No esquema da figura represéntase en liña azul a traxectoria seguida por un móbil. Se cada cuadrícula é un metro de lonxitude, determina a distancia percorrida e o desprazamento do coche.



2.1.3 A velocidade

Definimos a velocidade como a relación que existe entre o espazo percorrido e o tempo que se empregou para percorrelo.

Con todo, ao longo dunha traxectoria un móbil non sempre ten que percorrer o mesmo espazo na mesma cantidade de tempo, mesmo pode parar. Por iso, debemos distinguir entre dous tipos de magnitudes que nos permiten medir a velocidade dun móbil.

Velocidade media: é a relación entre o desprazamento do móbil e o tempo total empregado en facer ese desprazamento. Este tempo debe incluír absolutamente todo, mesmo se o móbil estivo parado.

$$V_{media} = \frac{S - S_0}{t - t_0}$$

Sendo *S* a distancia da posición final do móbil e S_o a distancia da posición inicial. En canto aos tempos, *t* é o tempo total empregado en chegar á posición final e t_o o tempo inicial que marcaba o cronómetro. Xeralmente, a orixe de tempos tómase en $t_o = 0$.

Velocidade instantánea: é a velocidade que ten o móbil en cada punto da súa traxectoria. Para un coche, sería a velocidade que marca o velocímetro en cada instante. Matematicamente é máis difícil de expresar, xa que teriamos que tomar os puntos *S* e S_o o máis próximos posibles, canto máis preto estean o un do outro, máis nos achegaremos ao valor real da velocidade instantánea. Pero iso require que *t* estea moi próximo a t_o. Na práctica supón activar e desactivar o cronómetro inmediatamente, o que provocaría moita imprecisión na medida**.**

Unidades: vemos que a velocidade é o espazo dividido entre o tempo, polo que temos unidades de lonxitude divididas por unidades de tempo. No sistema internacional de unidades, a lonxitude mídese en metros (m) e o tempo en segundos (s), así que a velocidade terá unidades de metro dividido entre segundos m/s.

Así e todo, é frecuente que a velocidade se exprese en quilómetros por hora, como ocorre, por exemplo, nos velocímetros dos coches. É importante, xa que logo, realizar o cambio de unidades cando sexa preciso. Vexamos un exemplo.

- Pasar 90 km/h a m/s.

$$90\frac{km}{h} = 90\frac{km}{h} \cdot \frac{1.000m}{1km} \cdot \frac{1h}{3600s} = 25\frac{m}{s}$$

Así que, un coche que vai a 90 km/h percorre 25 m nun só segundo.

- Unha persoa de 1,6 m de altura pode acadar andando os 1,5 m/s. Que velocidade terá en km/h?

$$1{,}5\frac{m}{s} = 1{,}5\frac{m}{s} \cdot \frac{1km}{1000m} \cdot \frac{3600s}{1h} = 5{,}4\frac{km}{h}$$

Actividade resolta

Un autobús realiza o traxecto Santiago-Ourense. Á metade do camiño, á altura de Lalín, realiza unha parada. Os tempos e as distancias percorridas recóllense na seguinte táboa:

Posición (km)	0	60	60	100
Tempo (hora)	11:00	12:00	12:15	13:00

– Calcule a velocidade media de toda a viaxe.

Solución	▪ A distancia total percorrida é de 100 km. O autobús ten saído ás 11:00 e chegado ás 13:00, polo tanto, a viaxe durou 2 horas. ▪ Percorreu un total de 100 km, xa que logo: $$V_{media} = \frac{S - S_0}{t - t_0} = \frac{100}{2} = 50\frac{km}{h}$$

– Calcule a velocidade media do autobús, só cando estivo en movemento.

Solución	▪ Temos que os primeiros 60 km foron feitos nunha hora. Para 15 minutos e percorre os derradeiros 40 km en tres cuartos de hora, polo que percorreu 100 km nunha hora e tres cuartos (1.75 h). $$V_{media} = \frac{S - S_0}{t - t_0} = \frac{100}{1{,}75} = 57{,}14\frac{km}{h}$$

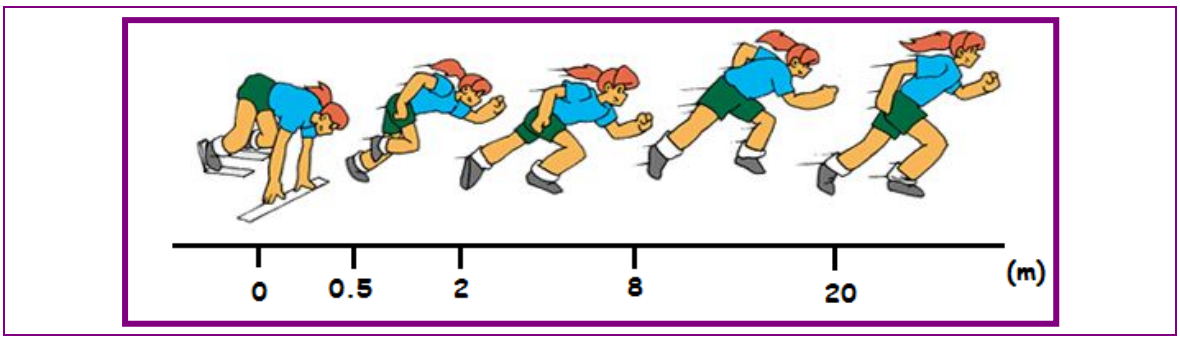
2.1.4 A aceleración

Se observamos unha carreira de 100 metros lisos e somos capaces de facer unha foto cada segundo, poderiamos ver que para cada intervalo a distancia percorrida é maior, é dicir, a velocidade do corredor vai aumentando progresivamente. Ao final do percorrido alcanza unha velocidade máis ou menos fixa ou constante e xusto cando atravesa a liña de meta diminúe ata parar de novo, a súa velocidade vai variando continuamente.

Aceleración media: é a relación entre a variación da velocidade dun móbil e o tempo total empregado en facer esa variación.

$$a_{media} = \frac{v - v_0}{t - t_0}$$

Sendo v a velocidade do móbil nun instante t e v_o a súa velocidade no instante inicial. En canto aos tempos, t é o tempo total empregado en chegar á posición final e t_o o tempo inicial que marcaba o cronómetro. Xeralmente, a orixe de tempos tómase en $t_o = 0$.



Aceleración instantánea: nun principio estudaremos situacións onde a velocidade aumenta ou diminúe de forma uniforme. Daquela, nas situacións reais esta variación pode ser diferente. Por exemplo, a aceleración dun coche dependerá do que afundamos o pedal do acelerador, ou sexa, para cada instante podemos ter unha aceleración diferente. Do mesmo xeito que coa velocidade instantánea, para ter datos tomariamos intervalos de tempo moi pequenos facendo que *t* estea moi próximo de t_o, o que provocaría grande imprecisión na medida, do mesmo xeito que na velocidade.

Unidades: vemos que a aceleración é a variación da velocidade dividida entre o tempo, xa que logo, teremos unidades de lonxitude divididas entre unidades de tempo e de novo divididas entre o tempo. Xa vimos que no sistema internacional de unidades a velocidade mídese en metros por segundo (m/s), así que a aceleración terá unidades de metro por segundo dividido entre segundos, m/s^2.

Actividades resoltas

As características técnicas do BMW 335i indican que acelera de 0 a 100 km/h en 5,5 s, cal será a súa aceleración media?

Solución	▪ Fíxese que neste caso a velocidade está aumentando de 0 km/h ata 100 km/h e faino nun intervalo de tempo de 5,5 s. ▪ Teñan coidado coas unidades, a velocidade está en km/h e o tempo en segundos. Así que, pasamos 100 km/h = 27,8 m/s. $$a_{media} = \frac{27{,}8 - 0}{5} = 5{,}5\frac{m}{s^2}$$

Lanzamos un frecha cara a arriba cunha velocidade inicial de 49 m/s e vemos que, de alí a pouco, perde velocidade ata pasaren 5 segundos. Entón detense no punto máis alto e comeza a baixar. Cal será a aceleración media que fai diminuír a súa velocidade ata parar?

Solución	▪ A velocidade inicial é de 45 m/s e a final de 0 m/s, xa que para. O tempo que ten transcorrido é de 5 segundos, logo: $$a_{media} = \frac{0 - 49}{5} = 9{,}8\frac{m}{s^2}$$

Vemos que, neste caso, a aceleración saíunos negativa, así que, cando un obxecto se detén ao diminuír a súa velocidade, a aceleración é negativa. De forma xeral:

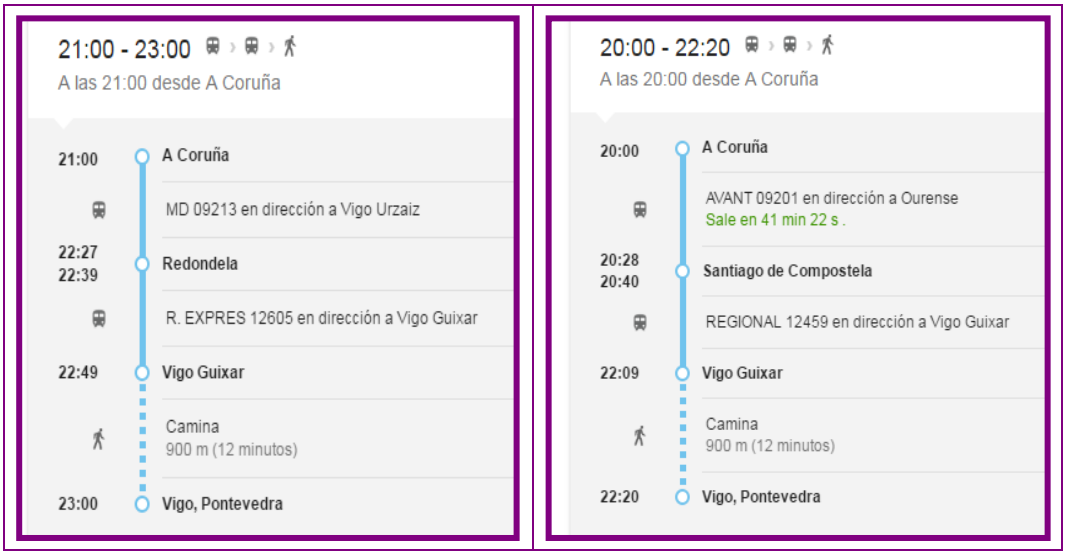
- Se a > 0, aumenta a velocidade.
- Se a = 0, a velocidade é constante, non varía.
- Se a < 0, a velocidade diminúe.

Actividades propostas

S4. Dous trens realizan o percorrido da Coruña a Vigo cos horarios que aparecen nas táboas. Distancia entre A Coruña e Redondela: 139 km, entre A Coruña e Santiago: 67,5 km, entre Santiago e Vigo-Guixar: 81,5 km e entre Redondela Vigo- Guixar 10 km

a) Calcule a velocidade media en km/h de cada un dos percorridos, contando tamén o tramo a pé.

b) Calcule a velocidade media en km/h de cada un dos trens, sen contar o tramo a pé e sen contar o tempo que estiveron detidos.



2.2 Movementos rectilíneos uniformes e uniformemente acelerados

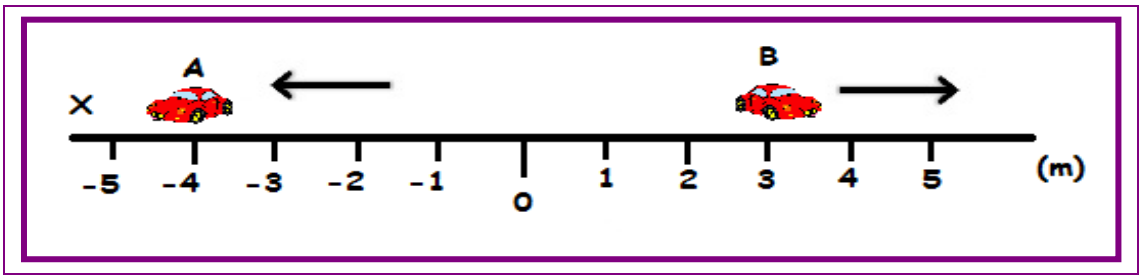
Xa temos os parámetros necesarios para analizar os diferentes tipos de movementos. Teremos que lembrar que, para iso, o primeiro que debemos situar é o noso sistema de referencia para fixar as posicións. A partir de aí dilucidaremos de que tipo de movemento se trata e aplicaremos as correspondentes ecuacións.

2.2.1 Movemento rectilíneo e uniforme. MRU

Imos analizar esas tres palabras: movemento, rectilíneo e uniforme.

Movemento: xa o definimos. Implica un cambio de posición do móbil respecto do noso sistema de referencia.

Rectilíneo: indica que o movemento se realiza sobre unha liña recta, é dicir, que é nunha soa dimensión. Isto facilítanos a tarefa de fixar un sistema de referencia; en lugar de ter que fixar un sistema de eixes X, Y, bastará con fixar a orixe sobre o eixe X, neste caso, se o móbil está cara á dereita, a súa posición será positiva e se está cara á esquerda, tomarémola negativa.



Na figura, o coche A atópase na posición x = - 4 m e o coche B na x = 5 m. Desta forma, o espazo S podémolo substituír pola posición X.

Uniforme: quere dicir que o movemento non varía, que é sempre da mesma maneira. Neste caso indica que a velocidade vai ser sempre a mesma, non hai aceleración.

Ecuacións do MRU

Definíramos a velocidade media como:

$$V_{media} = \frac{S - S_0}{t - t_0}$$

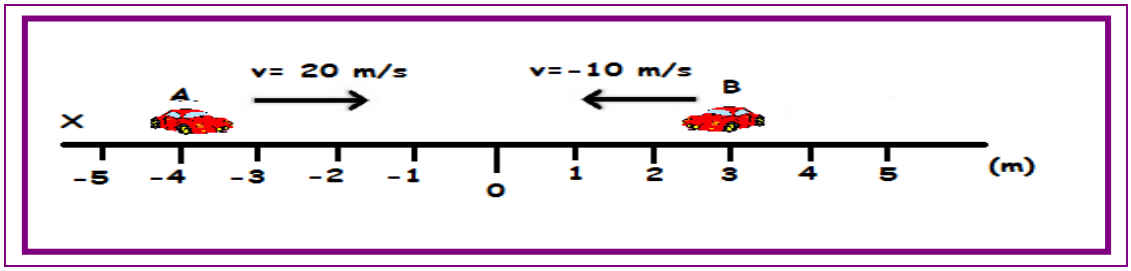
Como o movemento é rectilíneo, podemos cambiar as letras S polas X:

$$V_{media} = \frac{X - X_0}{t - t_0}$$

Onde X é a posición do móbil en calquera instante t e X_o a posición inicial do móbil no instante inicial t_o, que tomaremos como $t_o = 0$. Como a velocidade é a mesma en todo o percorrido, non é preciso que lle chamemos velocidade media. Desta maneira temos:

$$V_{media} = \frac{X - X_0}{t - t_0} \quad \text{despexando a posición X,} \quad X = X_0 + v.t$$

Criterio de signos: temos que ter coidado co signo que lle damos a cada magnitude. Xa temos visto que as posicións á esquerda do observador sobre o eixe X serán negativas. O mesmo faremos coa velocidade. Se a velocidade se dirixe cara á dereita do observador, tomarémola positiva e se é cara á esquerda, tomarémola negativa.



Nesta figura o coche A está na posición X = -4 m e vai con velocidade de v = 20 m/s cara á dereita, xa que logo, é positiva. O coche B atópase en x = 3 m e cunha velocidade v = -10 m/s negativa, xa que se dirixe cara á esquerda, vai cara ao observador situado no punto X = 0.

Actividade resolta

Un ciclista pasa pola posición X_1 = 100 m cando t = 0 s, e pola X_2 = 300 m cando t = 25 s. Supoñendo que vai sempre coa mesma velocidade, calcule o seu valor e o instante no que pasará pola posición X = 1.000 m.

- En primeiro lugar determinamos a velocidade que leva o ciclista:

$$V_{media} = \frac{X_2 - X_1}{t} \qquad v = \frac{300-100}{25} = 8\frac{m}{s}$$

- Ademais, o ciclista afástase do observador en sentido positivo, así que a velocidade é positiva.
- Como xa sabemos a velocidade, podemos ter a posición para calquera instante, tomando $X_0 = X_1 = 100$ m.

$$X = X_0 + v.t \qquad 1000 = 100 + 8 \cdot t$$

de onde despexamos que t = 112.5 s.

Actividade resolta

Un ciclista pasa pola posición X_1 = 1.000 m cando t = 0 s, e pola X_2 = 800 m cando t = 25 s. Supoñendo que vai sempre coa mesma velocidade, calcule o seu valor e o instante no que chega onde se atopa o observador X = 0 m.

- Igual que na actividade anterior, en primeiro lugar determinamos a velocidade que leva o ciclista:

$$V_{media} = \frac{X_2 - X_1}{t} \qquad v = \frac{800-1000}{25} = -8\frac{m}{s}$$

- Neste caso o ciclista achégase ao observador en sentido negativo, así que a velocidade é negativa.
- Como sabemos, na velocidade podemos ter a posición para calquera instante, tomando Xo = X1 = 1000 m.

$$X = X_0 + v.t \qquad 0 = 1000 - 8 \cdot t$$

de onde despexamos que t = 125 s.

Gráficas “posición fronte ao tempo” e “velocidade fronte ao tempo” nun MRU

Lembremos que en matemáticas representabamos as funcións lineais do tipo y = ax + b sobre uns eixes coordenados X, Y. A función que nos dá a posición fronte ao tempo para un MRU é do mesmo tipo, basta cambiar o *y* pola posición X e o *x* polo tempo *t,* que neste caso será a variable independente que vai tomando diferentes valores no transcurso do tempo.

Actividade resolta

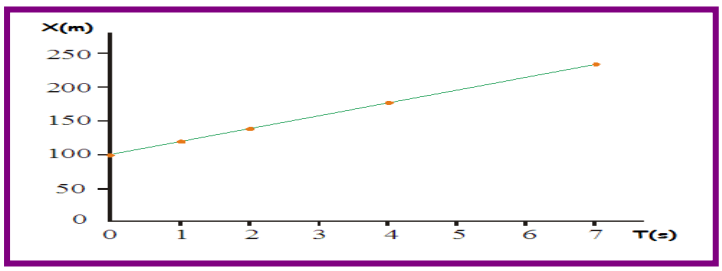
Un móbil está no instante inicial na posición 100 m. Móvese cunha velocidade uniforme de 20 m/s. Debuxe a súa gráfica posición/tempo (gráfica X/t).

Escribimos primeiro a ecuación do movemento e a continuación a táboa de datos X/t, dámoslle valores ao tempo e calculamos X.

$$X = X_0 + v.t$$
$$X = 100 + 20 \cdot t$$

T(s)	0	1	2	4	7
X(m)	100	120	140	180	240

Representando estes resultados nun sistema de eixes X, t:



Observe que a gráfica é unha liña recta inclinada cara a arriba. Terá maior inclinación canto maior sexa a súa velocidade e, se a velocidade fose negativa, o móbil vén cara a nós, entón a súa inclinación sería cara a abaixo.

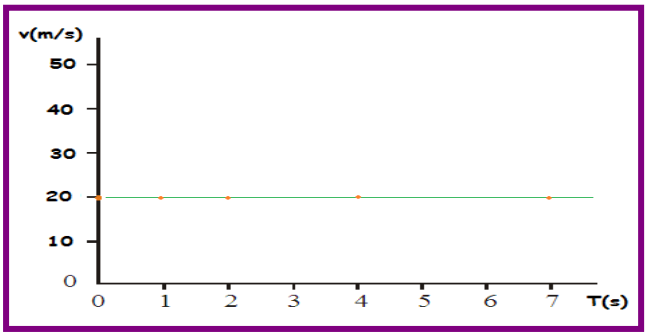
Actividade resolta

Para o exemplo anterior, trace a gráfica de velocidade fronte ao tempo.

Por tratarse dun MRU a velocidade do móbil será sempre a mesma, sexa cal for o instante no que a medimos, neste caso 20 m/s.

T(s)	0	1	2	4	7
v(m/s)	20	20	20	20	20

Representando estes valores:



Nun MRU a gráfica velocidade fronte ao tempo sempre será unha recta completamente horizontal.

Actividade resolta

Un móbil A parte da posición inicial X_0 = 100 m e móvese a 20 m/s; outro móbil B parte da orixe (X_0 = 0) e leva unha velocidade constante de 40 m/s. Trace a gráfica s/t de ambos os corpos nos mesmos eixes de coordenadas.

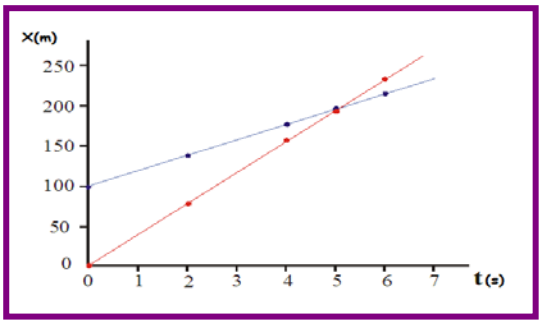
Solución: facemos as táboas de datos posición/tempo dos dous móbiles:

- O móbil A: ecuación do movemento $X = 100 + 20 \cdot t$.

T(s)	0	2	4	5	6
X(m)	100	140	180	200	220

- O móbil B: ecuación do movemento $X = 0 + 40 \cdot t$.

T(s)	0	2	4	5	6
X(m)	0	80	160	200	240



Observacións sobre a gráfica e os movementos representados:

- a) A liña recta vermella corresponde ao móbil con maior velocidade.
- b) O punto de corte das dúas rectas indícanos a posición e o tempo en que B alcanza A.
- c) O móbil B sae desde a orixe perseguindo o móbil A, que sae desde a posición 100 m; despois de 5 s, B vai por diante de A.

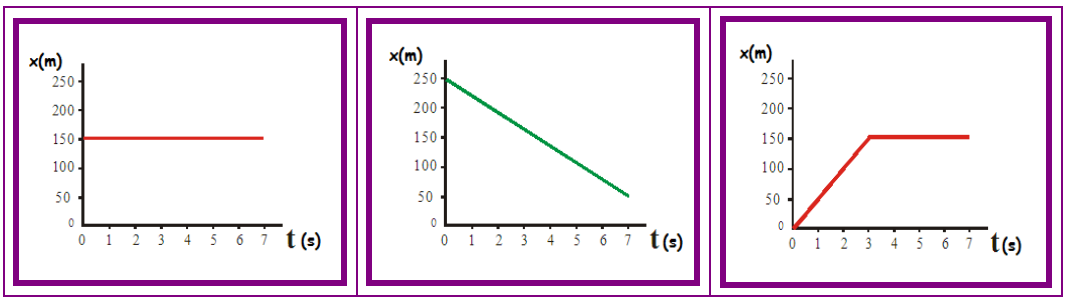
Actividades propostas

S5. Unha persoa camiñando rápido pode chegar a percorrer 6 quilómetros nunha hora. Cal é a súa velocidade? Canto tardará en percorrer 18 km? Que espazo percorrerá nunha hora e media?

S6. Unha das unidades de lonxitude que se utiliza para medir distancias a nivel do cosmos é o ano luz, definido como a distancia que percorre a luz nun ano. Se sabemos que a velocidade da luz é de 300.000 km/s, determine a que distancia en quilómetros corresponde.

S7. Un móbil A parte da posición inicial X_o = 100 m e móvese cara á orixe de coordenadas a 20 m/s; outro móbil B parte da orixe (X_o = 0) e leva unha velocidade constante de 40 m/s. Ache o punto onde se atopan e o tempo que lles leva. Represente as gráficas posición fronte ao tempo de cada móbil, sobre o mesmo sistema e sinale o punto onde se atopan.

S8. Interprete o movemento que se reproduce nas seguintes gráficas:



S9. Canto tempo tardará un coche en percorrer os 100 km que separan as cidades A e C se parte desde unha cidade intermedia B, situada a 20 km de A, e circula a unha velocidade de 72 km/h?

2.2.2 Movemento rectilíneo e uniformemente acelerado. MRUA

Xa analizamos que é movemento, que é rectilíneo, agora só falta que quere dicir que sexa uniformemente acelerado. Evidentemente, que sexa acelerado indica que hai un cambio na velocidade do móbil, pero asemade dicimos que é un cambio uniforme, de maneira continua, sen dar saltos. Isto implica que a aceleración vai ter sempre o mesmo valor, é dicir, a aceleración será constante.

Ecuación da velocidade

A aceleración media para este movemento será:

$$a_{media} = \frac{v - v_0}{t - t_0}$$

Onde v é a velocidade para calquera instante t, v_o a velocidade inicial no instante inicial t_o, que tomaremos como a orixe de tempos $t_o = 0$. Ademais, como a aceleración vale o mesmo en todo o movemento, xa non será necesario chamala aceleración media, logo:

$$a = \frac{v - v_0}{t}$$ despexando a velocidade $$v = v_0 + a \cdot t$$

Ecuación da posición

Como indicamos, a velocidade neste movemento varía de forma uniforme, co que podemos calcular a velocidade media como a media aritmética entre a velocidade final e a velocidade inicial:

$$v_{media} = \frac{v + v_0}{2}$$ e ademais, para a velocidade media tiñamos: $$v_{media} = \frac{X - X_0}{t}$$

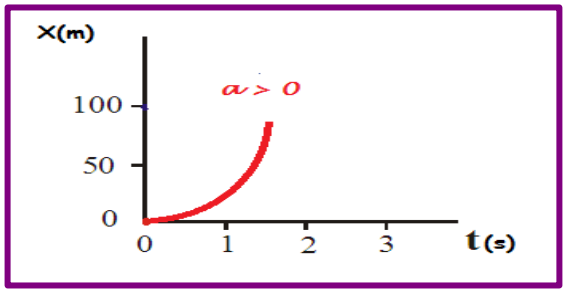
Se combinamos a ecuación da velocidade con estas dúas ecuacións e despexamos a posición X, teremos:

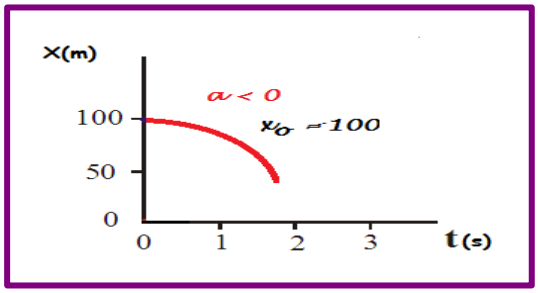
$$X = X_0 + v_0 \cdot t + \frac{1}{2} a \cdot t^2$$

Ecuación que nos dá a posición do móbil, X, para calquera instante de tempo t coñecendo a súa posición inicial X_o, a súa velocidade inicial v_o e a súa aceleración. Ao aplicala, teremos moito coidado co criterio de signos. Tanto a velocidade como a aceleración tomarémolas negativas se se dirixen cara ao observado e positivas se se afastan del.

Gráficas espazo tempo X/t e velocidade tempo v/t para o MRUA.

<u>Gráfica espazo tempo</u>: a fórmula que nos dá o espazo en función do tempo no MRUA é unha función cuadrática do tempo, da forma matemática $y = ax^2 + bx + c$. No noso caso, *y* é o espazo X, en tanto que o tempo *t* será a variable independente a *x*. Xa que logo, a representación do espazo en función do tempo para este movemento ten que darnos unha parábola. Aquí só a rama positiva, xa que non existen valores negativos do tempo. Esta rama irá cara a arriba se a aceleración, *a*, é positiva e cara a abaixo no caso contrario.





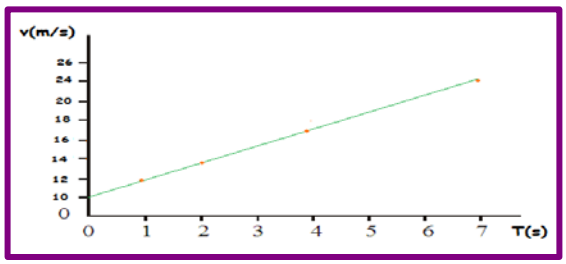
<u>Gráfica velocidade tempo</u>: a fórmula que temos agora é $v = v_0 + a \cdot t$, esta é unha función do tipo lineal como a que xa vimos, y = ax + b, neste caso, v fai o papel de y, e o tempo de novo é a variable independente, facendo o papel de x. Podemos representala dando valores a t, por exemplo:

Exemplo: un coche ten unha velocidade inicial de 36 km/h, acelera con a = 2 m/s^2. Represente o aumento da velocidade durante os primeiros 7 segundos.

Lembre que temos que poñer as unidades, conforme ao sistema internacional, en metros e segundos, daquela 36 km/h son 10 m/s. Neste caso, a nosa ecuación de velocidade queda:

$v = v_0 + a \cdot t$ $\qquad$ $v = 10 + 2 \cdot t$ $\qquad$ dando valores ao tempo:

Tempo t(s)	1	2	4	7
Velocidade v(m/s)	12	14	18	24



Observacións:

- A gráfica é unha liña recta.
- Corta o eixe de velocidades na velocidade inicial 10 m/s.
- A inclinación da recta depende da aceleración, a, sendo cara a arriba se é positiva e cara a abaixo no caso contrario.

Caída de graves: Movemento en caída libre

Chamamos movemento en caída libre á circunstancia que se dá cando un obxecto próximo á Terra é atraído por efecto da forza de gravidade cara ao centro da mesma. O efecto da forza de gravidade imprime aos obxectos unha aceleración que depende da masa do obxecto que a produza. No caso da Terra, esta toma un valor medio de 9,8 m/s^2 que normalmente se denota coa letra *g*. No caso da Lúa, cunha masa moito menor, g = 1,6 m/s^2.

Así pois, un obxecto que se move en caída libre está sometido a un movemento do tipo MRUA con aceleración igual á da gravidade, g = 9,8 m/s^2. Nestes casos, temos que ter coidado onde situamos o observador. Vexamos un exemplo:

Actividade resolta

Deixamos caer unha pedra desde un edificio de 25 m de altura. Determine o tempo que tarda en caer e a velocidade coa que chega ao chan.

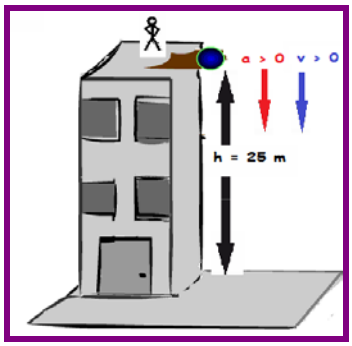
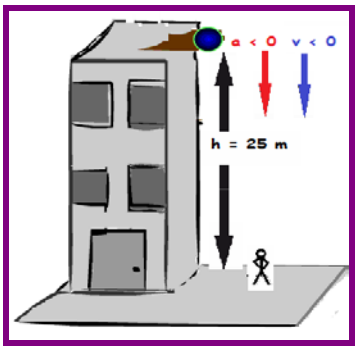
Nestes casos, en lugar da distancia X temos altura h. Ademais, se o obxecto se deixa caer, entón $v_o = 0$. Así, as ecuacións podémolas escribir con g = 9,8 m/s^2.

$$X = X_0 + v_0 \cdot t + \frac{1}{2} a \cdot t^2 \qquad \text{queda} \qquad h = h_o + \frac{1}{2} 9{,}8 \cdot t^2$$

E para a velocidade:

$$v = v_0 + a \cdot t \qquad \text{queda} \qquad v = 0 + 9{,}8 \cdot t$$

Agora temos que situar o observador:

	
Situamos o observador na parte de arriba, ve como o obxecto se afasta. A velocidade e a aceleración son positivas. O espazo inicial é cero, $h_0 = 0$, e o espazo percorrido é de h = 25 m.	Situamos o observador na parte de abaixo, ve como o obxecto se achega. A velocidade e a aceleración son negativas. O espazo inicial é $h_0 = 25$ m e o espazo percorrido é de h = 0 m, xa que chega onde está el.

Escollamos o caso no que o observador está na parte baixa, temos:

$$0 = 25 - \frac{1}{2} 9{,}8 \cdot t^2 \qquad \text{de aquí tiramos que} \qquad t = \sqrt{\frac{25 \cdot 2}{9{,}8}} = 2{,}26 s$$

$$\text{Polo tanto,} \qquad v = 0 - 9{,}8 \cdot t \qquad \text{quédanos} \qquad v = -9{,}8 \cdot 2{,}26 = -22{,}15 \frac{m}{s}$$

É negativa, polo que se achega ao observador. Fíxese que, se pasamos a km/h esta cantidade, dános 79,7 km/h, así que calquera corpo que caia desde unha altura de 25 m alcanzará unha velocidade de aproximadamente 80 km/h, independentemente de cal sexa a súa masa, porque, como xa se observou, en ningún punto tivemos en conta a masa do obxecto que cae.

Actividade resolta

Cálculo da distancia de freada: un automóbil desprázase a 108 km/h. De súpeto, o condutor ve un obstáculo e tarda 3/4 de segundo en pisar o freo, que imprime unha aceleración de freada de 6 m/s^2. Determine a distancia de seguridade que debería deixar un condutor nunha situación semellante.

Durante os 3/4 de s (= 0,75 s) o coche vai con MRU a v = 108 km/h = 30 m/s e, polo tanto, percorre unha distancia de $X = X_o + v \cdot t$ que será $X = 30 \cdot 0{,}75 = 22{,}5$ m.

Pisa o freo e pasa de 30 m/s a 0 cunha a = -6 m/s^2. Da ecuación de velocidade podemos obter o tempo:

$v = v_0 + a \cdot t$ queda $0 = 30 - 6 \cdot t$ polo tanto, t= 5 s.

Aplicando a ecuación do espazo:

$X = X_0 + v_0 \cdot t + \frac{1}{2} a \cdot t^2$ queda $X = 22{,}5 + 30 \cdot 5 - \frac{1}{2} 6 \cdot 5^2 = 97{,}5m$

Sempre teríamos que ter en conta o estado do firme e dos pneumáticos, pero a 100 km/h, débese deixar polo menos unha distancia de 100 m.

Actividade práctica

Proponse que utilice as ecuacións que aprendemos nesta unidade para determinar a profundidade dun pozo soltando unha pedra. Para iso, ten que cronometrar o tempo transcorrido desde que deixa caer unha pedra ata que oe o son. Así que terá que usar a ecuación de baixada en caída libre da pedra e, a continuación, ter en conta a subida do son a 340 m/s con movemento MRU. Proponse que realice a experiencia deixando caer cinco pedras diferentes e que analice os resultados obtidos.

Pode ver un vídeo explicativo en:

https://www.youtube.com/watch?v=9vCKXcY2jX4

Actividades propostas

S10. Un coche circula a unha velocidade de 60 km/h durante 1 hora e 15 minutos. Despois para durante 5 minutos e despois regresa cara ao punto de partida a unha velocidade de 10 m/s durante 45 minutos. Calcular: a) a posición final; b) a distancia total percorrida; c) a velocidade media.

S11. Cal é a aceleración de freada dunha motorista que circula a 90 km/h e detén a moto en 15 s? Canto mide o espazo percorrido nese intre?

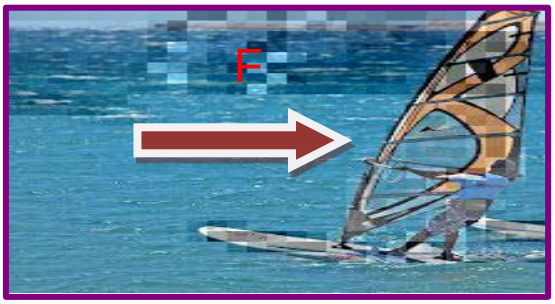
S12. Un obxecto cae desde una fiestra e tarda 4 s en chegar ao chan. Calcule a velocidade coa que choca no chan e a altura desde a que caeu.

S13. Manuel e María acordan saír en bicicleta ás 9 da mañá de dúas vilas, A e B, distantes 120 km, coa intención de se atoparen no camiño. Se as velocidades dos dous son 25 km/h e 35 km/h respectivamente, calcule: a) a que hora se atoparán os dous ciclistas?; b) a que distancia da vila A se produce o encontro?

2.3 As forzas

A forza é o resultado da interacción entre dous corpos que pode producir deformación e movemento ou cambio no seu estado de movemento.

Aplicamos unha forza para producir deformación, non hai cambio no movemento.



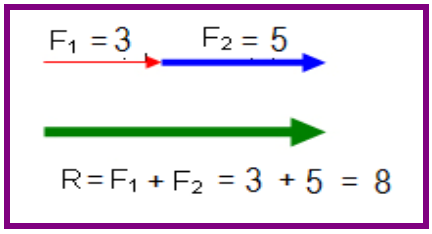
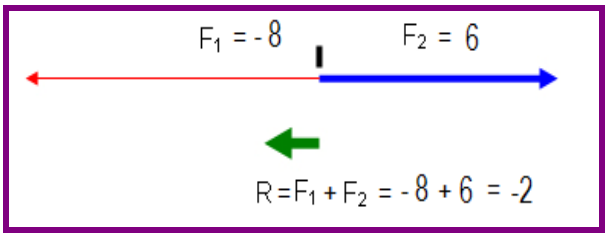
O vento produce unha forza capaz de modificar o estado de movemento dun corpo.

A parte da física que se encarga do estudo da forza e dos seus efectos denomínase *dinámica*.

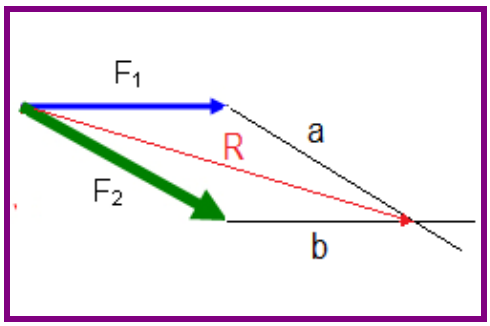
Composición de forzas

Cando falamos dunha forza non chega con indicar o seu valor. Está claro que unha forza non produce o mesmo efecto cando se aplica nunha dirección ou noutra. É por iso que nos referimos ás forzas como magnitudes vectoriais. Temos que indicar o seu valor, a dirección na que se aplica e o seu sentido.

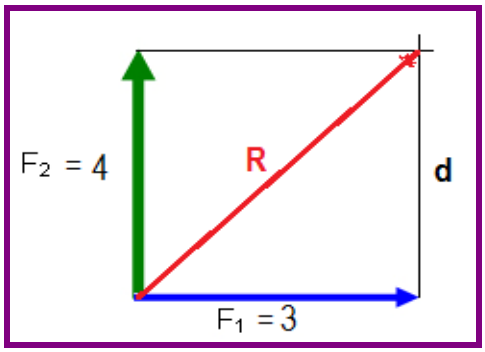
O principio de superposición indica que, se varias forzas se aplican sobre un punto, o efecto que producen é igual ao dunha soa forza resultado da suma de todas. A esta forza chámaselle *forza resultante*. O problema é que esa suma terá que ser sempre unha suma vectorial. Vexamos como se fan estas sumas nos casos máis simples:

Forzas paralelas e do mesmo sentido	Forzas paralelas e en sentidos contrarios
	
A forza resultante é a suma das dúas.	A forza que vai cara á esquerda tomarémola como negativa. A forza resultante será a suma de ambas.

No caso de que as forzas non sexan paralelas, achar a resultante complícasenos. Matematicamente teremos que usar a trigonometría para obtermos as proxeccións das forzas, pero isto non é o obxecto deste curso. Sempre poderemos empregar procedementos gráficos para obter a resultante. Un método moi empregado é o do paralelogramo:

	Calculamos a suma de F_1 e F_2 aplicadas sobre un mesmo corpo en distintas direccións: 1.- Trazamos a recta "a" paralela a F_2 e con orixe no extremo de F_1. 2.- Trazamos a recta "b" paralela a F_1 e con orixe no extremo de F_2. 3.- O punto onde "*intersectan*" as rectas a e b dános o extremo do vector resultante R.

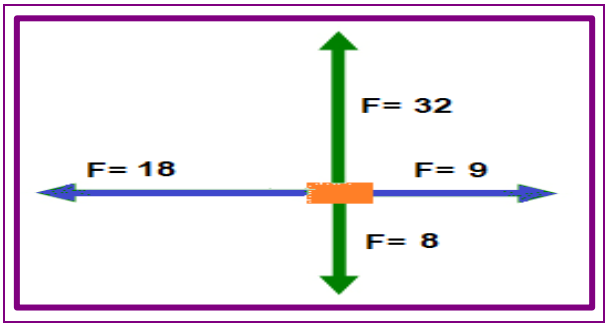
Un caso particular onde o podemos aplicar, gráfica e analiticamente, é o que se dá cando as forzas forman entre si 90º, é dicir, cando son perpendiculares, circunstancia que sucede habitualmente en situacións cotiás:

	Se aplicamos a regra do paralelogramo, vemos que a resultante R é igual á hipotenusa do triángulo rectángulo que forma a forza F_1 e o lado **d**. Ademais, este lado **d** é igual á forza $F_2 = 4$, polo tanto, podemos determinar o valor de R aplicando o teorema de Pitágoras a este triángulo. $R^2 = 4^2 + 3^2$ $R = \sqrt{4^2 + 3^2} = 5$

Actividades propostas

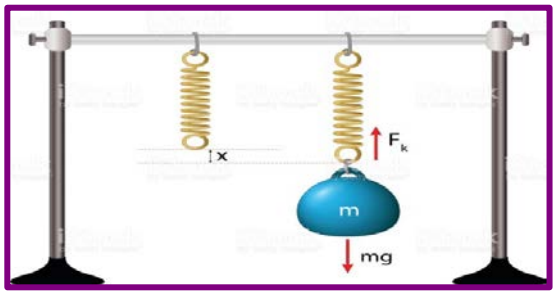
S14. Tiramos cara a arriba dun corpo cunha forza de 8 e cara á dereita cunha forza de 15. Debuxe un esquema da situación indicando a dirección da forza resultante e calcule o seu valor.

S15. Determine graficamente a resultante de todas as forzas aplicadas sobre o obxecto da figura. Calcule o seu valor numérico.



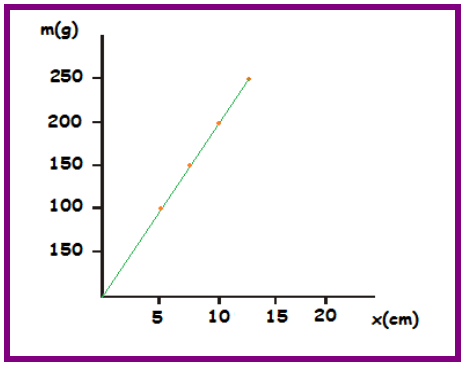
2.3.1 A deformación. Lei de Hooke

Fíxese no resorte da figura. Vemos que, canto maior sexa a masa que colguemos do seu extremo, maior será a lonxitude do resorte que se estira. No laboratorio podemos facer este sinxelo experimento colgando diversas masas e medindo a lonxitude do resorte. É o que chamamos elongación. Para un resorte determinado atopamos os seguintes datos da táboa:



Masas (g)	Elongación (cm)
100	5
150	7.5
200	10
250	12.5

O seguinte paso do noso experimento será representar os resultados obtidos nun diagrama masa fronte a elongación.



Observacións:

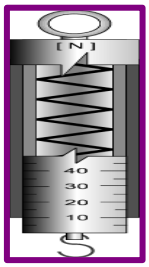
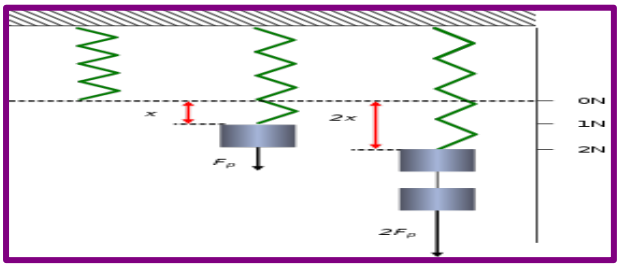
- Vemos que é unha liña recta, gráfica lineal do tipo $y = a \cdot x + b$ no noso caso $m = a \cdot x + b$.
- Ademais, pasa pola orixe de coordenadas, logo, $b = 0$, a masa e a elongación son directamente proporcionais.
- De maneira xeral, a masa representa a forza coa que tiramos do resorte, así que $m = a \cdot x$ podemos poñela como:

$$F = K \cdot X$$

Esta fórmula establece a lei de Hooke: o alongamento dun resorte é directamente proporcional á forza que se lle aplique.

A constante K é característica para cada resorte dependendo de como se fabrique. Chamámola constante elástica do resorte.

Unha aplicación directa desta propiedade dos resortes é un aparello que serve para medir a forza. Este aparello chámase “dinamómetro” e consiste simplemente nun resorte ao que se lle determina a constante elástica K e que se gradúa dependendo do que se estire.

	
DINAMÓMETRO	Gradúase dependendo do que se estire, segundo a súa constante K previamente determinada.

A lei de Hooke é aplicable a calquera corpo que sufra deformación dentro do seu límite elástico, é dicir, a condición de que, ao sufrir unha deformación, retorne á súa posición de equilibrio unha vez que a forza deixa de actuar. É o caso dunha goma, por exemplo.

Actividade práctica

Determinación experimental da constante elástica dun resorte.

É probable que no seu laboratorio dispoña dos elementos necesarios para facer unha montaxe como a da figura. Mida con exactitude a lonxitude inicial do resorte x_o e despois terá que medir as lonxitudes de elongación ao colocar distintas masas que previamente teñamos pesadas. Anote os resultados nunha táboa e represénteos nunha gráfica de masa fronte lonxitude, probablemente non saia unha liña recta exacta, pero trate de debuxar unha recta que quede o máis preto posible de todos os puntos e que pase pola orixe.

Lonxitude $x - x_0$				
Masa (g)				

Pode calcular a inclinación medindo o ángulo que fai a recta respecto da horizontal e obter o valor da constante elástica do resorte calculando a tanxente do ángulo cunha calculadora. Comprobe o resultado pesando outras masas diferentes. Tamén pode calcular a inclinación da recta usando a expresión matemática da recta e despexala.

2.3.2 Forzas que producen movemento. Leis de Newton

Como xa mencionamos, unha forza pode facer que un obxecto modifique a súa forma ou a súa velocidade, é dicir, venza a súa inercia (inercia é a tendencia que teñen os corpos a conservaren o seu estado de movemento) ou se poña en movemento se estaba inmóbil. Imos analizar agora como se produce esa variación no movemento.

Foi Isaac Newton (1643-1727), científico e matemático inglés, quen observou coidadosamente o efecto das forzas e formulou as denominadas "leis da dinámica", nas cales expuxo os principios sobre os que se fundamenta o estudo das forzas.

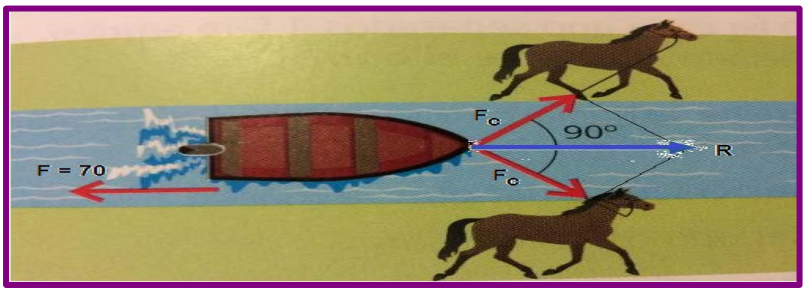
Primeiro principio. Principio de inercia

Todo corpo permanece en estado de repouso ou con movemento uniforme se a resultante de todas as forzas que actúan sobre el é nula.

Lémbrese que un movemento uniforme implica que a velocidade non cambia, é dicir, que non hai aceleración. Podemos ilustrar isto cun exemplo:

Exemplo 1: unha balsa de madeira é remolcada ao longo dunha canle por dous cabalos que tiran dela mediante cordas desde cadansúa beira. Supoñendo que os dous cabalos exercen a mesma forza, que as forzas son perpendiculares entre si e que a forza que a corrente da auga exerce sobre a balsa en sentido contrario é de 70, calcule a forza coa que debe tirar cada cabalo para que a balsa se mova con MRU.

A situación é a que se representa na figura:



Cada cabalo tira cunha forza F_c, que son perpendiculares entre si, logo, podemos calcular a resultante R aplicando o teorema de Pitágoras: $R^2 = F_c^2 + F_c^2$. Deste modo teremos que:

$$R = \sqrt{F_c^2 + F_c^2} = \sqrt{2F_c^2} = F_c\sqrt{2}$$

Segundo o primeiro principio, para que haxa MRU ou aceleración nula, a suma das forzas ten que ser cero. Así que, 70 + R = 0, de onde queda:

$$70 = F_c\sqrt{2} \qquad \text{de onde se desprende que} \qquad F_c = \frac{70}{\sqrt{2}}$$

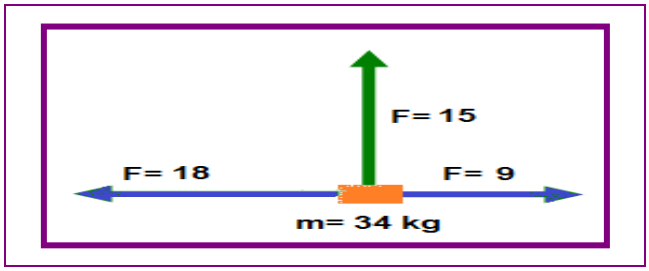
Segundo principio. Principio fundamental da dinámica ou de acción de masas

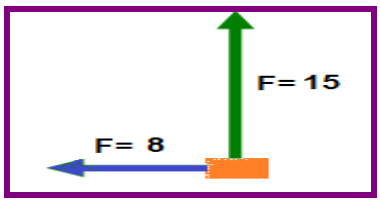
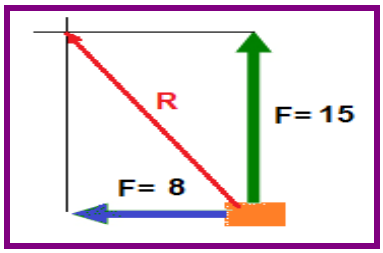
A aceleración que adquire un corpo é directamente proporcional á intensidade da forza que a produce:

$$\sum F = m \cdot a$$

Fíxese en que a constante de proporcionalidade nesta ecuación é a masa, así que a masa dun corpo é o que nos cuantifica a inercia que terá ese corpo. Por iso, en ocasións chámase masa inercial. Puxemos un sumatorio para indicar que debemos sumar todas as forzas que actúan sobre un corpo e ademais calcular a resultante de maneira vectorial.

Exemplo 2: na figura móstrase unha masa de 34 kg sometida a diferentes forzas. Determine a aceleración que adquire e indique graficamente cara a onde se moverá.



	En primeiro lugar, compoñemos as forzas que son horizontais e de sentidos contrarios. Quédanos unha forza que tira cara á esquerda e de valor 8. Observamos, ademais, que as dúas forzas que quedan son perpendiculares, así que podemos aplicar o teorema de Pitágoras.
	Aplicando a regra do paralelogramo, podemos trazar a resultante. Así, xa sabemos cara a onde se moverá a masa. Se aplicamos o teorema de Pitágoras: $R = \sqrt{15^2 + 8^2} = 17$ Aplicando o segundo principio, queda: $F = m \cdot a \leftrightarrow 17 = 34 \cdot a \leftrightarrow a = \frac{17}{34} = 0{,}5 \frac{m}{s^2}$

Unidade da forza: podemos observar que o segundo principio nos proporciona unha fórmula para a forza. En consecuencia, podemos deducir a partir dela as súas unidades.

No sistema internacional de unidades (S.I.) a masa mídese en quilogramos e a aceleración en metros por segundo, así:

F = m · a, as unidades da forza serán kg m/s^2. Decidiuse poñerlles nome a estas unidades e, para homenaxear o pai da dinámica, púxoselles newton; represéntanse coa letra maiúscula N pola primeira inicial do seu apelido.

Outro sistema de unidades é o CGS, que utiliza o centímetro, o gramo e o segundo, de aí o seu nome. As forzas quedaríannos como g cm/s^2 e denominouse “dina”. De aí que o aparello para medir as forzas se chame dinamómetro.

A partir de agora xa podemos poñerlles unidades ás nosas forzas.

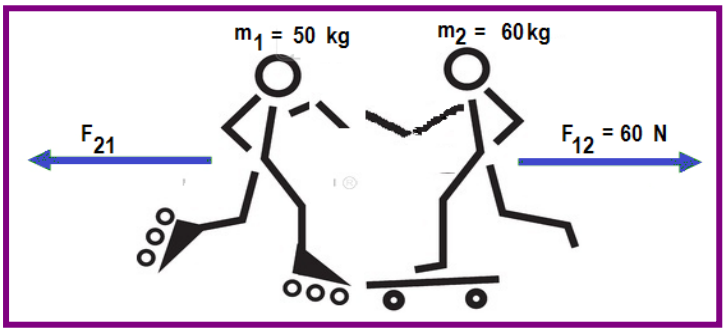
Terceiro principio. Principio de acción e reacción

Se un corpo "A" exerce unha forza sobre outro "B” (acción), este exerce sobre o primeiro outra forza de igual valor e na mesma dirección, pero de sentido contrario (reacción).

Esta lei dá resposta ao que sucede cando empurramos unha parede, por exemplo. En principio, non sucede nada, somos incapaces de mover a parede. Pero que ocorrería se facemos o mesmo, pero desta vez montados sobre uns patíns? Neste caso veríamos como nos desprazamos cara a atrás. Sentimos como é a parede a que nos empurra a nós.

En definitiva, sempre que se aplique unha forza, existirá unha forza igual e de sentido contrario chamada reacción.

Exemplo 3: dúas amigas, unha de masa 50 kg e a outra de 60 kg, están a xogar sobre patíns. A primeira empurra a segunda cunha forza de 60 N. Determine a aceleración que adquire cada unha.



A forza F_{12} é a que a nena 1 exerce sobre a nena 2 de 60 N. A forza F_{21} será a forza de reacción e é a que a nena 2 exerce sobre a nena 1, igual e de sentido contrario, F_{21} = -60N.

Polo que, se aplicamos a 2ª lei de Newton a cada nena, temos:

Nena 2: $F = m \cdot a$; $F_{12} = m_2\, a_2$; $60 = 60 \cdot a_2$; $a_2 = 1$ m/s^2

Nena 1: $F = m \cdot a$; $F_{21} = m_1\, a_1$; $-60 = 50 \cdot a_1$; $a_1 = -1{,}2$ m/s^2 e, ademais, esta nena móvese en sentido contrario á outra.

2.3.3 Tipos de forzas

A partir dos principios de Newton podemos analizar o comportamento de situacións onde actúen forzas e predicir o seu movemento. Vexamos agora que tipos de forzas podemos atopar en situacións cotiás.

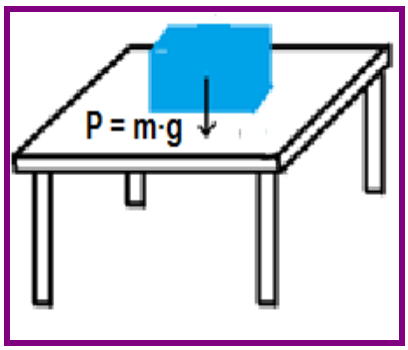
O peso

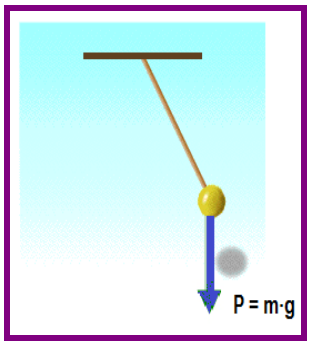
É a forza coa que a Terra atrae os corpos.

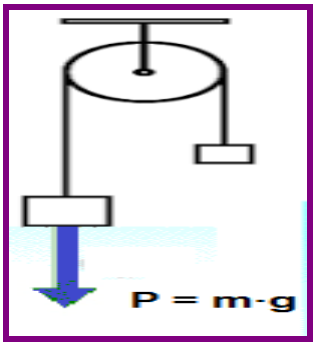
Como xa vimos antes ao analizarmos a caída libre, a Terra atrae os corpos imprimíndolles unha aceleración que denotamos coa letra "g" e de valor 9,8 m/s^2, logo, o peso definirémolo aplicando a 2ª lei de Newton como:

F = m · a con a = g e chamándolle P a F temos que P = m · g.

A partir da súa definición dedúcese que o peso sempre será unha forza exercida cara ao centro da Terra.



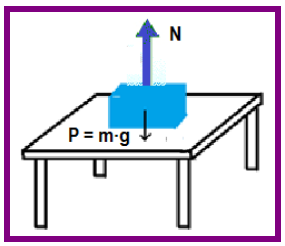




En calquera situación sempre indicaremos o peso como una forza dirixida cara ao centro da Terra.

A normal

Vexamos a situación da primeira figura do cadro anterior. Cando depositamos un obxecto sobre unha mesa, hai unha forza aplicada sobre o obxecto que é o peso. Nese caso, e conforme ao principio segundo, F = m · a, o obxecto debería moverse, ten que ter unha aceleración "a", con todo, permanece quieto. Realmente o que está a ocorrer é que efectivamente o obxecto realiza unha forza igual ao peso P = m · g, pero segundo o terceiro principio, a mesa exerce unha forza igual e de sentido contrario sobre o obxecto, a esa forza chamámola *forza normal* xa que sempre é perpendicular ao obxecto sobre o cal se aplica.



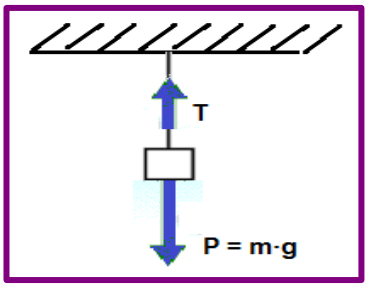
Neste caso, a *normal* será igual é de sentido contrario ao peso, así ambas as forzas se equilibran e o obxecto non se move.

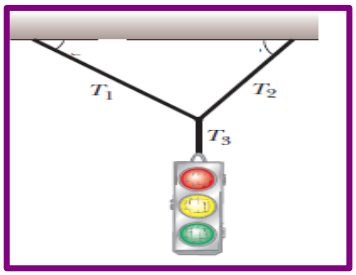
$$N = m \cdot g$$

A tensión

En ocasións, o obxecto non está sobre unha superficie, senón que é un cable o que o soporta. Teriamos que facernos a mesma pregunta, se o obxecto está sometido á forza do seu peso, por que non cae? Neste caso, a forza igual e de sentido contrario que soporta o peso chamámola *tensión T do cable*.

En calquera situación onde un obxecto sexa arrastrado por unha corda, esta producirá unha tensión igual e de sentido contrario á forza de arrastre. Ademais, debemos ter sempre presente que a tensión é a mesma en todos os puntos da corda.





No primeiro caso, a tensión é igual e de sentido contrario ao peso. No segundo caso, a resultante en sentido vertical das tensións opoñeríase ao peso.

O rozamento

Forza de rozamento: é a forza de fricción entre dúas superficies que están en contacto. Ademais, sempre se opón ao movemento, é dicir, sempre a debuxaremos na mesma dirección pero de sentido contrario ao movemento.

A forza de rozamento depende da natureza das superficies que están en contacto. Non é o mesmo que sexan suaves e puídas como cristais ou que sexan rugosas como pedras. Tamén depende da forza que hai entre a superficie de apoio e o obxecto, que como acabamos de ver é a forza normal N.

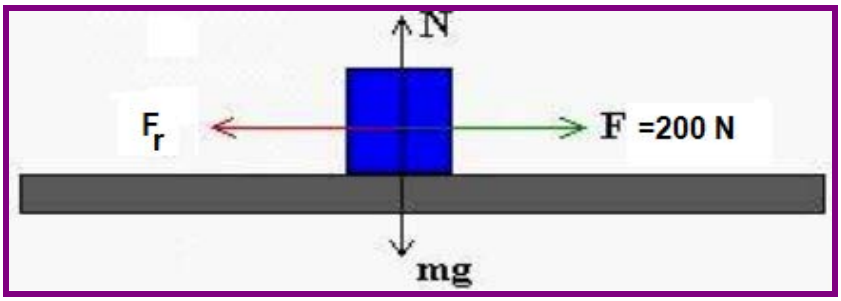
A natureza entre superficies exprésase a través dun factor calculado de forma experimental para cada unha delas que chamaremos *coeficiente de rozamento* e que denotaremos coa letra grega "μ". Polo tanto:

$$Fr = \mu \cdot N$$

O coeficiente de rozamento, μ, pode ser de dous tipos: estático ou dinámico. Non é o mesmo a fricción existente entre dúas superficies cando están en repouso (estáticas), non se moven e comezamos a empurrar delas, que cando xa se están movendo e arrastrámolas para continuar o seu movemento (dinámico). De maneira xeral, esta cantidade adoita facilitarse nos problemas (agás se nos dan todos os datos do problema para poder obtelo) e o seu valor pode ir de 0 a 1.

Actividade resolta

Arrastramos un baúl de masa 50 kg exercendo unha forza de 200 N. Se o coeficiente de rozamento entre o baúl e o chan é de 0,2, determine a aceleración que adquire o baúl.



No esquema represéntanse todas as forzas que actúan. Neste caso vemos que temos forzas verticais (a normal e o peso segundo o eixe Y) e forzas horizontais (a de impulso de 200 N e a forza de rozamento en sentido contrario), así que, aplicando o 2º principio de Newton para cada eixe:

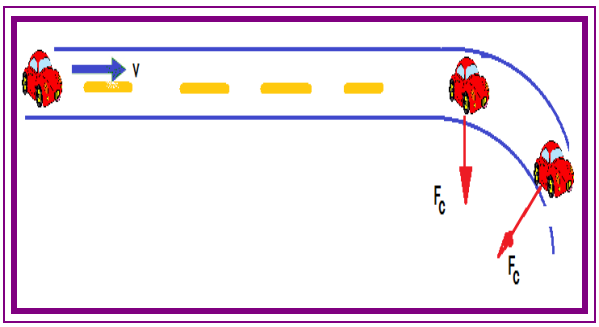
Eixe Y: neste sentido non hai movemento así, a = 0, $\Sigma F = m \cdot a$ queda $N - m \cdot g = m \cdot 0$ de onde $N = m \cdot g = 50 \cdot 9{,}8 = 490$ N.

Eixe X: neste si que temos movemento, así, $\Sigma F = m \cdot a$ queda $F - Fr = m \cdot a$ e ademais sabemos que $Fr = \mu \cdot N = 0{,}2 \cdot 490 = 98$ N.

Xa que logo, para o eixe X, 200 N – 98 N = 50 kg · a, de aquí despexamos e queda: $a = 2{,}04\ m/s^2$.

A forza centrífuga

Segundo o primeiro principio da dinámica, se sobre un obxecto non actúa ningunha forza, permanecerá en movemento MRU, en liña recta ou parado. Así que, se un móbil vai en liña recta e queremos que faga unha curva, non temos máis remedio que aplicar unha forza que será perpendicular á velocidade que leva o móbil, á que chamaremos *forza centrípeta.*



Polo segundo principio, F = m · a, a forza centrípeta podémola escribir como $F_c = m \cdot a_c$, onde a_c é a aceleración centrípeta e pódese demostrar que é igual ao cadrado da velocidade dividido polo raio da curva que faga o móbil, R.

$$F_c = \frac{v^2}{R}$$

Esta forza centrípeta está dirixida sempre cara ao interior da curva. Non obstante, polo terceiro principio da dinámica, se imos dentro do coche, notaremos unha forza igual e de sentido contrario que nos empurra cara a fóra da curva, á que chamaremos *forza centrífuga*.

Actividade resolta

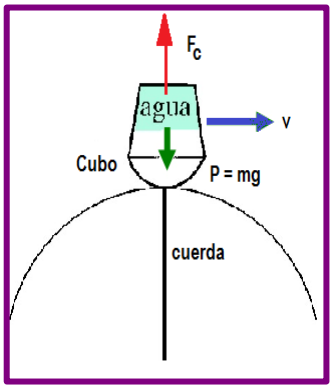
A que velocidade teremos que facer xirar verticalmente un cubo que contén 2 kg de auga e está atado a unha corda dun metro de lonxitude para que non se verta a auga?

A velocidade mínima que ten que levar o caldeiro para que non caia a auga debe ser tal que o peso desta se equilibre coa forza centrífuga que fai que a auga se pegue ao caldeiro, logo:

$$F_c = \frac{v^2}{R} \quad \text{ten que ser igual a} \quad P = m \cdot g$$

$$\frac{v^2}{R} = m \cdot g \rightarrow v = \sqrt{R \cdot m \cdot g} = \sqrt{1 \cdot 2 \cdot 9{,}8} =$$

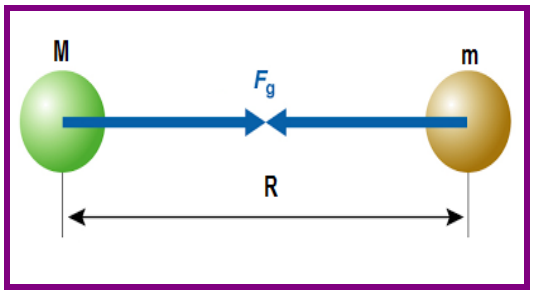
$$= 4{,}43 \frac{m}{s} = 15{,}9 \frac{km}{h}$$



Interaccións a distancia: a forza da gravidade e a forza eléctrica

Lei de gravitación universal. Forza da gravidade

Cando Newton observou a caída dunha mazá ocorréuselle pensar que o fenómeno se debía a que en realidade a masa da mazá estaba a ser atraída pola masa da Terra. É dicir, as masas atráense. Despois de moitas voltas atopou unha expresión matemática para esta forza de atracción:



$$F_g = G \frac{M \cdot m}{R^2}$$

R = distancias medidas entre os centros das masas.

M = masa maior.

m = masa menor.

G = constante de gravitación universal, vale para todos os planetas = 6,67 10^{-11} N · m^2/kg^2

Lembre que as forzas son vectores e, polo tanto, deben ter módulo, dirección e sentido. O módulo vén dado pola fórmula que acabamos de ver, a dirección será sempre a da liña que une ambas as masas e o sentido dunha masa cara á outra é sempre de atracción.

Evidentemente, pola terceira lei de Newton sempre será igual a forza da masa M sobre a masa *m* que a da masa *m* sobre a M, aínda que irán en sentidos contrarios.

Actividade resolta

Sabendo que a masa da Terra é de $5{,}9 \cdot 10^{24} kg$ e que o seu raio é de R = 6.340 km, aproximadamente, ache o valor da aceleración da gravidade na superficie da Terra.

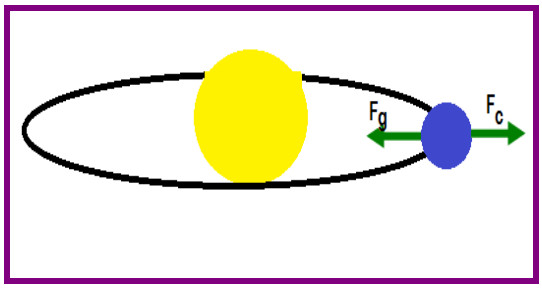
Polo segundo principio da dinámica, $F = m \cdot a$, logo, da expresión anterior: $m \cdot a = F = G\frac{M \cdot m}{R^2}$ os m se simplifican e quedan $a = G\frac{M}{R^2}$.

Substituíndo os datos e poñendo R en metros:

$$g = 6{,}67 \cdot 10^{-11} \frac{5{,}9 \cdot 10^{24}}{6340000^2} = 9{,}79 \frac{m}{s^2}$$

Actividade resolta

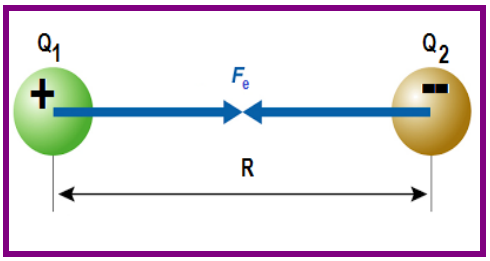
Podemos pensar agora por que os planetas non caen cara ao Sol, xa que son atraídos pola súa enorme forza da gravidade. A resposta atopámola observando que os planetas están a virar ao redor do Sol, polo tanto, xeran unha forza centrífuga que se opón á forza de atracción do Sol. Igualando a forza de atracción da gravidade á forza centrífuga podemos determinar a velocidade de xiro dun planeta ou ben o raio da súa órbita.



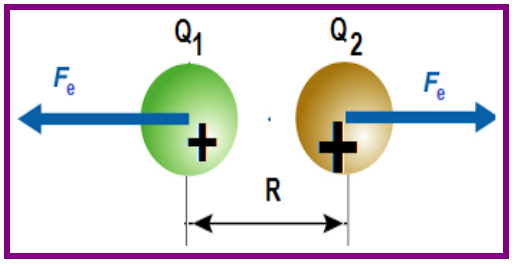
$F = G\frac{M \cdot m}{R^2}$ igualándoas $F_c = m\frac{v^2}{R}$ temos: $m\frac{v^2}{R} = G\frac{M \cdot m}{R^2}$

Lei de Coulomb. Forza eléctrica

De igual maneira que Newton observou que as masas se atraen, Coulomb, experimentando con cargas eléctricas, observou que, se estas son de distinto signo, atráense e, se son do mesmo signo, repélense. A través das súas experiencias atopou unha expresión para esta forza moi similar á lei de gravitación universal:



Cargas de distinto signo atráense



Cargas de igual signo repélense

$$F = K\frac{Q_1 \cdot Q_2}{R^2}$$

- Q_1 y Q_2 son as cargas medidas en coulombs, cada unha co seu respectivo signo.
- R é a distancia entre os centros de cada carga.
- K é a constante dieléctrica do medio. Se se toma o baleiro como o medio onde están as cargas, o seu valor é de $9 \cdot 10^9$ Nm^2/C^2.

O valor ou intensidade da forza vén dado pola fórmula, a dirección será a da liña que une ambas as cargas e o sentido será de atracción ou repulsión dependendo do signo das cargas.

Actividade resolta

a) Calcule as forzas coas que se atraen dúas cargas colocadas no baleiro, unha de 0,5 μC e a outra de 0,2 μC, se están separadas por 5 cm de distancia.

b) Calcule a distancia á que teñen que estar dúas cargas no baleiro, unha de 1,5 C e outra de 0,2 C, para que se repelan cunha forza de 2.700 N.

a) Aplicamos directamente a lei de Coulomb. Debemos ter coidado coas unidades 1μC = 10^{-6}C e os 50 cm = 0,5 m. Se a forza é de atracción, unha das cargas será negativa e a outra positiva, pero iso non é necesario telo en conta na fórmula, xa que indicamos que a forza é de atracción.

$$F = K\frac{Q_1 \cdot Q_2}{R^2} \qquad F = 9 \cdot 10^9 \frac{0{,}5 \cdot 10^{-6} \cdot 0{,}2 \cdot 10^{-6}}{0{,}05^2} = 0{,}36N$$

b) Aplicamos de novo a lei de Coulomb:

$$F = K\frac{Q_1 \cdot Q_2}{R^2}$$

$$2700 = 9 \cdot 10^9 \frac{1{,}5 \cdot 0{,}2}{R^2} \rightarrow R = \sqrt{9 \cdot 10^9 \frac{1{,}5 \cdot 0{,}2}{2700}} = 1000m$$

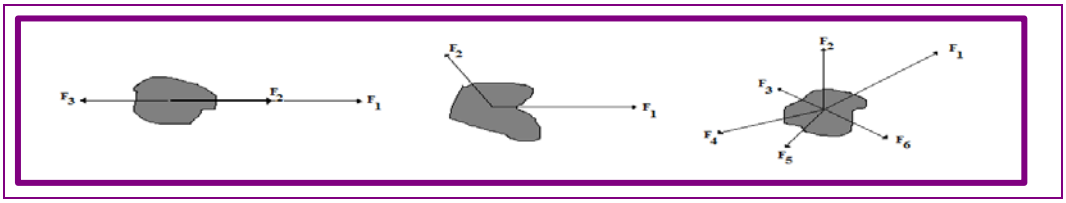
Actividades propostas

S16. Ao estirar un resorte aplicándolle diversas forzas obtivéronse os seguintes resultados:

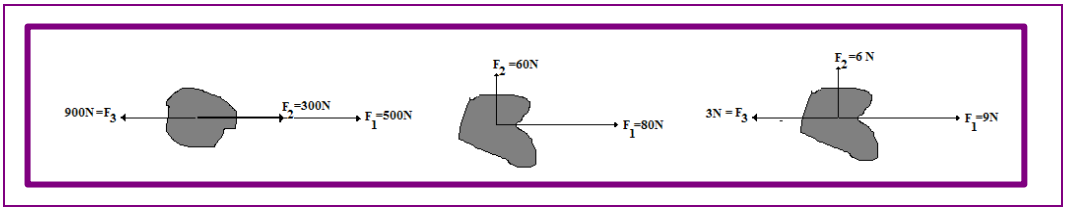
▪ Forza	1 N	2 N	3 N		5 N
▪ Alongamento	2 cm	4 cm		8 cm	10 cm

Complete os datos que faltan na táboa, represente os datos graficamente e determine o valor da constante elástica do resorte.

S17. Debuxe a resultante e indique cara a onde se moverá o obxecto nas seguintes situacións:



S18. Determine o valor numérico de cada unha das resultantes nas seguintes situacións, debúxeas indicando a súa dirección e sentido.



S19. Sobre un corpo de 4 kg de masa inicialmente en repouso actúa unha forza constante de 100 N:

- a) Que aceleración adquire?
- b) Que distancia percorrerá en 5 s?
- c) Cal será a súa velocidade ao cabo dese tempo?
- d) Que habería que facer para que o corpo, ao cabo deses 5 segundos, seguise coa mesma velocidade?

S20. Dúas persoas provistas de patíns e con pesos de 70 kg e 90 kg patinan sobre unha pista de xeo. Se unha delas empurra a outra cunha forza de 210 N, que aceleración adquire cada unha delas?

S21. Arrastramos unha masa de 20 kg tirando dela cunha forza de 200 N en sentido horizontal. Se o coeficiente de rozamento, μ, entre o chan e a masa é de 0,2, que aceleración adquirirá a masa? Que velocidade terá ao cabo de 20 s?

S22. Estamos na praia e facemos xirar un caldeiro de 1 l totalmente cheo de auga. Se desprezamos o peso do caldeiro de plástico e o noso brazo mide 70 cm, a que velocidade debemos facer xirar o brazo verticalmente para que a auga que contén o caldeiro non caia cando vai polo punto máis alto da traxectoria? Lembre que a densidade da auga é de 1 g/cm^3 .

S23. Un coche de 1.000 kg de masa colle unha curva sen peralte de raio R = 300m. Que forza de rozamento debe darse entre a estrada e os pneumáticos cando o coche leva unha velocidade de 72 km/h para que o vehículo non saia da pista?

S24. Canto pesaría na Lúa un individuo cuxa masa é de 80 Kg? A masa da Terra é 100 veces a da Lúa e o raio desta é a cuarta parte do terrestre (datos: g = 9,8 m/s^2).

S25. Para que un foguete de 6.000 kg engale verticalmente debe ter unha aceleración de 12 m/s^2. Supoñendo desprezable o rozamento contra o aire, calcule canta forza teñen que facer os motores do foguete no lanzamento.

2.4 Máquinas simples e mecanismos de transmisión e transformación do movemento

2.4.1 Tipos de mecanismos

As máquinas ou mecanismos son dispositivos, ou conxuntos de pezas, que transforman unha forza aplicada (inicial) noutra resultante (final) e, asemade, conseguen algúns dos seguintes efectos: variar a intensidade das forzas transmitidas, modificar a súa dirección ou transformar un tipo de enerxía noutro tipo.

Chamamos operadores mecánicos aos elementos que permiten transformar os movementos motores en movementos útiles que responden á función para a que foron deseñados. Actúan sobre os movementos e as forzas e poden realizar numerosas funcións sobre elas: transmitilas, transformalas, variar a súa velocidade, dirixilas, absorberen enerxía etc.

Dos operadores mecánicos estudaremos as máquinas simples e os mecanismos de transmisión e de transformación dos movementos.

– *Máquinas simples*: transmiten forza producida por un elemento motriz a outro punto, vencendo unha resistencia. Entre elas veremos: a panca, o plano inclinado, a cuña, o parafuso, a polea e o bloque de poleas (*polipasto*).

– *Mecanismos de transmisión*: transmiten movementos de forma circular como os sistemas de poleas con correa, os sistemas de engrenaxes e o parafuso sen fin.

– *Mecanismos de transformación*: transforman entre si movementos rectilíneos e circulares. Son exemplos destes mecanismos: a polea-manivela, o piñón-cremalleira, o parafuso-porca etc.

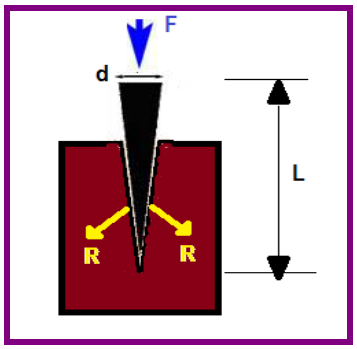
Diferenciaremos entre máquinas simples e compostas segundo a súa función sexa realizada nun só paso ou en varios.

2.4.2 Máquinas simples

A cuña

Unha cuña adoita usarse para partir algo, aínda que tamén se pode empregar para abrir cousas ou mesmo levantalas.

O funcionamento dunha cuña é idéntico ao dun machado:



Elementos da cuña:

F é a forza motriz.

d é o desprazamento da cuña.

L é a lonxitude da cuña.

R é a resistencia do material.

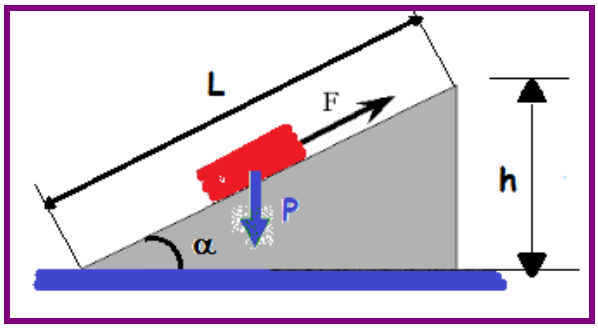
A forza motriz F repártese en dúas forzas perpendiculares aos planos da cuña que vence a resistencia do material.

A lei que dá o seu comportamento podería ser:

$$F \cdot L = R \cdot d$$

O plano inclinado

É un dos sistemas máis sinxelos que serve para elevar un obxecto a certa altura.



Elementos do plano inclinado:

L lonxitude.

F forza motriz.

P peso do obxecto.

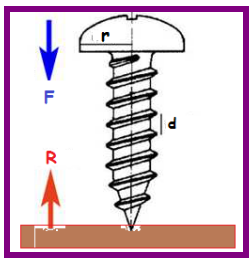
h altura.

A lei que dá o seu comportamento é:

$$F \cdot L = P \cdot h$$

O parafuso

O parafuso pode considerarse outra variante do plano inclinado onde a pendente se enrosca ao redor dun cilindro central. Cando un parafuso penetra nun obxecto, ten que xirar moitas veces para avanzar un pouco, pero penetra con máis forza que a que se utilizou para o xirar.



Elementos do parafuso:
F é forza motriz exercida sobre a cabeza.
r é o raio da cabeza.
d é o paso de rosca, distancia entre filetes.
R é a resistencia do material.
A lei que dá o seu comportamento é:

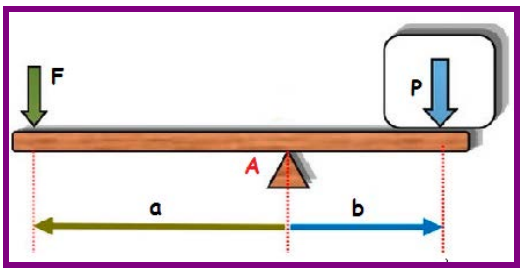
$$F \cdot r = R \cdot d$$

A panca

A panca é unha barra ríxida que pode xirar arredor dun *punto de apoio* ou *fulcro* cando se lle aplica unha forza para vencer unha resistencia.

A panca pode empregarse para:

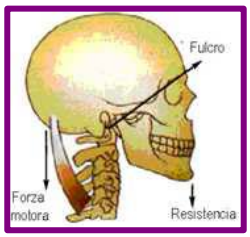
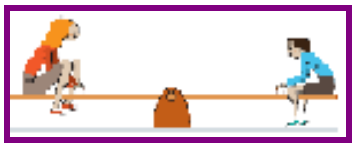
- Modificar a intensidade dunha forza. Neste caso podemos vencer grandes resistencias aplicando pequenas potencias.
- Modificar a amplitude e o sentido dun movemento. Deste xeito podemos conseguir grandes desprazamentos da resistencia con pequenos desprazamentos da potencia.

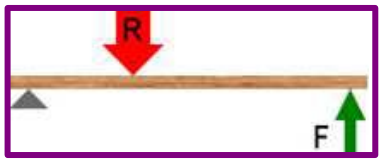
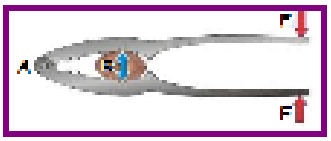
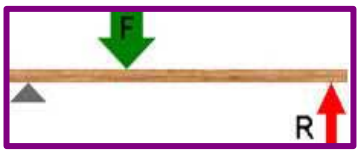
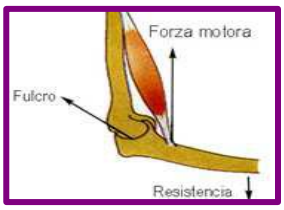


Elementos dunha panca:
F é a forza motriz aplicada.
P é o peso ou forza de resistencia.
A é o punto de apoio ou fulcro.
a é a distancia do fulcro ao punto onde se exerce a forza.
b é a distancia do fulcro ao punto onde está a resistencia. Así:

$$F \cdot a = P \cdot b$$

Dependendo da situación do fulcro distínguense tres clases de pancas:

1ª clase		
O fulcro está situado entre a forza e a resistencia.		

2ª clase		
 O fulcro está situado antes da resistencia e despois da forza motriz.		
3ª clase		
 Primeiro vai o fulcro, despois a forza motriz e despois a resistencia.		

Actividade resolta

Temos unha carretilla coa carga de 100 kg situada a 70 cm da roda e as empuñaduras para levantala a 2 m da roda. Cal é a forza coa que haberá que turrar cara a arriba para levantala?

Unha carretilla é unha panca do tipo dous. Se aplicamos a lei da panca:

$$F \cdot a = P \cdot b$$

Tendo en conta que $P = m \cdot g = 100 \cdot 9{,}8 = 980$ N e pasando todas as unidades ao S.I. 70 cm = 0,7 m temos:
$F \cdot 2 = 980 \cdot 0{,}7$ xa que logo, $F = 343$ N, forza máis ou menos equivalente a levantar unha masa de 34 kg.

Actividades propostas

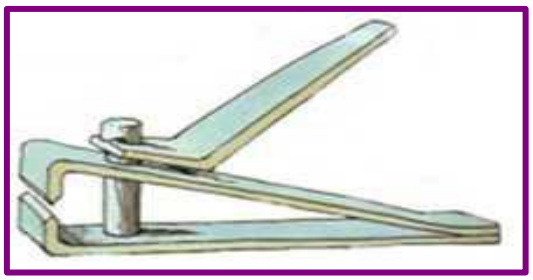
S26. Unha carreta de masa desprezable mide 1 m de longo e está a cargar uns libros cuxa masa é de 20 kg. Cal é a distancia que hai entre o punto de apoio e a carga se a forza que se aplica para elevala é de 100 N?

S27. Clasifique os seguintes obxectos en pancas de primeira, de segunda ou de terceira clase.

S28. Deséxase subir un obxecto de 3.000 N de peso ata unha altura de 1 metro sobre o chan. Deseñe un plano inclinado de maneira que non se teña que aplicar para movelo unha forza superior a 500 N.

S29. Dous nenos sentan nun balancín. Un pesa tres veces máis có outro. Onde se debe colocar o que pesa menos para que ambos poidan randearse?

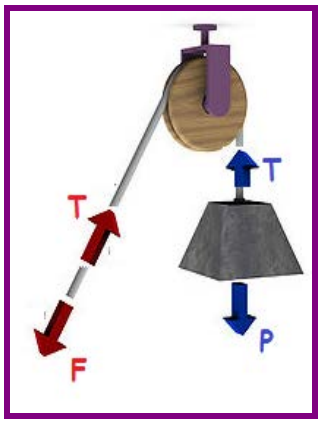
S30. Un cortaúñas é unha enxeñosa ferramenta que resulta de combinar dous tipos de pancas. Identifique a súa clase, márqueas no debuxo e sitúe en cada panca o F, o R e o fulcro.

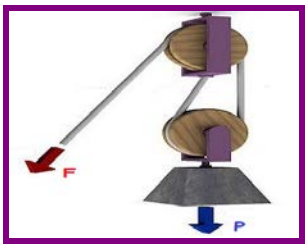
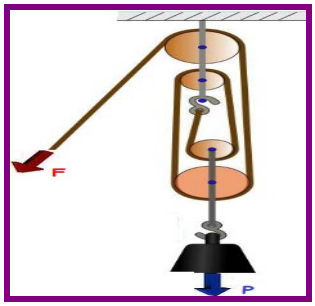


A polea

Unha polea é unha roda cunha fenda suxeita a un punto fixo pola que pasa unha corda.

Antes comentamos como se transmite a tensión ao longo de todos os puntos dunha corda, así pois, a forza exercida nun extremo transmítese por igual ao outro extremo da corda, o que nos permite aplicar a mesma forza, pero neste caso en sentido contrario.

TIPOS DE POLEAS	
 *Polea simple fixa*	Polea fixa: A forza transfórmase en tensión, que se transmite ao longo de toda a corda e vence a resistencia, neste caso o peso. A lei nunha polea simple é a mesma que nunha panca: Se r é o raio da roda na polea, entón: $F \cdot r = P \cdot r$ Simplificando os r: $F = P$ Así pois, nunha polea simple a única vantaxe mecánica é sinxelamente mudar de dirección a forza aplicada.

 *Polea móbil*	Polea móbil: A polea móbil é un conxunto formado por dúas poleas. Unha delas está fixa, mentres a outra pode desprazarse linealmente ao subir e baixar a carga. A lei para este tipo de polea é: $F = \frac{P}{2}$ Este tipo de poleas permite elevar cargas coa metade do esforzo (cunha forza aplicada F menor).
 Bloque de poleas	Bloque de poleas (“*polipasto*”): É un tipo especial de montaxe de poleas fixas e móbiles. Consta dun número par de poleas das que a metade son fixas e a outra metade móbiles. A lei para este tipo de polea é: $F = \frac{P}{2^n}$ Onde n é o número de poleas móbiles que contén. Isto permite elevar grandes cargas coa aplicación de forzas limitadas, polo que teñen grande aplicación (guindastres, elevadores etc.)

2.4.3 Mecanismos de transmisión do movemento

Nos elementos mecánicos podemos observar tres tipos de movementos: *movemento circular ou rotatorio* (como o que ten unha roda), *movemento lineal* (é dicir, en liña recta e de forma continua) e *movemento alternativo* (é un movemento de ida e volta, de vaivén, como o dun péndulo).

Os mecanismos de transmisión son aqueles nos que o elemento motriz (ou de entrada) e o elemento conducido (ou de saída) posúen o mesmo tipo de movemento.

A relación de transmisión

É a relación entre a velocidade de xiro no eixe de saída (roda conducida) e no eixe de entrada (roda motriz) do sistema mecánico.

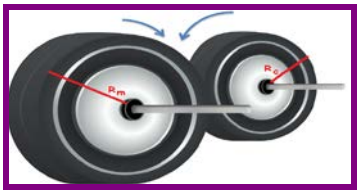
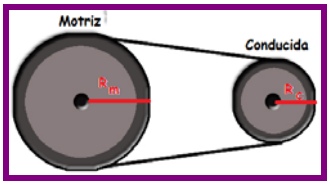
Esta velocidade de xiro vén dada pola velocidade angular de cada un dos elementos do dispositivo. Como ambos xiran no mesmo tempo, pódese substituír polo número de voltas.

$$i = \frac{n_c}{n_m}$$

Se a relación de transmisión é maior que 1, trátase dun mecanismo que **aumenta a velocidade**. É un mecanismo **multiplicador**.

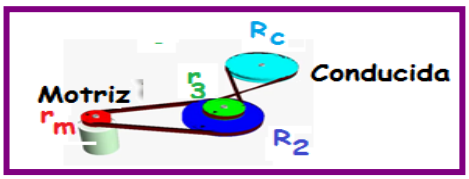
Se a relación de transmisión é menor que 1, o mecanismo **reduce a velocidade**. É un mecanismo **redutor**.

Se a relación de transmisión é **1**, o mecanismo nin aumenta nin reduce a velocidade, só transmite o movemento. É un mecanismo **igualador**.

Tipos de mecanismos de transmisión.		
Rodas de fricción	Sistema polea-correa	Rodas dentadas (engrenaxes)
		
A relación de transmisión pódese poñer en función dos raios de cada roda: $$i = \frac{R_m}{R_c}$$ Son moi silenciosas, pero sofren máis desgaste e poden patinar. Unha roda xira en sentido contrario da outra.	A relación de transmisión pódese poñer en función dos raios de cada roda: $$i = \frac{R_m}{R_c}$$ A transmisión é case total, do 95 %, adoitan ser máis económicas. Unha roda xira no mesmo sentido que a outra.	A relación de transmisión pódese poñer en función dos números de dentes de cada roda. $$i = \frac{N_m}{N_c}$$ Non esvaran, transmiten gran potencia, teñen un gran rendemento, son máis custosas e producen moito ruído. Unha roda xira no sentido contrario da outra.

Actividade resolta

En que sentido xirará a roda conducida do debuxo con respecto á roda motriz se os raios de cada unha das rodas son $r_m = 2$ cm, $R_2 = 6$ cm, $r_3 = 4$ cm e $R_c = 8$ cm e a roda motriz xira a 3.000 rpm? Cal será a velocidade da roda conducida? É un mecanismo multiplicador, redutor ou igualador?



Se a roda motriz xira no sentido das agullas do reloxo, as rodas de raios r_3 e R_2 xirarán na mesma dirección. Como a roda conducida está enlazada coa correa cruzada, esta xirará no sentido contrario ás agullas do reloxo.

Para a primeira polea temos que a relación entre r_m e R_2:

$$i = \frac{2}{6} = \frac{1}{3} \text{ como } i = \frac{n_c}{n_m} \text{ temos que } n_c = i \cdot n_m = \frac{1}{3} \cdot 3000 = 1000 rpm$$

Para o segundo paso, a relación entre r_3 e R_c, teremos: contando que r_3 e R_2 xiran á mesma velocidade:

$$i = \frac{2}{6} = \frac{1}{3} \text{ como } i = \frac{n_c}{n_m} \text{ temos que } n_c = i \cdot n_m = \frac{1}{2} \cdot 1000 = 500 rpm$$

Polo tanto, temos un mecanismo redutor de velocidade que ademais cambia o sentido de xiro.

Actividades propostas

S31. Calcule a relación de transmisión dun sistema de poleas con correa sabendo que a roda motriz ten 150 mm de diámetro e a roda conducida 200 mm. Trátase dun sistema multiplicador ou redutor?

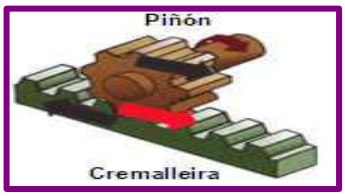
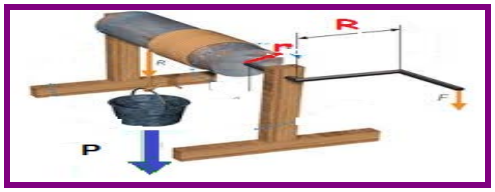
S32. A roda motriz dun sistema de engrenaxes ten 36 dentes e xira a 200 rpm (revolucións por minuto), en tanto que a roda conducida ten 144 dentes. Calcule a relación de transmisión do sistema e a velocidade de xiro da roda conducida. Trátase dun sistema multiplicador ou redutor?

S33. Quérese transmitir movemento, co mesmo sentido de xiro, entre dous eixes paralelos situados a 60 cm de distancia. Para iso empréganse dúas poleas, unha motora, de 15 cm de diámetro e que ten o eixe de entrada unido solidariamente a un motor eléctrico que xira a 1.200 rpm, e unha roda conducida de 45 cm de diámetro. Calcule a relación de transmisión de velocidade e a velocidade da roda conducida.

2.4.4 Mecanismos de transformación do movemento

Os mecanismos de **transformación** son aqueles nos que o elemento motriz e o elemento conducido posúen distinto tipo de movemento.

Algúns destes mecanismos son: o conxunto piñón-cremalleira, o torno, o parafuso sen fin-coroa, a biela-manivela, o parafuso-porca, leva e excéntrica, o cegoñal e tamén a cruz de Malta. A modo de exemplos, mostraremos aquí só os dous primeiros, que transforman o movemento circular en lineal e viceversa:

Tipos de mecanismos de transformación	
Piñón cremalleira	Polea manivela (torno)
	
Consiste nunha roda dentada con dentes rectos, chamada piñón, engarzada nunha cremalleira ou barra dentada. Cando a roda dentada xira, a cremalleira desprázase con movemento rectilíneo. É un mecanismo reversible, de xeito que tamén permite transformar o movemento rectilíneo da cremalleira nun movemento circular do piñón. Utilízase nas direccións dos automóbiles, nos sacarrollas...	Consiste nunha barra dobrada (manivela) unida a un tambor tipo polea, que fai xirar arredor do seu eixe. A forza motriz necesaria para que o eixe xire é menor que a que habería que lle aplicar se a barra fose recta. Utilízase amplamente para o levantamento de cargas. Cumpre tamén a lei da panca: $F \cdot R = P \cdot r$

Actividades propostas

Visite o seguinte sitio e analice os demais dispositivos de transformación do movemento.
https://www.edu.xunta.es/espazoAbalar/sites/espazoAbalar/files/datos/1464947673/contido/index.html

S34. Nun torno composto por un tambor de raio 10 cm e unha manivela de b = 1 m, que forza debemos de aplicar para mover unha carga de 100 kg?

2.5 A presión. Presión atmosférica. Física da atmosfera

2.5.1 A presión

Actividade práctica

Colla un anaco de plastilina e esténdao formando unha capa duns dous centímetros de espesor. Deixe caer sobre ela un paralelepípedo de mármore, como o da figura, sempre desde a mesma altura e sobre cada unha das súas caras.

Son todas as pegadas de igual profundidade? A que cre que se debe a diferenza?

Que ocorre se o prisma cae sobre un dos seus vértices?

Pode tamén facerse as seguintes preguntas:

Por que se afían os coitelos? Por que poñemos esquís para andar sobre a neve? Por que o tren circula sobre raís? Por que as puntas cravan pola parte afiada?

Todas elas teñen a mesma resposta. Unha cousa é a forza que un corpo exerce sobre outro e outra cousa é o efecto desa forza. Nos nosos exemplos vemos claramente que o efecto dunha forza sobre un obxecto depende da superficie de contacto.

Definimos presión como a forza que actúa sobre a unidade de superficie:

$$p = \frac{F}{S}$$

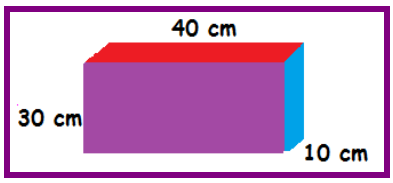
Unidades da presión

No sistema internacional de unidades a forza mídese en newtons e a superficie, como é lado por lado, mídese en metros cadrados. Así, definimos o pascal como a unidade de presión no S.I. que exerce 1 N de forza sobre a superficie de 1 m^2.

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

Actividade resolta

A densidade do mármore é duns 2.700 kg/m^3 e temos un taco de dimensións 30 x 10 x 40 cm. Determine a presión que exerce cando un taco de mármore se apoia sobre cada unha das súas caras.



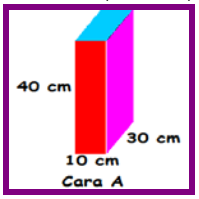
O primeiro que temos que facer é calcular a forza que exercerá o taco (que será o seu peso), así que F = m g, pero ademais non temos a masa. Haberá que determinala a partir da densidade e do volume do prisma V = 0,4 x 0.1 x 0,3 = 0,012 m^3: pasado xa a metros para usar unidades do S.I.

$$d = \frac{m}{V} \rightarrow m = d \cdot V = 2700 \cdot 0{,}012 = 32{,}4kg$$

Polo tanto, a forza que exerce o bloque será:

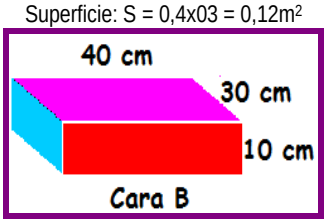
$$F = m \cdot g = 32{,}4 \cdot 9{,}8 = 317{,}52N$$

Cara A:
Superficie: S = 0,1x03 = 0,03m^2



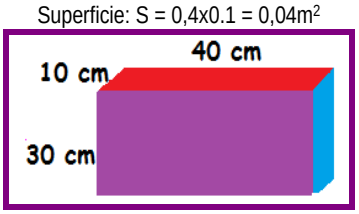
$$p = \frac{317{,}52}{0{,}03} = 10584Pa$$

Cara B:
Superficie: S = 0,4x03 = 0,12m^2



$$p = \frac{317{,}52}{0{,}12} = 2646Pa$$

Cara C:
Superficie: S = 0,4x0.1 = 0,04m^2



Cara C

$$p = \frac{317{,}52}{0{,}04} = 7938Pa$$

Vemos como a presión é maior cando se apoia sobre a superficie menor. En consecuencia, debería deixar maior pegada ao deixala caer sobre o bloque de plastilina coa cara A.

Actividades propostas

S35. Que presión exerce a punta dunha agulla dunha máquina de coser se é empurrada cunha forza de F = 5 N. Supoña que a agulla posúe unha sección de 0,01 mm^2. Calcule tamén o peso que tería que ter un bloque de ferro apoiado sobre unha superficie de 1 m^2 para exercer esa mesma presión.

S36. Obteña a presión que exerce un paralelepípedo de prata de densidade 10,52 g/cm^3 e de arestas a = 30cm, b = 20cm e c = 5 cm cando se apoia sobre a cara maior e cando se apoia sobre a cara menor. En que caso exerce maior presión?

2.5.2 A presión atmosférica

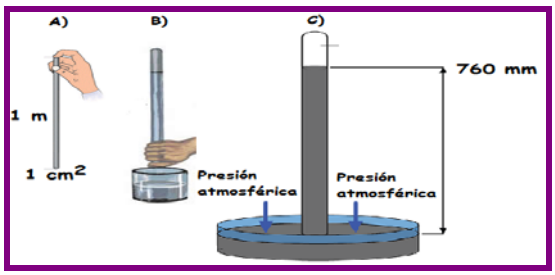
Como todos sabemos, o aire é un fluído (un gas) mestura de varios gases, na súa meirande parte nitróxeno e osíxeno, cunha densidade de 1,29 kg/m^3 a 0 ºC. Isto quere dicir que, por cada metro cúbico de aire que temos sobre as nosas cabezas, soportamos o peso dunha masa de 1,29 kg. Temos que pensar, ademais, que a maior

parte do aire concéntrase nas dúas primeiras capas da atmosfera -a troposfera e a estratosfera- e unha pequena proporción nas dúas últimas capas -a mesosfera e termosfera-. En consecuencia, sobre as nosas cabezas pode haber unha capa de aire de entre 55 e 65 km. Se calculamos o peso desa capa de aire por unidade de superficie, teremos o que denominamos presión atmosférica.

O problema que nos atopamos é que esa capa non será homoxénea en toda a súa altura. De feito, a densidade varia notablemente a medida que cambia a temperatura. Como a presión atmosférica non será a mesma en todos os puntos, temos que idear mecanismos para medila de forma experimental en cada punto.

O primeiro en obter unha forma de medila foi o científico italiano Evanxelista Torricelli (1608-1647).

EXPERIMENTO DE TORRICELLI



A) Enchemos un tubo de vidro de 1 m de lonxitude e 1 cm^2 de sección con mercurio (Hg).

B) Tapamos o orificio de entrada e introducímolo invertido nunha cubeta con mercurio. Destapámolo.

C) Observamos como o mercurio descende polo tubo ata que alcanza unha altura de 760 milímetros. Na súa parte superior queda agora unha zona onde non hai aire, unha zona de baleiro.

O efecto da presión atmosférica na cubeta inferior é de tal magnitude que é capaz de soster o peso dunha columna de mercurio de 760 mm de lonxitude e sección 1 cm^2.

A partir deste experimento, pódese definir a presión atmosférica como a presión exercida por unha columna de mercurio de 760 mm de altura. Esta unidade denominouse *atmosfera* (atm).

1 atm = 760 mmHg = 101300 Pa

Na honra deste científico, esta unidade tamén se denominou *Torr*. Así, 1 Torr = 760 mmHg.

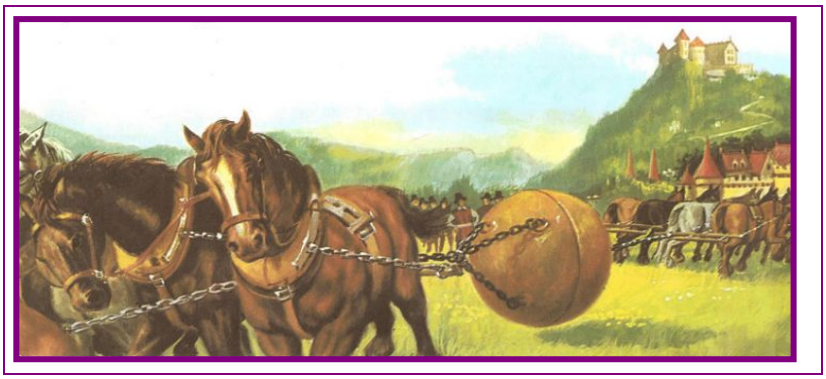
De todos é sabido que a densidade do aire cambia coa temperatura e, ademais, se estamos a certa altura sobre o nivel do mar, a columna de aire sobre as nosas cabezas será inferior. Así, a presión atmosférica diminúe a medida que aumentamos a altura. O experimento de Torricelli constitúe o fundamento dos barómetros que utilizamos para medir a presión atmosférica e predicir o tempo. Polo tanto, 760 mmHg obteranse realizando o experimento a nivel do mar e cunha situación de estabilidade térmica ao redor dos 25 ºC.

Actividades propostas

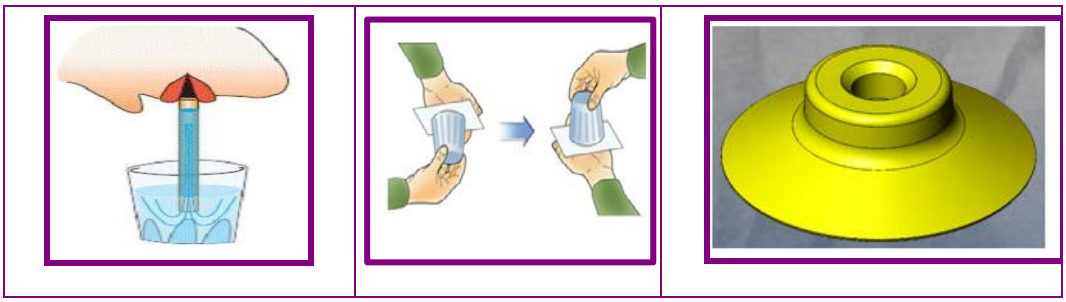
S37. As montañas máis altas no noso planeta alcanzan os 8.000 m. Sabemos que un dos problemas aos que se enfrontan os montañeiros é a presión que existe neses cumes. A 8.000 m de altura a presión adoita estar ao redor dos 267 mmHg. Obteña o valor desta presión en pascais e en atmosferas.

S38. Que forza exerce a columna de aire existente sobre cada metro cadrado da superficie terrestre ao nivel do mar?

S39. Procure información acerca da experiencia dos hemisferios realizada por Otto de Guericke (1602-1682) en Magdeburgo. Realice unha breve explicación do fenómeno.



S40. A partir do experimento de Torricelli e a presión atmosférica pode atopar resposta a varios fenómenos coñecidos. Procure unha explicación para: por que podemos succionar un refresco cunha cana? Por que unha ventosa pega nun cristal con tal forza que ata poderiamos levantar cristais de máis de 20 kg? Por que, se envorcamos un vaso de auga tapado cun papel, non caen nin a auga nin o papel?



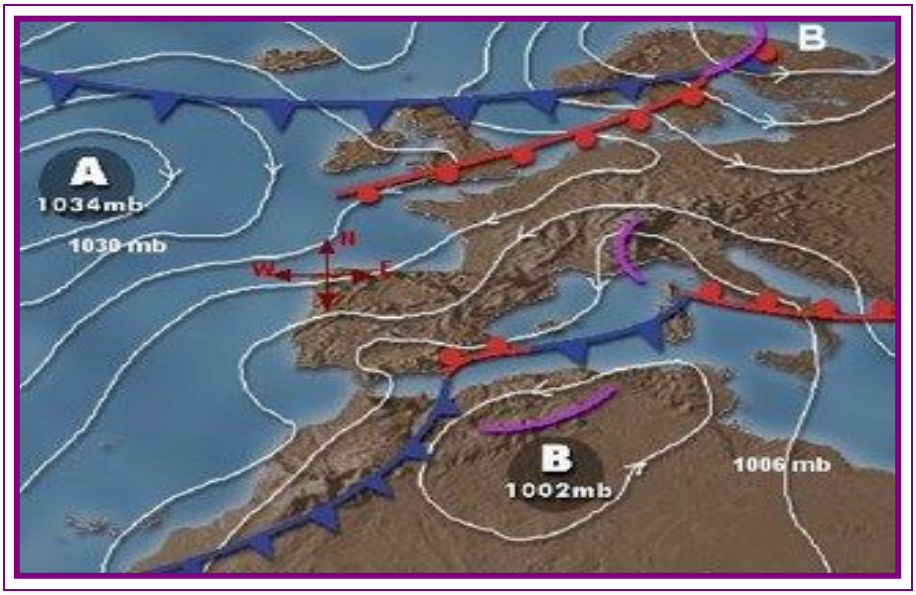
2.5.3 Física da atmosfera. Meteoroloxía

Como acabamos de ver, a presión atmosférica depende da temperatura do aire. Se o aire é cálido, a súa densidade diminúe, polo que a presión tamén o fai, e viceversa. Así que, se medimos a presión atmosférica en varios puntos e trazamos liñas de igual presión -o que chamamos isóbaras-, sabendo a dirección dos ventos poderemos predicir se se nos achegan zonas de baixas presións (tempo frío) ou de altas presións (tempo cálido).

Vimos que a unidade de medida da presión no S.I. é o pascal. Como esta resulta unha unidade con magnitudes moi grandes, defínese o bar como 100.000 Pa. Desta maneira, 1 bar = 1,013 atm. Para facelo aínda máis cómodo, podemos traballar coa súa milésima parte e falar de milibares. Así, 1 mmbar = 100 Pa, que é a unidade que se emprega nos mapas do tempo.

Os mapas do tempo

Os meteorólogos elaboran uns mapas do tempo nos que se indica a situación da atmosfera nun momento dado. Para iso, utilizan símbolos facilmente identificables. Para realizaren estes mapas utilizan os satélites meteorolóxicos, que fotografan a situación actual. Con estes datos pódese facer un prognóstico do tempo con varios días de antelación.

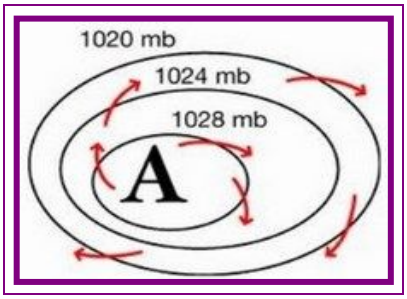


Vexamos como se interpreta un mapa do tempo como o da seguinte figura:

Isóbaras: son as curvas concéntricas (liñas) que unen os puntos que posúen a

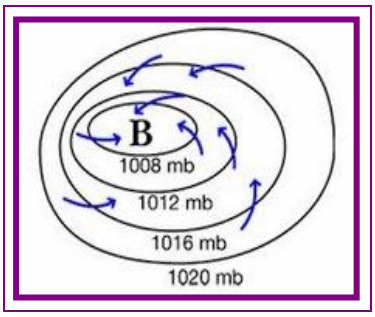
mesma presión atmosférica. Normalmente a presión de cada isóbara exprésase en mb (milibares).

Borrasca e anticiclón: se as isóbaras arrodean unha zona de altas presións, represéntase coa letra A e significa anticiclón. Un anticiclón é signo de que se espera un tempo bo, seco ou estable.



Un anticiclón, en definitiva, é unha zona de altas presións que está arrodeada por aire con menor presión. Como se aprecia na imaxe do anticiclón, as isóbaras van de maior a menor presión cara a fóra.

Pola contra, se as isóbaras arrodean unha zona de baixas presións, pónselles a letra B de *borrasca*. Unha borrasca (tamén chamada depresión) é signo de tempo inestable ou chuvioso e adoita vir asociada con vento.



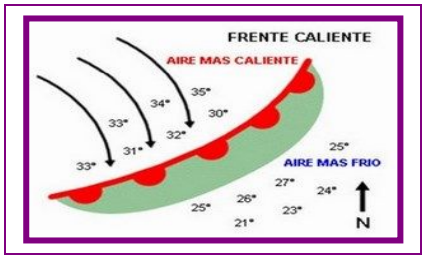
Unha borrasca, en definitiva, é unha zona de baixas presións arrodeada por aire con maior presión. Como se ve na imaxe da borrasca, as isóbaras van de menor a maior presión cara a fóra. Os valores de presión por baixo de 1.005 mb (milibares) están normalmente asociados ás borrascas, mentres que as presións por encima de 1.020 mb están asociadas aos anticiclóns. A presión media en superficie en todo o mundo é 1.013 mb.

Vento: o número de isóbaras indícanos se o vento é débil ou forte. Se as isóbaras están moi xuntas, os ventos serán moi fortes. Se están moi separadas, case non haberá vento.

Frontes: nos mapas do tempo son características as frontes de aire, que son liñas de choque entre dúas grandes masas de aire con distintas temperaturas. Lembre que o aire frío é máis denso que o aire quente, así que cando unha masa de aire quente choca contra unha masa de aire frío, o aire frío queda debaixo do aire quente. Unha vez que o aire quente sobe, refréscase e pódense formar nubes. A presenza de frontes indícanos cambios de tempo, por iso son moi importantes na predición do tempo.

<u>Frontes frías</u>: represéntanse mediante liñas con triángulos de cor azul. As frontes frías teñen lugar cando unha masa de aire frío avanza, empurrando e desprazando cara a arriba o aire quente. Neste caso adóitanse formar nubes con fortes precipitacións.

Frontes cálidas: as frontes cálidas represéntanse por medio de liñas con semicírculos de cor vermella. As frontes cálidas prodúcense cando unha masa de aire quente empurra unha de aire frío, elevándose por riba dela. Neste caso, fórmanse nubes que poden orixinar choivas menos intensas pero de maior duración.



Actividades propostas

S41. Procure no xornal do día o mapa do tempo e faga unha análise. Observe onde se sitúan os centros de acción: os anticiclóns, as borrascas e as frontes. Como será o vento a xulgar pola proximidade das isóbaras? Trate de predicir o tempo e comprobe o resultado vendo a información que proporciona o xornal.

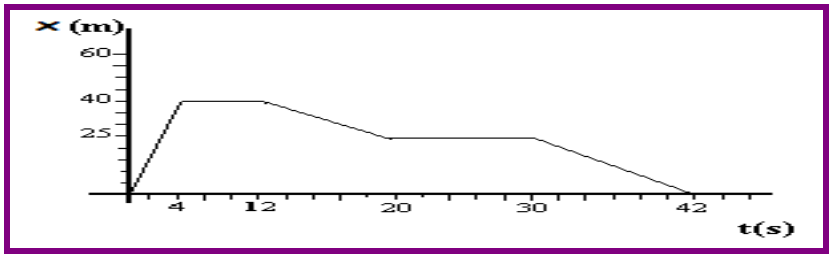
S42. Observe o vídeo de YouTube acerca de como interpretar un mapa do tempo:

https://www.youtube.com/watch?v=MFWQ53x8bDE

3. Actividades finais

Cinemática

S43. Observe a seguinte gráfica e responda: a) de que tipo de movemento se trata en cada un dos tramos? b) Calcule a velocidade media en cada tramo.



S44. Conteste as seguintes cuestións:

a) Que entende por desprazamento?
b) Como define a traxectoria dun móbil?
c) É o mesmo a velocidade media que a velocidade instantánea?
d) Que mide a aceleración?

S45. Un vehículo que circula a 90 km/h tarda en frear con aceleración constante 5 s. Razoe cal ou cales das seguintes afirmacións son certas:

a) Se circula ao dobre de velocidade, tarda o dobre de tempo en frear.
b) Se circula ao dobre de velocidade, percorre o dobre de distancia ao frear.
c) Se circula ao dobre da velocidade, frea con dobre de aceleración.
d) Ningunha das anteriores é correcta.

S46. Imos por unha estrada circulando a unha velocidade de 108 km/h durante 1 hora e 30 minutos. Despois paramos durante 15 minutos e regresamos cara ao punto de partida a unha velocidade de 20 m/s durante 45 minutos. Calcule: a) a posición final, b) a distancia total percorrida, c) a velocidade media.

S47. Desde un balcón que se atopa a 25 m sobre o chan dunha rúa, guindamos un corpo verticalmente cara a abaixo cunha velocidade de 5 m/s. Calcule o tempo que tarda en chegar ao chan.

S48. Deixamos caer libremente un corpo e tarda 15 s en chegar ao chan. Calcule a altura desde a que caeu.

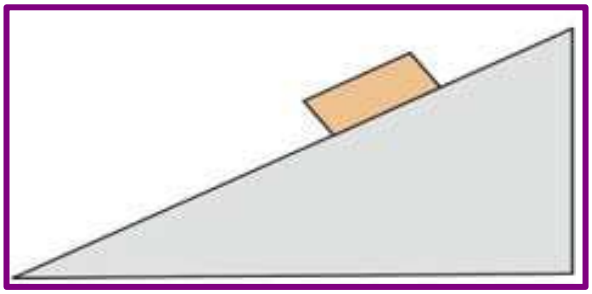
S49. A altura dos trampolíns olímpicos adoita ser de 1m, 3 m, 5 m e 10 m. Determine a velocidade coa que se chega á auga e o tempo que se tarda en chegar saltando desde cada un deles.

Dinámica

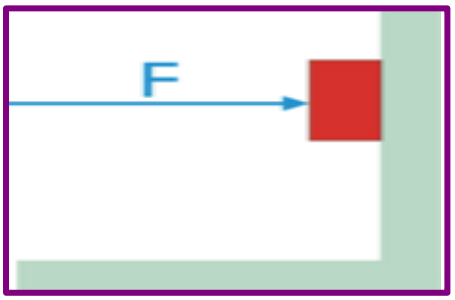
S50. O resultado de sumar dúas forzas perpendiculares é unha forza de valor (módulo) 53,85 N. Se unha das forzas que se sumou vale 20 N, canto vale a outra forza?

S51. Na Lúa a gravidade vale 1,6 m/s^2 aproximadamente. Se unha muller pesa 686 N na Terra, canto pesará na superficie lunar?

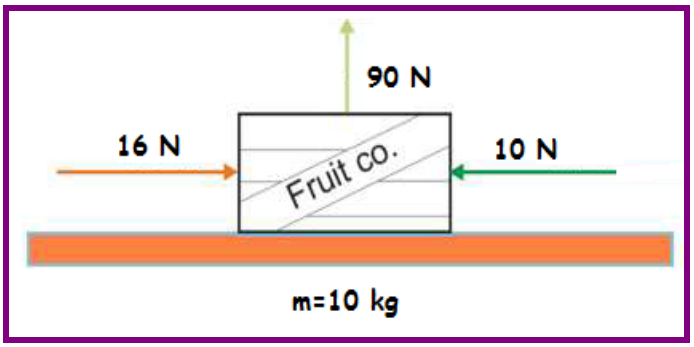
S52. Un bloque de pedra está en repouso enriba dunha costa. Razoa se, neste caso, o peso da pedra e a forza normal entre ela e a costa valen o mesmo. Teña en conta a dirección e o sentido de cada unha desas forzas.



S53. Debuxe en forma de vectores as forzas que actúan sobre o corpo vermello, que está apertado contra unha parede vertical.



S54. Sobre unha caixa de froita de 10 kg de masa exercemos as forzas que amosa a figura, ademais do peso da caixa. Supoña que non hai rozamento contra o chan. Calcule o valor, a dirección e o sentido da forza total resultante sobre a caixa. Indique se se moverá a caixa e cara a onde.



S55. Dous coches de 1.500 kg cada un e unidos por unha corda tiran en direccións contrarias, un deles con 2.900 N e o outro con 3.200 N. Calcule a aceleración coa que se moverán.

S56. O coeficiente de rozamento entre un baúl e o chan horizontal é de 0,3. Se o baúl ten 80 kg de masa, que forza horizontal cómpre facer sobre el para que se mova?

S57. Un corpo de 50 kg de masa está sometido a unha aceleración a = 4 m/s^2. A forza que actúa sobre el é a resultante de dúas forzas que teñen a mesma dirección. Se unha delas vale F_1 = 300 N, canto valerá a outra? Actúan as dúas forzas no mesmo sentido?

Máquinas

S58. Cun sistema de cinco poleas móbiles quérese levantar un peso de 1 Tm. Que forza será precisa para o facer? [Dato: 1 Tm = tonelada métrica = 1.000 kg].

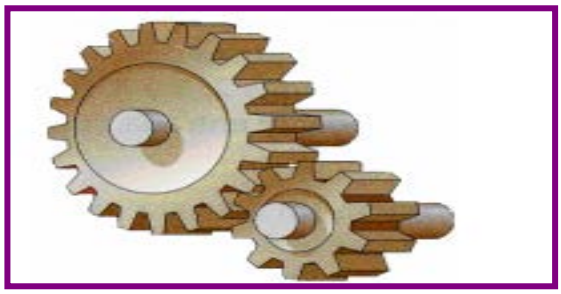
S59. Cales son as relacións de transmisión máxima e mínima que se poden alcanzar nunha bicicleta con dous pratos de 44 e 48 dentes? E con catro piñóns de 16, 18, 20 e 22 dentes?

S60. Queremos levantar un corpo de 300 N de peso cunha panca de primeira clase de 9 m de lonxitude. Se o brazo de resistencia é de 3 m, cal será o brazo de potencia e canto valerá a potencia que temos que aplicar?

S61. Para unha panca de primeira clase, encha o seguinte cadro:

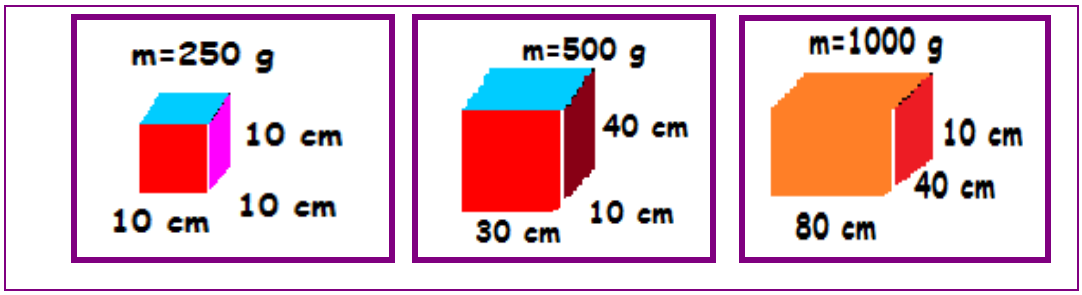
POTENCIA (N)	BRAZO POTENCIA (m)	RESISTENCIA (N)	BRAZO RESISTENCIA (m)
10	2	4	
	0.5	15	1.5
20	1	10	
9	6		3

S62. No seguinte debuxo calcule a relación de transmisión e o sentido de xiro de cada roda. A que velocidade xirará a roda motriz (a máis grande) se a de saída xira a 60 rpm?



Presión

S63. Calcule a presión que exercen no chan cada un dos seguintes prismas:



S64. O experimento de Torricelli constituíu o fundamento dos barómetros de mercurio, pero na actualidade temos outros barómetros chamados aneroides. Procure información de como traballa este tipo de barómetro e faga un debuxo explicativo.

4. Solucionario

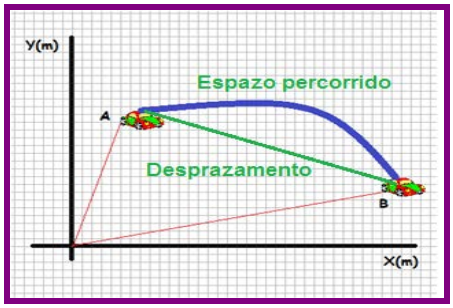
4.1.1 Solucionario de actividades propostas

S1. *A) Non se move v = 0; B) v = 10 Km/h; C) A v = 80 km/h*

S2.

▪ O do Sol.	Na Terra.
▪ Un avión que vai de Vigo a Madrid.	No aeroporto de Vigo.
▪ Unha pedra que cae dun edificio.	No chan ou na terraza do edificio.

S3.



Contando as cuadrículas de cada unha das liñas:

Distancia percorrida = 28 m.

Desprazamento = 24 m.

S4.

Tren A	Tren B
a) v_m = 63,85 km/h	a) v_m = 49,67 km/h
b) v_m = 76,41 km/h	b) v_m = 92,16 km/h

S5. *v = 6 km/h t = 3 h x = 9 km.*

S6. *x = 9,4608 10^{12} km.*

S7. *Tardan t = 1,66 s e atópanse en x = 66,67 m medidos desde a orixe.*

S8. *A) Non se move. B) O móbil vai con MRU cara a nós. C) Primeiro afástase da orixe con MRU e despois para aos tres segundos.*

S9. *t = 1 hora 6 min 40 s.*

S10. *a) 48 km; b) 102 km; c) 23,04 km/h.*

S11. *a = -1,67 m/s^2 x = 187,5 m.*

S12. *v = 39,2 m/s h = 19,6 m.*

S13. *t = 11 da mañá; x = 50 km.*

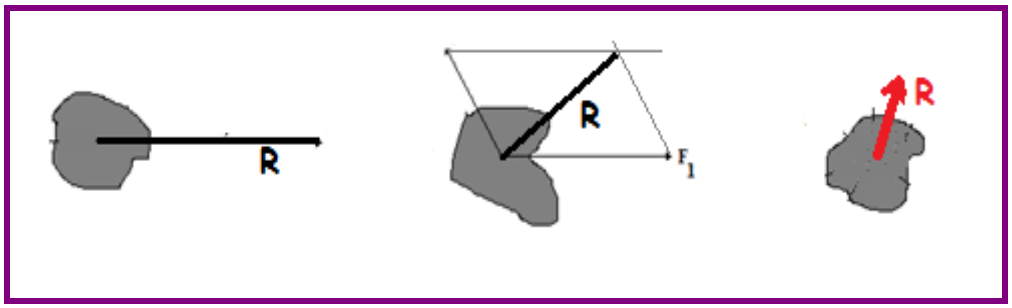
S14. *R = 17 N.*

S15. *R = 30 N.*

S16. *A constante elástica é K= 1/2 N/m.*

▪ Forza	1 N	2 N	3 N	4 N	5 N
▪ Alongamento	2 cm	4 cm	6 N	8 cm	10 cm

S17.



S18. *A) R = 100 N B) R = 100 N C) R = 5 N.*

S19. *A) a = 25 m/s^2; b) x = 312.5 m c) v = 125 m/s d) que non haxa ningunha forza aplicada sobre el.*

S20. *a = 3 m/s^2 a = 2.33 m/s^2.*

S21. *a = 8,04 m/s^2 v = 160,8 m/s.*

S22. *v = 2,62 m/s.*

S23. *μ = 0,136 Fr = 1333,33 N.*

S24. *g_L = 1,568 m/s^2 P = 125,44 N.*

S25. *F = 72000 N.*

S26. *b = 0,51 m.*

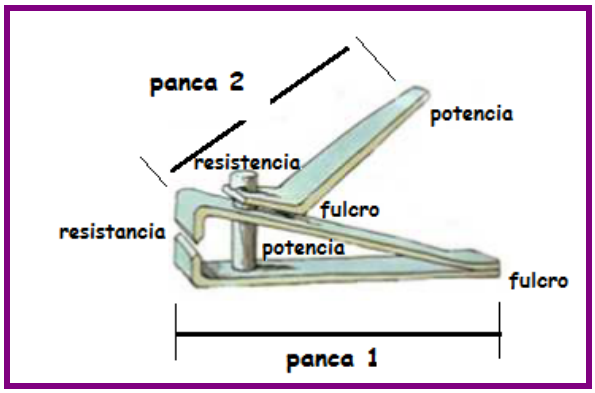
S27.

3ª clase	1ª clase	1ª clase	1ª clase

S28. *O plano inclinado ten que ter unha lonxitude de 6 m e unha altura de 1 m.*

S29. *A tres veces máis distancia do fulcro que o outro.*

S30.



Panca 1 = 3ª clase; panca 2 = 1ª clase

S31. *i = 0,75 é un sistema redutor.*

S32. *i= 0,25; n_c= 50 r.p.m. é un sistema redutor.*

S33. *i = 1/3 = 0,33; n_c = 400 r.p.m.*

S34. *F = 98 N.*

S35. *$S = 10^{-8}\ m^2$; $P = 5 \cdot 10^8$ Pa; Peso = $5 \cdot 10^8$ N, masa $\cong$ 50 000 000 kg.*

S36. *p_{maior} = 5154,8 Pa p_{menor} = 30928,8 Pa.*

S37. *p = 0,351 atm; p = 35588,29 Pa.*

S38. *p = 101300 Pa $\rightarrow$ F = 101300 N.*

S39. *Todos estes fenómenos débense á acción da presión atmosférica.*

S40. *No interior da esfera fíxose un gran baleiro. No exterior actúa a forza debido a presión atmosférica.*

S41. *Interpretación segundo os datos do xornal correspondente.*

S42. *Observación do vídeo.*

4.1.2 Solucionario de actividades finais

S43. *a) MRU; parado; MRU; parado, MRU. b) v_m = 10 m/s; v_m = 0 m/s; v_m = -1,875 m/s; v_m= 0 m/s; v_m= -2,08 m/s.*

S44. *Ver os contidos teóricos.*

S45. *Certo, falso, falso, falso.*

S46. *x = 90 km do punto de partida; 198 km; v_m = 22 m/s = 79,2 km/h.*

S47. *t = 1,8 s.*

S48. *h = 1102,5 m.*

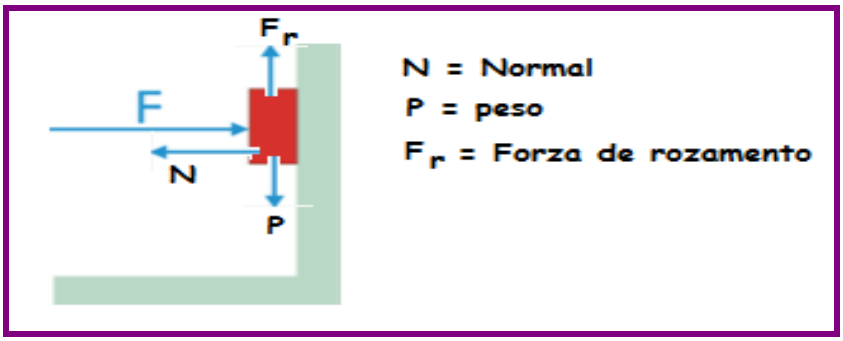
S49. *t = 0,45 s; t = 0,70 s; t = 1,01 s; t = 1,425 s; v = 4,41 m/s; v = 6,86 m/s; v = 9,9 m/s; v = 13,91 m/s.*

S50. *F = 50 N.*

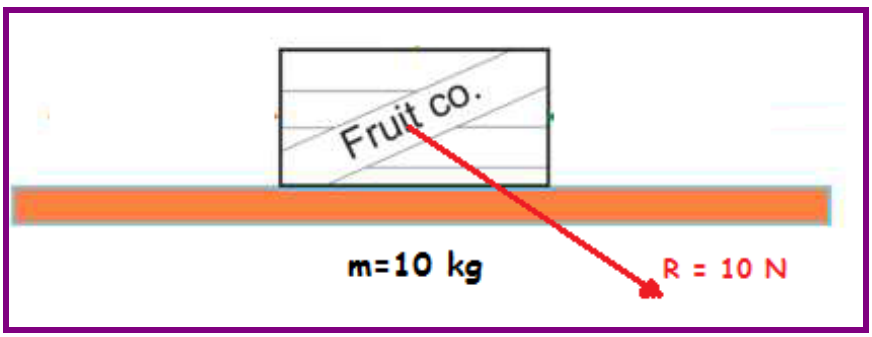
S51. *P = 112 N.*

S52. *Non, a normal é perpendicular á superficie de apoio, neste caso á do plano inclinado, e o peso tira verticalmente cara ao interior da Terra.*

S53.



S54.



S55. *$a = 0,1\ m/s^2$.*

S56. *$F = 235,2\ N$.*

S57. *$F_2 = 500\ N$ en sentido contrario a F_1.*

S58. *$F = 306,25\ N$.*

S59. *$i_{max} = 3$; $i_{min} = 2$.*

S60. *$a = 6\ m$; $F = 150\ N$.*

S61.

POTENCIA (N)	BRAZO POTENCIA (m)	RESISTENCIA (N)	BRAZO RESISTENCIA (m)
10	2	4	5
45	0.5	15	1.5
20	1	10	2
9	6	18	3

S62. *$i = 2$; $n_m = 30$ r.p.m.*

S63. *a) $p = 25\ Pa$; b) $p = 16,67\ Pa$; c) $p = 3,125\ Pa$.*

S64. *Creación propia.*

5. Glosario

A	▪ Atmosfera	Capa gasosa que arrodea a Terra e a outros corpos celestes. Tamén é unha unidade de medida da presión.
C	▪ Composición de forzas	Chámase así o resultado de sumar forzas tendo en conta o seu carácter vectorial, é dicir, tendo en conta o seu valor, a súa dirección e o seu sentido.
	▪ Coulomb (culombio):	Unidade de cantidade de electricidade no sistema internacional. Equivale á cantidade de electricidade transportada por unha corrente de 1 ampere en 1 segundo.
D	▪ Deformación	Variación na estrutura dun corpo sen se producir movemento
	▪ Dinámica	Parte da física que estuda o movemento dos corpos en relación coas causas que o producen, as forzas.
E	▪ Elástico	Calidade dun obxecto ou materia que se pode estirar e deformar recuperando a súa posición cando cesa a forza que o altera.
	▪ Engrenaxe	Relativo ás rodas dentadas que encaixan entre elas.
G	▪ Gráfica	Gráfico ou representación gráfica é un tipo de representación de datos, xeralmente numéricos, mediante recursos gráficos (liñas, vectores, símbolos etc). Comunmente, representan a variación dunha magnitude cando varía outra da cal depende.
	▪ Grave, de caída de graves	Son os obxectos que caen polo seu propio peso sometidos á forza da gravidade
I	▪ Inercia	Incapacidade que teñen os corpos de modificaren por si mesmos o seu estado de repouso ou de movemento no que se atopan.
N	▪ Normal	Liña recta ou dun plano que é perpendicular a outra recta ou a outro plano.
P	▪ Paralelo e perpendicular	Cando dúas direccións forman entre elas un ángulo de 0º, entón dise que son paralelas. Se o ángulo formado entre elas é de 90º, entón dise que son perpendiculares.
	▪ Polea	Mecanismo que consiste nunha roda xiratoria de bordo acanalado, polo que se desliza unha corda ou cadea, e que serve para mover ou levantar cousas pesadas.
R	▪ Rectilíneo	En liña recta.
T	▪ Transmisión	Conxunto de mecanismos que comunican o movemento duns corpos a outros alterando o seu movemento.
U	▪ Uniforme	Que ten ou presenta sempre a mesma forma. Unha magnitude uniforme é unha magnitude cuxo valor é sempre o mesmo, é constante

6. Bibliografía e recursos

Bibliografía

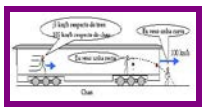
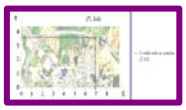
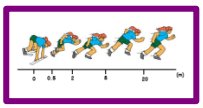
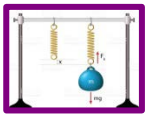
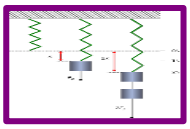
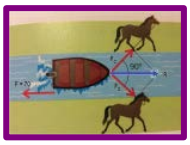
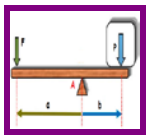
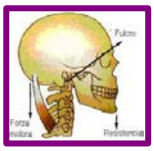
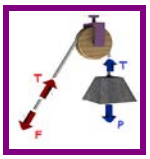
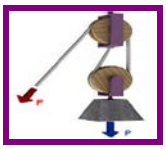
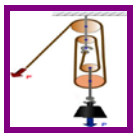
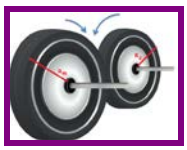
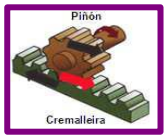
- Física e Química 4º ESO (Aula 3D). Ed. Vicens Vives (2016).
- Física e Química 4º ESO Proxecto Ánfora. Ed. Oxford (2016).
- Física e Química 4º ESO Proxecto Saber y Hacer. Ed. Santillana (2016).
- Física e Química 4º ESO Edebe On. Ed. Edebé (2016).

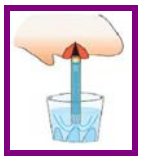
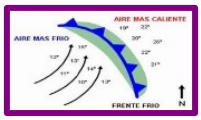
Ligazóns de Internet

- http://recursostic.educacion.es/secundaria/edad/4esofisicaquimica/impresos/curso_completo.pdf
- http://www.edu.xunta.es/web/unidadessemipresenciais
- http://www.areaciencias.com/meteorologia/mapa-del-tiempo.html
- https://www.edu.xunta.es/espazoAbalar/sites/espazoAbalar/files/datos/1464947673/contido/2_mquinas_simples.html/
- http://recursostic.educacion.es/newton/web/unidades_alfabetico.php/
- http://www.aemet.es/es/eltiempo/prediccion/comunidades/ayuda/

7. Anexo. Licenza de recursos

Licenzas de recursos utilizadas nesta unidade didáctica

RECURSO (1)	DATOS DO RECURSO (1)	RECURSO (2)	DATOS DO RECURSO (2)
 RECURSO 1	▪ Procedencia: http://www.educarchile.cl/ech/pro/app/detalle?ID=133116	 RECURSO 2	▪ Procedencia: http://www.edu.xunta.gal/portal/ea/materiais-didacticos
 RECURSO 3	▪ Procedencia: https://clasevirtualsocialestjdotcom.wordpress.com/category/uncategorized/	RECURSO 4	▪ Procedencia: http://www.laciudadesmeralda.es/jugar-con-plastilina
 RECURSO 5	▪ Procedencia: http://es.123rf.com/imagenes-de-archivo/elasticidad.html	RECURSO 6	▪ Procedencia: https://es.wikipedia.org/wiki/Dinam%C3%B3metro
 RECURSO 7	▪ Procedencia: http://experimentaaprendiendo.blogspot.com.es/2015/06/actividades-practicas-2-ley-de-hooke.html	RECURSO 8	▪ Procedencia: http://www.ibdciencia.com/es/accesorios-de-mecanica-para-laboratorio/4170-ley-de-hooke-conjunto.html
 RECURSO 9	▪ Procedencia: http://asturquimica.com/problems/4eso	 RECURSO 10	▪ Procedencia: http://www.edu.xunta.gal/portal/ea/materiais-didacticos
 RECURSO 11	▪ Procedencia: http://www.edu.xunta.gal/portal/ea/materiais-didacticos	RECURSO 12	▪ Procedencia: http://www.edu.xunta.gal/portal/ea/materiais-didacticos
 RECURSO 13	▪ Procedencia: licenza CC-BY-SA. Elaboración propia a partir de: *Polea simple fija*. De César Rincón, en Wikipedia Commons. Licenza CC BY-SA 3.0.	 RECURSO 14	▪ Autoría: elaboración propia a partir de: *Polea simple* ▪ Licenza: licenza CC-BY-SA. ▪ Procedencia: *móvil*. De César Rincón, en Wikipedia Commons. Licenza CC BY-SA 3.0
 RECURSO 15	▪ Procedencia: licenza CC-BY-SA. Elaboración propia a partir de:Four pulleys. De Prolineserver en Wikimedia Commons. Licencia CC-BY-SA-3.0	 RECURSO 16	▪ Procedencia: Manuel Torres Búa. licenza CC-BY-SA.
 RECURSO 17	▪ Procedencia: http://www.edu.xunta.gal/portal/ea/materiais-didacticos	RECURSO 18	▪ Procedencia: http://www.edu.xunta.gal/portal/ea/materiais-didacticos

RECURSO (1)	DATOS DO RECURSO (1)	RECURSO (2)	DATOS DO RECURSO (2)
 RECURSO 19	▪ Procedencia: http://www.tutiempo.net/meteorologia/articulos/experimentos-presion-atmosferica.html	RECURSO 20	▪ Procedencia: http://www.educarchile.cl/ech/pro/app/detalle?ID=133170
RECURSO 21	▪ Procedencia: http://www.edcomex.net/ventosas-de-vacio	RECURSO 22	▪ Procedencia: http://www.areaciencias.com/meteorologia/mapa-del-tiempo.html
RECURSO 23	▪ Procedencia: http://www.tutiempo.net/meteorologia/articulos/experimentos-presion-atmosferica.html	 RECURSO 24	▪ Procedencia: http://www.areaciencias.com/meteorologia/mapa-del-tiempo.html