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

Educación secundaria
para persoas adultas

Ámbito científico tecnolóxico

Educación a distancia semipresencial

Módulo 3

Unidade didáctica 6

Enerxía I

Índice

1. Introdución

1.1 Descrición da unidade didáctica

A palabra enerxía provén do grego "*energos*", asociada a "*en*" (*dentro ou interior*) e "*ergos*" (*traballo*). Con todo, non é ata a época de Galileo cando a enerxía se asocia coa capacidade de producir traballo. Posteriormente, co matemático holandés Christiaan Huygens, a enerxía asóciase ao concepto de forza viva, "*vis viva*", definida como o produto da masa polo cadrado da velocidade, relacionándoa, por tanto, coa produción de movemento.

Desde unha *perspectiva macroscópica* definimos varios tipos de enerxías: cinética, gravitacional, elástica, térmica, eléctrica, química, radiante, nuclear, másica. Con todo, desde o *punto de vista microscópico* só cabería pensar en dúas formas de enerxía: unha *cinética*, debida ao movemento das partículas; e outra *potencial*, debido á interacción entre elas. Todas as formas de enerxía poderían xustificarse a partir destas dúas últimas.

Nesta unidade analizaremos o traballo e a calor como formas de transferir enerxía, estudaremos as enerxías que chamamos mecánicas, que son a cinética e potencial gravitacional, e introduciremos a formulación matemática do principio de conservación da enerxía mecánica, o que nos permitirá analizar a evolución dun proceso físico a partir de que unha determinada cantidade manteña sempre o mesmo valor ao longo de todo o proceso.

Para terminar, asociaremos a enerxía cinética dos electróns ao seu movemento ao longo dun condutor e a súa capacidade para producir o que chamamos corrente eléctrica. Definiremos o concepto de resistencia eléctrica e de voltaxe aplicándoos á resolución dos circuítos eléctricos.

1.2 Coñecementos previos

Cómpre repasar do Módulo II a Unidade 7, os tipos e as transformacións de enerxía, identificalos e valorar como se poñen de manifesto nos fenómenos cotiáns.

Do Módulo II Unidade 5, interesa revisar o concepto de calor. Deste mesmo módulo, na Unidade 6, a explicación da natureza do enlace metálico utilizando a teoría dos electróns libres.

Da Unidade 5 deste Módulo III, o coñecemento dos distintos tipos de forzas e os efectos sobre os corpos nos que actúan aplicando a segunda lei de Newton, así como os movementos e as ecuacións dos movementos uniforme e uniformemente acelerado.

Cómpre repasar a resolución de ecuacións de primeiro grao de matemáticas.

1.3 Criterios de avaliación

- Recoñecer que a enerxía é a capacidade de producir transformacións ou cambios.
- Recoñecer que a calor e o traballo son dúas formas de transferencia de enerxía, identificando as situacións nas que se producen.
- Relacionar os conceptos de traballo e potencia na resolución de problemas, expresando os resultados en unidades do Sistema Internacional (SI) así como noutras de uso común.
- Analizar as transformacións entre enerxía cinética e enerxía potencial, aplicando o principio de conservación da enerxía mecánica, cando se despreza a forza de rozamento, e o principio xeral de conservación da enerxía, cando existe disipación desta debida ao rozamento.
- Explicar o fenómeno físico da corrente eléctrica e interpretar o significado das magnitudes intensidade de corrente, diferenza de potencial e resistencia, así como as relacións entre elas.

2. Secuencia de contidos e actividades

2.1 Intercambio de enerxía. Traballo e calor

Cando analizamos a enerxía sabemos que esta é necesaria para realizar calquera tarefa, xa sexa dun tipo ou doutro. Pero atopar unha definición xeral de enerxía non é doado, a máis aceptada é:

Enerxía: *é a magnitude física pola que os corpos teñen capacidade para realizar transformacións neles mesmos ou noutros corpos.*

Cando un sistema experimenta unha transformación, nós percibímola como movemento no sistema. Será preciso, polo tanto, determinar o tipo de movemento para identificar o tipo de enerxía co que tratamos.

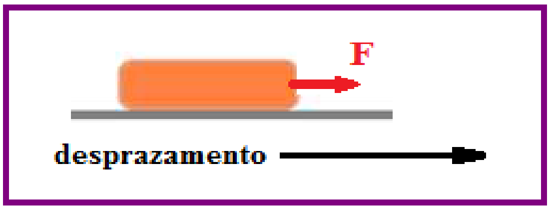
Formas de enerxía	Fontes de enerxía	Movemento
Mecánica Cinética Potencial gravitacional	Máquinas	Velocidade do sistema Altura dun sistema Deformación
Eléctrica	Térmicas Hidráulicas Eólicas Pilas	Electróns en movemento
Térmica	Combustións Química Efecto Joule (eléctrico)	Axitación de moléculas
Química	Produtos químicos Ruptura de enlaces	Partículas en movemento
Radiante	Sol	Radiación electromagnética Movemento ondulatorio
Nuclear	Fisión ou Fusión	Movemento de neutróns

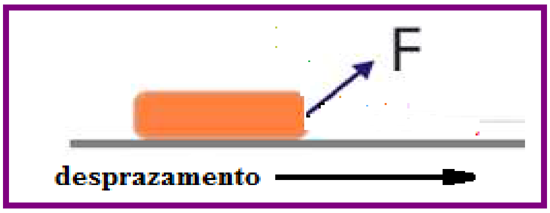
2.1.1 Traballo e enerxía

É habitual relacionar o concepto de traballo cun determinado esforzo ao que nos sometemos a nós ou a unha máquina na vida cotiá. Pero en física asociamos o concepto de traballo co feito de que haxa un desprazamento dun corpo ao que se lle aplica unha forza. Para que exista traballo teñen, polo tanto, que coexistir eses dous factores: "forza" e "desprazamento". Daquela podemos definir o traballo como:

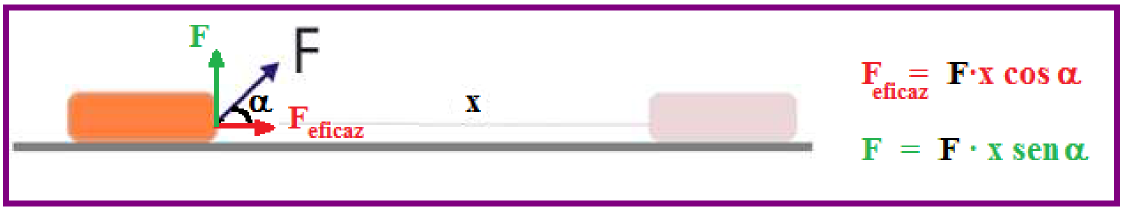
$W = F \cdot x$	Traballo é o produto da forza polo desprazamento.

Pero con esta definición quedamos curtos, xa que non é o mesmo que a forza estea dirixida na dirección do desprazamento ou que teña certa inclinación con respecto a esta dirección.



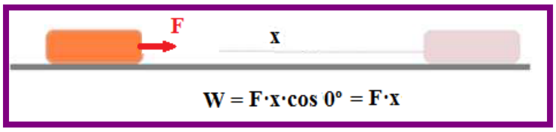


Falaremos entón de traballo eficaz como aquel en que a forza está dirixida na dirección do desprazamento. Para considerar isto matematicamente só temos que considerar que tanto a forza, *F*, coma o desprazamento, *x*, son vectores e, polo tanto, teñen módulo, dirección e sentido. Vimos na unidade 5 que sempre que teñamos varias forzas podémolas compoñer e obter unha forza resultante. Agora o proceso é o inverso: dada unha forza, sempre a poderemos descompoñer coma a suma dunha que tira na dirección do desprazamento e outra na dirección perpendicular a esta. Para calcular o traballo eficaz quedaremos tan só coa primeira e multiplicarémola polo desprazamento. O cálculo da forza na dirección do desprazamento require a utilización dunha función trigonométrica chamada *coseno*, que se pode obter coa calculadora. A definición quedaríanos así:

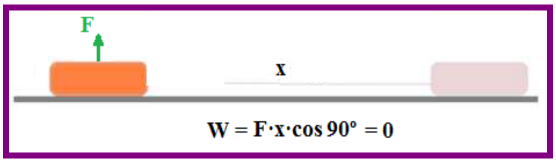


Traballo eficaz: $W = \mathrm{F} \cdot \mathrm{x} \cdot \cos\alpha$

Vemos con esta expresión do traballo que o seu valor dependerá da dirección na que actúe a forza. Podemos destacar tres situacións:

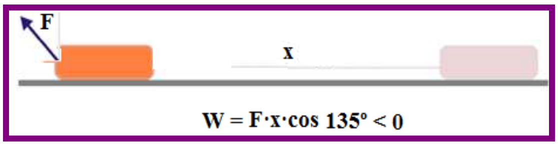


A forza e o desprazamento forman un ángulo entre 0º e 90º: o traballo será positivo; no caso de que o ángulo sexa de 0º, entón o traballo será o máximo W = F · x



A forza e o desprazamento forman un ángulo de 90º, son perpendiculares. Como o cos 90º = 0, o traballo será nulo:

W = F · x · cos 90º = 0



Se o ángulo está entre 90º e 180º, como o coseno é negativo, o traballo será negativo, será un traballo de freado. No caso especial de 180º, cos 180º = -1, logo:

W = F · x · cos 180º = - F · x

Podemos agora atopar unha definición da enerxía en termos de traballo:

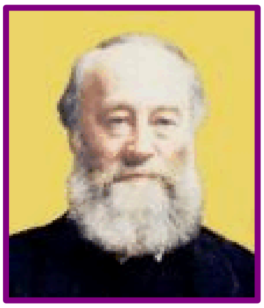
Enerxía é a capacidade que ten a materia para producir traballo.

O traballo realizado por un sistema ten que ser igual á súa variación da enerxía.

Unidades do traballo

Da propia definición do traballo, $W = F \cdot x$, como a forza no sistema internacional vai en Newtons e o desprazamento en metros, m, o traballo terá unidades de Newtons por metro, N · m. A estas unidades denominóuselles Joule, J, en honra do científico **James Prescott Joule**:

Un **Joule** *é a cantidade de traballo que ten que exercer unha forza dun Newton para desprazar un obxecto unha distancia dun metro.*



James Prescott Joule (1818 - 1899) físico inglés, nado en Salford, Manchester. Foi para moitos científicos o máis grande experimentador de todos os tempos. É coñecido, sobre todo, polas súas investigacións en electricidade e termodinámica. A natureza da calor, a súa relación co traballo mecánico, o que o conduciu á teoría da conservación da enerxía (primeira lei da termodinámica). Traballou con Lord Kelvin para o desenvolvemento da escala absoluta da temperatura, analizou a magnetostrición e encontrou unha relación entre a corrente eléctrica que atravesa unha resistencia e a calor disipada, chamada actualmente *lei de Joule*.

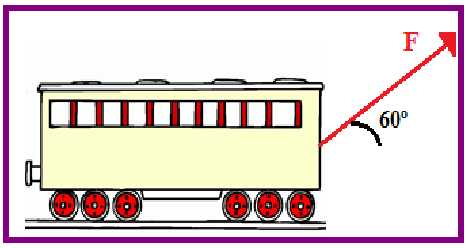
Actividade resolta

Determine a forza necesaria que hai que aplicarlle a un carro para que se desprace unha distancia de 10 m cando o traballo que consumimos é de 3.500 J.

A forza e o desprazamento van na mesma dirección, logo $W = F \cdot x$

$3.500 = F \cdot 10$ de onde $F = 350$ N

Aplícase unha forza de 300 N oblicuamente formando un ángulo de 60º para arrastrar un vagón sobre a vía unha distancia de 3 km. Que traballo se realizou?



Como a forza e o desprazamento forman un ángulo de 60º teremos que usar a función coseno:

$W = F \cdot x \cdot \cos 60^\circ = 300 \cdot 3.000 \cos 60^\circ = 450000$ J

2.1.2 Calor e enerxía

Acabamos de ver como podemos transferir enerxía por medio do traballo mecánico. Porén, hai outras formas de intercambio de enerxía que non se poden cuantificar a través do traballo. O intercambio de enerxía térmica a calorífica cuantifícase pola calor e esta polas variacións da temperatura.

Segundo a teoría cinético molecular da materia cando elevamos a temperatura dun corpo, as súas moléculas móvense cada vez a maior velocidade, é dicir, ganan enerxía. A esta axitación das moléculas é ao que lle chamamos enerxía térmica, e a temperatura é o que nos dá unha medida desta enerxía. Cando dous corpos a diferentes temperaturas se poñen en contacto, chega un momento en que ambos están á mesma temperatura, a axitación térmica das moléculas dun transferiuse ao outro ata acadar o que chamamos equilibrio térmico.

Calor: é a transferencia de enerxía que ten lugar desde un corpo quente (a maior temperatura) a outro frío (a menor temperatura) ao poñelos en contacto.

Medir a temperatura é polo tanto medir a axitación térmica das substancias. Como podemos cuantificar isto? A idea que se lles ocorreu aos científicos foi tomar unha substancia nun estado determinado e darlle un valor, tomar a mesma substancia noutro estado e poñerlle outro valor, e facer logo unha escala entre ambos os valores.

Na escala Celsius de temperatura púxoselle o valor de 0 ao punto de fusión da auga, e o valor de 100 ao punto de ebulición e marcouse unha escala con 100 divisións, a cada unha destas divisións chamóuselle grao, a esta escala tamén se lle coñece como centígrada (centi-grado = cen graos).

Outra escala de temperaturas é a escala Kelvin, nela tómase como referencia que un corpo con temperatura 0 non ten absolutamente ningunha axitación térmica, todas as súas partículas constituíntes están totalmente quietas, non hai ningún movemento, e a partir de aquí aceptouse unha distancia entre temperatura equivalente ao grao Celsius. Nesta escala a fusión da auga prodúcese a 273 e a ebulición a 373, pero neste caso non falaremos de graos, xa que a escala non está graduada, son temperaturas absolutas e diremos 373 Kelvin, 373 K.

Equivalencia entre escalas: $T(K) = T(^oC) + 273$

Agora que xa sabemos como determinar a variación na axitación térmica dunha substancia, é dicir, medir a súa temperatura; podemos analizar como cuantificar a cantidade de enerxía transferida cando cambia a súa temperatura, ou sexa, determinar a calor transferida.

Podemos observar tres sinxelas experiencias: primeiro, que canto máis tempo quentemos unha substancia cunha chama, máis aumenta a temperatura; segundo, se quentamos un vaso con medio litro de auga e outro cun litro, ambos ata a mesma temperatura, o que ten máis auga ten que estar máis tempo ao lume; e en terceiro lugar, se quentamos a mesma masa de auga e de ferro para acadar a mesma temperatura, ten que estar tempos diferentes. Sacamos logo tres conclusións:

A transferencia de calor vai depender de:

– A variación da temperatura da substancia ao longo do proceso.
– A cantidade de masa da substancia.
– A natureza da substancia. Non é o mesmo se é auga que se é ferro.

Se queremos unha expresión matemática destas conclusións teremos:

$$Q = m \cdot c \cdot (T_f - T_i)$$

Q é a calor, a transferencia de enerxía para que un corpo cambie a súa temperatura.

m é a cantidade de masa da substancia que estamos quentando.

c é a calor específica da substancia, é a cantidade de calor que temos que subministrar a un quilogramo de substancia para aumentar a súa temperatura un grao centígrado ou un Kelvin. Esta cantidade obtense por calorimetría nos laboratorios para cada material e recóllese nunhas táboas.

Táboa de calores específicas, c.						
Substancia	Auga	Amoníaco	Ferro	Cobre	Oxíxeno	Vapor de auga
c; $\left(\frac{J}{kg \cdot K}\right)$	4.180	4.798	1.450	1.383	1.902	2.060

T_f e T_i son as temperaturas finais e iniciais da substancia.

Unidades de calor

Xa vimos antes que o traballo se relaciona coa variación da enerxía, logo esta ten as mesmas unidades ca o traballo e como a calor é unha forma de transferencia de enerxía, as súas unidades teñen que ser as mesmas, así que logo o Joule é a unidade de calor no SI.

Se en lugar de utilizar para a masa o quilogramo do SI utilizamos o gramo, podemos expresar a unidade de calor en calorías, definidas como a cantidade de calor que temos que subministrar a un gramo de auga para aumentar a súa temperatura un grao. A equivalencia é:

1 cal = 4,18 J   1 kcal = 4.180 J

Actividade resolta

Unha peza de cobre de 100 g arrefríase desde os 80 ºC ata os 45 ºC. Se a calor específica do cobre é 339 J/kg · K, a cantidade de calor que cede sería suficiente para quentar 100 g de auga desde os 11 ºC ata os 26 ºC? $C_{(auga)}$ = 4.180 J/kg · K

O primeiro será ter moito coidado coas unidades, as masas teñen que estar en kg e as temperaturas en Kelvin, así a masa de cobre é m = 100 g = 0,1 kg.

T_f = 45 ºC + 273 = 318 K; T_i = 80 ºC + 273 = 353 K

A calor que cede ao arrefriar é: $Q = c \cdot m \cdot (T_f - T_i) = 339 \cdot 0{,}1 \cdot (318 - 353) = -1.186{,}5$

Observe que é unha cantidade negativa, o que quere dicir que é unha calor que cede, que o sistema desprende.

Vemos ata que temperatura podemos quentar a auga con esta calor: T_i = 11 ºC + 273 = 284 K; m = 0.1 g de auga

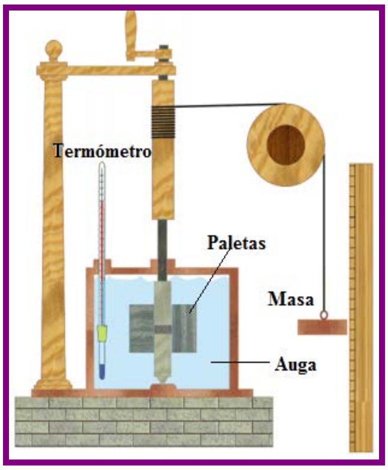
$Q = c \cdot m \cdot (T_f - T_i) \rightarrow 1.186{,}5 = 4180 \cdot 0{,}1 \cdot (T_f - 284) \rightarrow T_f = 284 + \frac{1.186{,}5}{418} = 286{,}84\ K$

Logo T_f = 286,84 – 273 = 13,84 ºC non será suficiente para elevar a temperatura ata os 26 ºC.

Dado que neste problema só se traballa con diferenzas de temperaturas, poderiamos resolvelo sen necesidade de pasar a temperatura a Kelvin.

Relación entre a calor e o traballo.

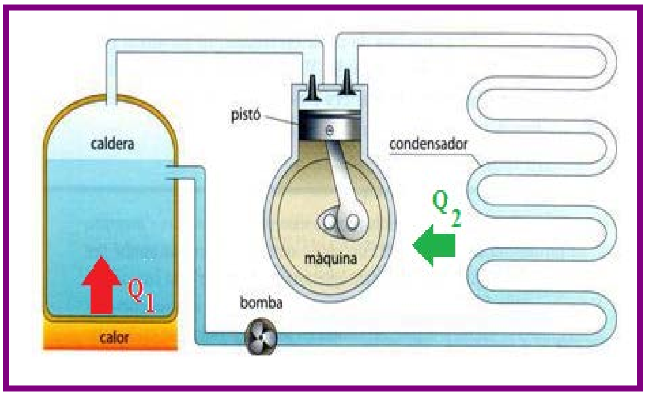
Vimos que tanto a calor coma o traballo son unha transferencia de enerxía, pero foi o gran científico James Prescott Joule o que conseguiu demostrar experimentalmente a equivalencia entre a calor e o traballo e, daquela, formular o principio de conservación da enerxía que se coñecería despois como o primeiro principio da termodinámica.

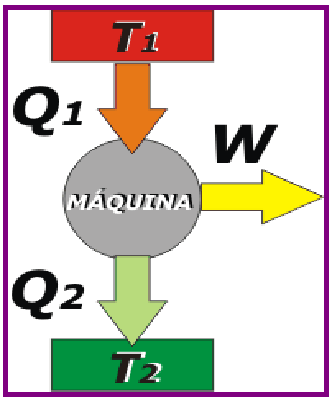


Joule propúxose demostrar que se podía elevar a temperatura da auga transferíndolle enerxía mecánica. O aparello que empregou móstrase na figura. No interior dun recipiente perfectamente illado, introdúcese 1 kg de auga a 14,5 ºC. Ao recipiente axústanselle unhas paletas conectadas mediante unha corda cunha masa que pode caer. Conforme a masa cae, as paletas xiran, polo que a enerxía de caída da pedra se converte en traballo mecánico das paletas xirando. Debido a este xiro, a auga aumenta de temperatura (o xiro das paletas transfórmase en calor). Joule demostra, ademais, que sempre que se realiza a mesma cantidade de traballo obtense a mesma cantidade de calor independentemente de se o traballo é eléctrico, mecánico ou químico.

Con este experimento Joule logra demostrar que todo o traballo mecánico pode ser transformado en enerxía térmica, pero o contrario non é certo, non toda a calor pode ser transformada en enerxía mecánica, sempre haberá unha cantidade de calor que terá que ser cedida a un foco frío. Este é o principio de funcionamento dunha máquina térmica. Por exemplo, se observamos unha maquina de vapor, ten unha caldeira onde se quenta a auga para se converter en vapor, este expándese no interior dun cilindro e move unha biela que nos proporciona o traballo mecánico. Pero para que o pistón volva ao seu sitio, o vapor ten que condensarse de novo e para iso ten que perder calor; neste caso o foco frío é o ambiente.

O traballo mecánico que pode proporcionar unha máquina térmica vén dado pola diferenza entre a calor absorbida da caldeira e a que cede ao foco frío ao arrefriar.





Máquina de vapor	Esquema máquina térmica

Nos esquemas da figura, Q_1 é a calor absorbida no foco quente a temperatura T_1, e Q_2 é a calor que cede ao foco frío a temperatura T_2. Poderemos establecer que o traballo mecánico que pode realizar unha máquina térmica será a diferenza entre as calores absorbidas e cedidas:

$$\mathrm{W} = Q_1 - Q_2$$

O rendemento de calquera transformación enerxética é:

$$Rendemento\ (\%) = \frac{enerxía\ útil}{enerxía\ consumida} \cdot 100$$

Xa que logo, para unha máquina térmica teremos que o rendemento se denota normalmente coa letra grega η (eta):

$$\eta(\%) = \frac{W}{Q_1} \cdot 100 = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \cdot 100$$

Principio de conservación da enerxía

A partir dos estudos de Joule é fácil comprender que chegase a formular o principio de conservación da enerxía:

“A enerxía non se crea nin se destrúe, tan só se transforma”

No exemplo da máquina térmica a enerxía absorbida en forma de calor transfórmase en traballo mecánico.

Actividade resolta

Unha caldeira dunha máquina de vapor absorbe unha calor de 2.000 J e produce o traballo necesario para elevar un pistón de 50 kg a unha altura de 2 m. Determine: a) a calor que se cedeu ao foco frío, b) o rendemento da máquina térmica.

a) Para unha máquina térmica temos que $W = Q_1 - Q_2$, logo a calor cedida ao foco frío é $Q_2 = Q_1 - W$

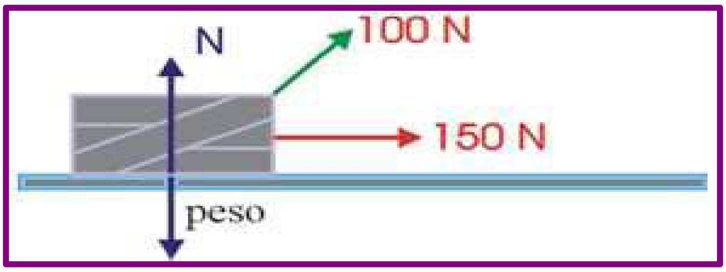
E o traballo para subir o pistón é: $W = F \cdot x$; a forza será o peso do pistón $P = m \cdot g$, e o desprazamento a altura x = 2 m. Polo tanto: $W = 50 \cdot 9{,}8 \cdot 2 = 980$ J

Logo $Q_2 = 2.000 - 980 = 1.020$ J

b) O rendemento será: $\eta(\%) = \frac{W}{Q_1} \cdot 100 = \frac{980}{2.000} \cdot 100 = 49\ \%$

Actividades propostas

S1. Se sobre un corpo actúan varias forzas, cada unha fai o seu propio traballo. O traballo total efectuado sobre o obxecto é a suma dos traballos individuais de cada unha das forzas. Sobre a caixa de froita da figura, de 20 kg de masa, actúan as forzas que se mostran. A caixa avanza sobre o chan unha distancia de 15 metros. A forza de 100 N está inclinada 60º. Calcule o traballo realizado por cada unha das forzas que actúan e o traballo total. Comprobe se o traballo total é o mesmo ca o traballo realizado pola forza total resultante.



S2. Conteste razoadamente as preguntas seguintes:

a) Unha forza de 10 unidades actúa durante 5 s sobre un corpo provocándolle un desprazamento de 20 m. Realizaría o mesmo traballo se no canto de tardar 5 s tardase o dobre?

b) Un guindastre eleva 10 m unha carga de ladrillos; despois desprázaa horizontalmente 25 m con velocidade uniforme. En que momento realiza o maior traballo?

c) Por que unha forza centrípeta nunca realiza traballo?

d) Dúas forzas, unha de 20 N e outra de 40 N, provocan o mesmo desprazamento ao actuar sobre un mesmo corpo. En que circunstancias podería ser que a primeira realizase o mesmo traballo ca a segunda?

S3. Arrastramos polo chan unha distancia de 10 m un caixón de 80 kg turrando cunha forza de 400 N. Se o coeficiente de rozamento entre o caixón e o chan é de 0,2, determinar o traballo realizado por cada unha das forzas que actúan sobre caixón e o traballo total.

S4. Unha máquina térmica traballa con 30 kg dunha mestura de líquidos especiais deseñado para ter unha capacidade calorífica de 2.180 J/kg · K. Se esta máquina traballa entre un foco frío a T = 25 ºC e un foco quente a 120 ºC, que cantidade de traballo se pode extraer dela?

S5. Se a máquina da actividade anterior fose un guindastre, canto peso podería elevar ata unha altura de 10 m?

2.1.3 Potencia

Cando temos que aplicar un criterio de eficiencia para discernir se unha máquina é mellor ca outra, non nos vai chegar co concepto de traballo, xa que dúas máquinas poden realizar o mesmo traballo pero unha pode facelo máis rápido ca a outra. Por exemplo, se temos que arrastrar unha masa determinada unha certa distancia, unha máquina pódeo facer en 10 s e outra nunha hora, temos que dicir que a primeira é máis eficiente, xa que fai o mesmo traballo pero máis rápido. Ou sexa que para ter un bo criterio de eficiencia temos que introducir o factor tempo.

Potencia: é a cantidade de traballo que se pode desenvolver na unidade de tempo.

$$P = \frac{W}{t}$$

A unidade de potencia no sistema internacional, SI, é o watt (W), na honra do científico escocés James Watt (1736-1819), inventor da máquina de vapor. Defínese como a potencia necesaria para realizar un traballo dun Joule nun segundo.

$$1\,watt = \frac{1\,Joule}{1\,segundo};\;\; W = \frac{J}{s};\; é\; frecuente\; utilizar\; o\; kW = 1.000W$$

Nos primeiros anos da máquina de vapor, nos inicios da primeira revolución industrial, era frecuente comparar o traballo realizado por unha máquina co que podía facer un cabalo, daquela que se falase doutra unidade de potencia que era o cabalo de vapor, CV, en inglés HP *horsepower.* O equivalente cos watts é:

$$1\; cabalo\; de\; vapor\; (CV) = 735{,}5\; W$$

Outra unidade de enerxía: como a potencia é o traballo na unidade de tempo, se damos a potencia dunha máquina e o tempo que emprega estamos indicando o traballo que fai ou a enerxía que consome, xa que logo usamos o quilowatt hora, kWh, cunha equivalencia de:

$$1\ kWh = 1.000\ W \cdot 1\ h = 1.000\ W \cdot 3.600\ s = 3.600.000\ J = 3{,}6\ 10^6\ J = 3{,}6\ MJ$$

É habitual que a potencia teórica dunha máquina non coincida coa potencia real que é capaz de desenvolver, sempre haberá algún tipo de perda de enerxía debido aos rozamentos dos compoñentes, ás vibracións, ao quentamento. Podemos falar entón do rendemento dunha máquina en termos de potencia como:

$$Rendemento\ (\%) = \frac{Potencia\ real}{Potencia\ teórica} \cdot 100$$

Na práctica a potencia real sempre será menor ca a teórica, polo que o rendemento será sempre inferior ao 100 %.

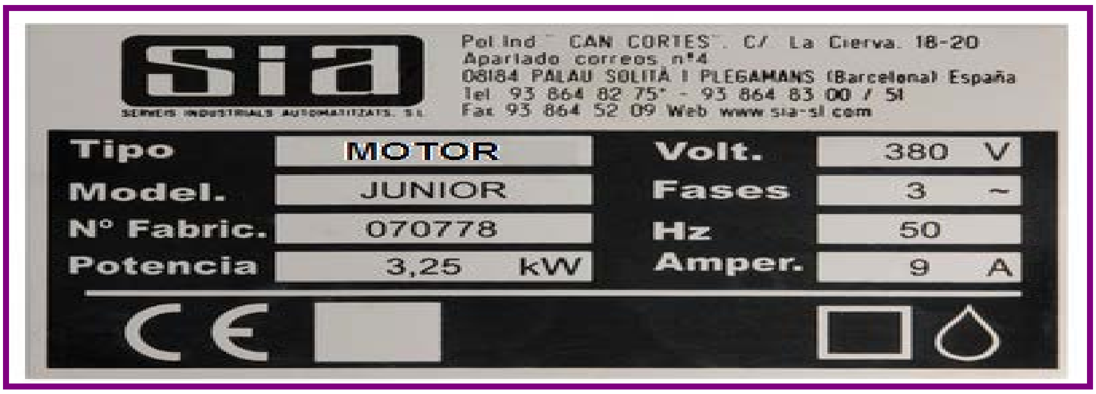
Actividade resolta

A placa do motor dun guindastre pode verse na figura e pon unha potencia de 3,25 kW. Se o motor tarda 7 s en elevar un obxecto de 100 kg ata unha altura de 16 m:

a) Cal é a potencia real do motor?

b) Coincide a potencia real coa potencia teórica?

c) Cal é o rendemento deste motor?



Para obter a potencia real, aplicaremos:

$P = \frac{W}{t}$ con W = F · x = m · g · h = 100 · 9,8 · 16 = 15.680 J; logo $P = \frac{15.680}{7} = 2.240\ W$

a) A potencia real do motor é: P = 2.240 W = 2,24 kW

b) Non coincide coa teórica, é menor.

c) Rendemento = $\frac{2{,}24}{3{,}25} \cdot 100 = 68{,}9\ \%$

Actividades propostas

S6. O motor dun guindastre ten que elevar un bloque cun peso de 2.250 N ata unha altura de 20 m.

a) Que traballo realiza?

b) Se tarda 10 s en realizar ese traballo, cal é a súa potencia?

c) Se a potencia teórica é de 6,5 kW, cal é o seu rendemento?

S7. Unha máquina realiza un traballo de 4.000 J cun rendemento do 25 %. Calcule o traballo útil que realmente se obtén.

S8. O motor dunha lavadora ten unha potencia teórica de 3 kW. Se o seu rendemento é do 75 %:

a) Cal é a súa potencia real?

b) Cal será o traballo que realiza se funciona durante 45 minutos?

c) Cal será o seu consumo de enerxía en kWh durante eses 45 minutos?

2.2 Enerxía mecánica

Temos, polo tanto, que o traballo é unha forma de transferir enerxía. Con esta enerxía os obxectos son capaces de producir cambios noutros obxectos ou ben en si mesmos, como modificar o estado do seu movemento, a súa forma ou a súa posición. Cando nos referimos a este tipo de cambios chamámoslle entón enerxía mecánica.

No que segue imos analizar dous tipos de enerxía mecánica: a cinética, relativa ao movemento que ten un obxecto; e a potencial gravitacional, que depende da posición dos obxectos no espazo.

2.2.1 Enerxía cinética

A enerxía cinética é a capacidade que ten un sistema para producir traballo polo feito de estar en movemento.

Podemos atopar unha expresión matemática para a enerxía cinética lembrando as fórmulas para o movemento uniformemente acelerado que vimos na unidade 5:

$$\left.\begin{array}{r} x = x_o + v_o t + \dfrac{1}{2} a t^2 \\ v = v_o + a \cdot t \end{array}\right\} \textit{combinando estas dúas ecuacións}: v^2 = v_o^2 + 2 \cdot a \cdot x$$

e desta última expresión dedúcese que: $x = \frac{v^2 - v_o^2}{2a}$ Se calculamos o traballo:

W = F · x = m · a · x = $m \cdot a \cdot \frac{v^2 - v_o^2}{2a}$; eliminando “a” e reordenando termos obtense:

W = $\frac{1}{2} m\, v^2 - \frac{1}{2} m v_0^2$. A esta cantidade é á que chamaremos enerxía cinética.

Logo a expresión para a enerxía cinética é:

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2$$

Depende de dous factores: a masa e a velocidade do corpo. Podemos ver tamén que as unidades que ten son kg $(m/s)^2$, que son as mesmas unidades que tiñamos para o traballo e que definimos como Joule, J.

Teorema das forzas vivas ou da variación da enerxía cinética.

Da expresión anterior dedúcese un importante resultado:

$$W = \frac{1}{2}m\,v^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$$

O traballo realizado pola forza resultante que actúa sobre un sistema é igual á variación da enerxía cinética, é dicir, a diferenza entre a enerxía que ten o móbil ao final e ao inicio do movemento. Se usamos o símbolo matemático Δ para expresar a diferenza, quédanos:

$$W = E_{cf} - E_{co} = \Delta E_c$$

Sabendo a velocidade inicial e final dun movemento, a masa do obxecto e o seu desprazamento, poderemos obter o valor da forza que realiza o traballo.

Actividade resolta

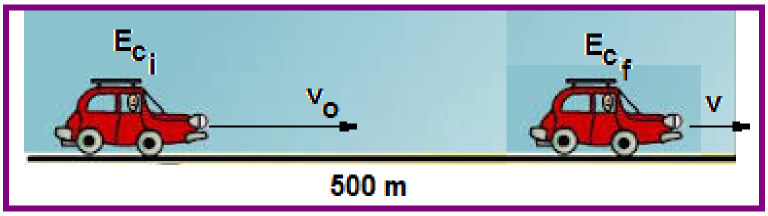
Determinar a enerxía cinética que ten un vehículo de 500 kg de masa circulando a unha velocidade de 90 km/h.

Temos que ter moito coidado coas unidades. Se queremos a enerxía en Joules, teremos que poñer todas en unidades do SI; xa que logo a velocidade será v = 90 km/h = 25 m/s

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \cdot 500 \cdot 25^2 = 156.250\,J$$

Actividade resolta

Un vehículo de 1 500 kg de masa circula a 36 km/h e acelera para poñerse a unha velocidade de 108 km/h, percorrendo unha distancia de 500 m. Determine o valor da forza resultante que actuou sobre o vehículo para lograr esa variación na velocidade.



O primeiro é cambiar as unidades da velocidade: v = 108 km/h = 30 m/s; v = 36 km/h = 10 m/s.
Así que podemos calcular o traballo realizado pola forza por medio de:

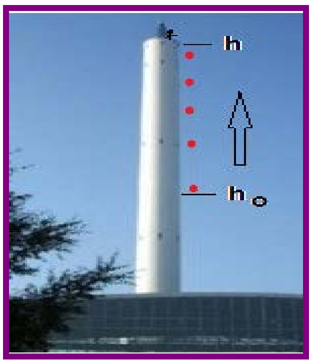
$$W = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2} \cdot 1.500 \cdot 30^2 - \frac{1}{2} \cdot 1.500 \cdot 10^2 = 600.000\,J$$

Como W = F · x, teremos: 600.000 J = F · 500 m, de onde F = 1.200 N.

2.2.2 Enerxía potencial gravitacional

A enerxía potencial gravitacional é a enerxía que adquire un corpo cando o traballo que aplicamos sobre el lle produce unha variación na altura na que se atopaba.

O exemplo da enerxía potencial é o máis axeitado para entender a diferenza entre traballo e enerxía. Se queremos subir un obxecto a certa altura, temos que facer un traballo igual a W = F · x. Neste caso W = m · g · h, xa que a forza é o peso do corpo, e o desprazamento é a altura. A medida que imos subindo o obxecto, este vai gañando altura e enerxía, é dicir, o traballo que estamos realizando vai transferíndose en forma de enerxía ao obxecto. Cando o obxecto se atopa xa arriba de todo e o deixamos parado, ten acumulada toda a enerxía que se lle transferiu a custa do traballo realizado. A enerxía acumúlase e podémola usar logo para outra función; o traballo non, unha vez que o obxecto chegou arriba o traballo parou.
Podemos facer igual que antes e encontrar o traballo que temos que realizar sobre un obxecto de masa m, para subilo desde unha altura inicial h_o ata a altura final h e obter unha expresión para a enerxía potencial:



O traballo é a forza polo desprazamento. Neste caso a forza é o peso (P = m · g) do obxecto e o desprazamento é a diferenza de alturas:

$$W = F \cdot x = m \cdot g \cdot (h - h_0) = m \cdot g \cdot h - m \cdot g \cdot h_0$$

Tomaremos como expresión para a enerxía potencial gravitacional:

$$E_p = m \cdot g \cdot h$$

Como podemos ver depende da masa e da altura a que se atopa o obxecto. Se analizamos as unidades temos *kg · m/s² · m*, de novo *kg ·(m/s)²* que é o que definimos como Joules.

Variación da enerxía potencial:

Logo, o traballo realizado por unha forza para subir un obxecto desde unha altura a outra vén dado por:

$$W = m \cdot g \cdot h - m \cdot g \cdot h_0 = Ep_f - Ep_0 = \Delta Ep$$

Actividade resolta

Cal é a enerxía potencial que posúe unha rocha de 200 kg de masa situada no alto dun acantilado de 60 m de altura sobre o nivel do mar.

O problema resólvese aplicando a fórmula de enerxía potencial directamente:

$$E_p = m \cdot g \cdot h = 200 \cdot 9{,}8 \cdot 60 = 117.600\ J$$

Actividade resolta

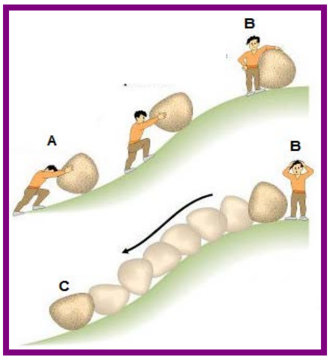
Un guindastre dun peirao ten que elevar colectores de 300 t (toneladas) desde unha plataforma situada a 5 m do chan ata o barco a unha altura de 30 m. Determinar o traballo que ten que realizar o motor do guindastre.

As únicas unidades que temos que cambiar son as da masa m = 300 t = 300.000 kg. Logo:

$$W = m \cdot g \cdot h - m \cdot g \cdot h_0 = Ep_f - Ep_0 = \Delta Ep;\ W = 300.000 \cdot 9{,}8 \cdot (30 - 5) = 73.500.000\ J = 73{,}5\ MJ$$

2.2.3 Conservación da enerxía mecánica

Chamamos forza conservativa á que é capaz de devolver todo o traballo realizado nun sentido cando se actúa no sentido contrario.



Na posición A estamos facendo un traballo e a pedra vai adquirindo enerxía ata chegar a situación B. Se nesta posición liberamos a enerxía, ao chegar á posición C toda ela é igual á que tivemos que proporcionar para subir a pedra á posición A, entón dicimos que a forza que fixo o traballo, ou contra a que fixemos o traballo, é unha forza conservativa.

Pola contra, se a forza non é conservativa, a enerxía de A ata B non será a mesma ca de B a C e polo tanto haberá certa cantidade de enerxía que se perdeu noutro tipo de transformación, como pode ser en calor por rozamento.

No caso da forza gravitacional, podemos dicir que se trata dunha forza conservativa; daquela, o traballo W para ir de A a B ten que ser igual ca a variación da enerxía para ir de B a C pero co signo contrario; xa que logo:

$$W = -\Delta E_p$$

Conservación da enerxía mecánica

Chamaremos enerxía mecánica á suma da enerxía cinética máis a enerxía potencial dun obxecto:

$$E_m = \frac{1}{2}mv^2 + m \cdot g \cdot h$$

Agora podemos retomar dous resultados que xa vimos cando se realiza un traballo sobre un corpo:

Por unha banda, o teorema da enerxía cinética establece que $W = \Delta E_c$

Por outra, se unha forza é conservativa: $W = -\Delta E_p$

Así que, se temos un obxecto movéndose baixo a acción dunha forza gravitacional, estes dous traballos teñen que ser iguais; logo $\Delta E_c = -\Delta E_p$

Polo tanto, se lanzamos un obxecto con certa velocidade inicial v_o cara a arriba desde unha altura inicial h_o, e chega a unha altura final h_f cunha velocidade final v_f, cumprirase que:

$$\frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_o^2 = -(m \cdot g \cdot h_f - m \cdot g \cdot h_o)$$

Reordenando os termos:

$$\frac{1}{2}mv_o^2 + m \cdot g \cdot h_o = \frac{1}{2}mv_f^2 + m \cdot g \cdot h_f$$

O que é o mesmo que:

$$E_{mo} = E_{mf}$$

É dicir, a enerxía mecánica inicial é igual á enerxía mecánica final; logo a enerxía mecánica consérvase, vale sempre o mesmo.

Degradación da enerxía mecánica

Se pensamos nun neno que se balancea nunha randeeira, toda a enerxía potencial que ten no punto máis alto transfórmase en enerxía cinética no punto máis baixo para volver a transformase en enerxía potencial ao volver a subir. Non obstante, se o neno non se impulsa, chega un momento en que para; xa que logo, a enerxía non se conserva, pouco a pouco vaise perdendo no rozamento das cordas co soporte, que xera calor e se disipa no aire.

Nestes casos en que temos perdas de enerxía por rozamento, á expresión de conservación da enerxía teremos que engadirlle esta enerxía perdida se é coñecida, quedando:

$$E_{mo} = E_{mf} + E_{roz}$$

Esta parte de enerxía perdida por rozamento é o que se coñece como enerxía degradada.

Actividade resolta

Análise enerxética dun lanzamento vertical.

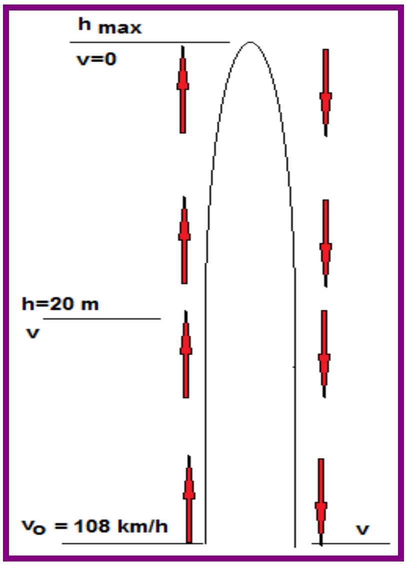
Cun arco disparamos unha frecha de 200 g de masa, que sae cunha velocidade de 108 km/h. Determinar:

a) A enerxía inicial do lanzamento.

b) A altura á que chegará a frecha.

c) A velocidade que levará a frecha cando se atope a unha altura de 20 m.

d) A velocidade cando chegue de novo ao chan logo de estar no punto máis alto.



A situación é como se mostra na figura: a frecha sae do chan coa máxima velocidade e, a medida que vai subindo, a velocidade vai diminuíndo e a altura aumentando. Ao chegar arriba de todo, a velocidade é cero, detense e volve a caer cara ao chan e, a medida que vai caendo, vai gañando velocidade.

A única forza que actúa é a forza gravitacional, que como xa dixemos é unha forza conservativa; logo a enerxía mecánica consérvase, vale o mesmo ao longo de todo o percorrido da frecha.

Temos que ter coidado coas unidades: como imos utilizar o Joule para a enerxía, temos que usar unidades do SI; logo a velocidade será: v = 108 km/h = 30 m/s.

E a masa m = 200 g = 0.2 kg.

Imos calcular a enerxía mecánica en cada un dos puntos do problema, así que utilizaremos:

$$E_m = \frac{1}{2}mv^2 + m \cdot g \cdot h$$

a) Enerxía inicial do lanzamento.

Ao principio de todo, no chan a altura $h_o = 0$, a frecha non ten enerxía potencial.

$$E_m = \frac{1}{2}mv^2 + m \cdot g \cdot h = \frac{1}{2} \cdot 0{,}2 \cdot 30^2 + 0{,}2 \cdot 9{,}8 \cdot 0 = 90\,J$$

A enerxía inicial é só cinética e vale 90 J, a enerxía mecánica ao longo de todo o percorrido ten que valer sempre $E_m = 90$ J

b) A altura á que chegará a frecha.

Cando chega arriba de todo, a velocidade é cero; é dicir, toda a enerxía cinética que tiña abaixo transfórmase en enerxía potencial. Se aplicamos a conservación da enerxía:

$$\frac{1}{2}mv_o^2 + m \cdot g \cdot h_o = \frac{1}{2}mv_f^2 + m \cdot g \cdot h_f \rightarrow 90\,J = \frac{1}{2}0{,}2 \cdot 0^2 + 0{,}2 \cdot 9{,}8 \cdot h_f$$

Despexando a altura $h_f = 45{,}9$ m.

Arriba de todo toda a enerxía é potencial e non temos enerxía cinética, pero a enerxía potencial ten que valer 90 J.

c) A velocidade que levará a frecha cando se atope a unha altura de 20 m.

A esta altura a frecha ten velocidade e polo tanto enerxía cinética, e ten altura e polo tanto enerxía potencial. Ambas teñen que repartirse de maneira que a súa suma valla 90 J.

$$90\,J = \frac{1}{2}0{,}2 \cdot v^2 + 0{,}2 \cdot 9{,}8 \cdot 20$$

Despexando a velocidade, temos: v = 22,53 m/s = 81,13 km/h.

Logo neste punto a enerxía cinética vale: $E_c = \frac{1}{2}0{,}2 \cdot 22{,}53^2 = 50{,}8\,J$ e a enerxía potencial Ep = 0,2 · 9,8 · 20 = 39,2 J, de maneira que $E_c + E_p = 90$ J.

d) A velocidade cando chegue de novo ao chan logo de estar no punto máis alto.

Poderiamos dicir que a velocidade de chegada ten que ser a mesma ca a de saída, xa que ao final do percorrido a enerxía ten que valer 90 J, e abaixo de todo de novo h = 0. Como toda a enerxía ten que ser cinética, a velocidade ten que ser a mesma.

Para comprobalo, podemos aplicar a conservación da enerxía mecánica entre o punto máis alto e o chan:

$$\frac{1}{2}0{,}2 \cdot 0^2 + 0{,}2 \cdot 9{,}8 \cdot 45{,}9 = \frac{1}{2}0{,}2 \cdot v_o^2 + 0{,}2 \cdot 9{,}8 \cdot 0$$

Despexando a velocidade: v = 30 m/s = 108 km/h,

Neste problema é moi importante destacar como a enerxía cinética inicial vai transformándose en enerxía potencial e a suma de ambas manténdose sempre en 90 J. Cando a frecha baixa, a enerxía potencial é a que vai transformándose en enerxía cinética, mantendo sempre fixo o valor da enerxía mecánica total.

Actividades propostas

S9. Calcule a enerxía cinética dun camión de 50 t (toneladas) de masa cando circula cunha velocidade de 54 km/h.

S10. Compare o resultado do problema anterior coa enerxía que tería o mesmo camión se vai ao dobre de velocidade. É o dobre de enerxía? Por que?

S11. Un cochiño dun neno de 20 kg de masa desprázase a 2 m/s sobre unha superficie horizontal e percorre 10 m ata parar. Determine:

a) A enerxía cinética inicial do cochiño.

b) O traballo que realizou a forza de rozamento.

c) O valor da forza de rozamento.

S12. Un ciclista e a súa bicicleta teñen, en conxunto, unha masa de 120 kg. Pasan polo punto A cunha velocidade de 18 km/h e polo punto B, situado a 500 m de distancia, cunha velocidade de 36 km/h. Se o ciclista se movese por unha estrada horizontal, determine:

a) As enerxías cinéticas inicial e final.

b) O traballo efectuado pola forza total resultante.

c) O valor da forza total resultante.

S13. Arrastramos unha carreta de 50 kg de masa, inicialmente en repouso, ao longo de 25 m e alcanzamos unha velocidade de 18 km/h. Se o rozamento co chan foi de 10 N, que forza realizamos?

S14. Unha nadadora de 60 kg de masa ten que saltar desde un trampolín de 5 m de altura e logo desde un de 10 m de altura. Compare a enerxía potencial que ten en cada un dos trampolíns.

S15. Determine o traballo que temos que realizar para subir unha maleta de 15 kg do piso primeiro a 5 m de altura ata o quinto a 25 m.

S16. Unha pedra de 2 kg déixase caer verticalmente. Cando se atopa a unha altura de 5 m posúe unha velocidade de 5 m/s. Calcule a súa enerxía mecánica.

S17. Unha pelota de 600 g cae desde unha altura de 20 m. Determinar:

a) De que tipo e canto vale a súa enerxía mecánica inicial.

b) De que tipo e canto vale a súa enerxía mecánica no momento xusto antes de chocar contra o chan.

c) A velocidade no instante antes de chocar contra o chan.

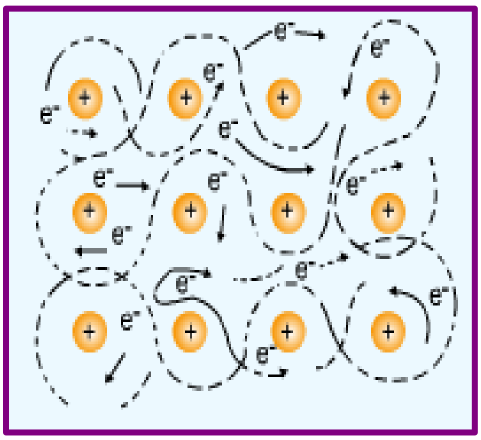
d) De que tipo e canto vale a súa enerxía mecánica a 10 m do chan.

e) A velocidade que ten aos 10 m do chan.

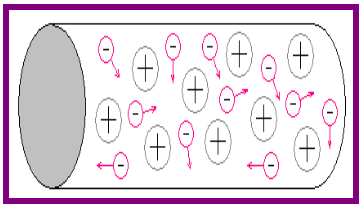
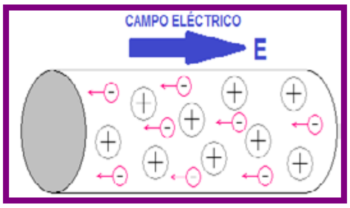
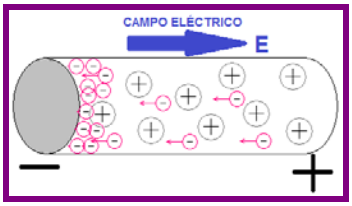
S18. Para a pedra da actividade S16, determine desde que altura caeu e a que velocidade chegará ao chan.

2.3 Electricidade e circuítos eléctricos

Para entender o mecanismo da corrente eléctrica nos metais, temos que lembrarnos da natureza do enlace metálico. Anteriormente vimos que os átomos ocupan posicións fixas e forman unha rede cristalina. Estes átomos caracterízanse por que os electróns das súas últimas capas se desprenden facilmente e pasan duns átomos a outros. É este movemento caótico o que orixina a forza que fai que os átomos permanezan unidos entre si.

Enlace metálico	
	Nesta rede metálica, os átomos atópanse en forma de ións positivos, xa que cederon un ou varios dos seus electróns. Estes electróns móvense case libremente entre todos os ións positivos e constitúen un verdadeiro enxame ou nube electrónica. Nesta nube os electróns móvense a gran velocidade e en todas as direccións, pero non sofren ningún desprazamento en conxunto.

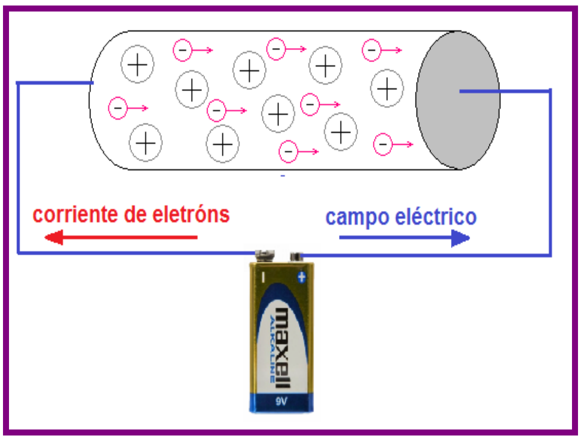
En física defínese como campo eléctrico, $\vec{E}$, toda rexión do espazo que rodea un obxecto cargado e que pode influír sobre outras cargas, ben atraéndoas ou ben repeléndoas, segundo o signo que teñan. Pois ben, se sometemos o noso anaco de metal a un campo eléctrico, $\vec{E}$, que pode estar xerado por algún obxecto cargado, como pode ser unha barriña de ebonita ao fregala, o campo eléctrico xera unha forza F= $q \cdot \vec{E}$ sobre cada un dos electróns, que provocará o seu movemento no sentido contrario ao do campo, xa que os electróns teñen carga negativa, é dicir, prodúcese unha corrente eléctrica. O resultado desta perturbación será que a maior parte dos electróns acumularanse nun extremo do condutor (zona negativa), quedando o outro extremo libre de carga negativa (zona positiva).

		
A nube electrónica móvese de forma caótica.	Ao aplicar un campo eléctrico, os electróns móvense nunha dirección.	Os electróns acumúlanse na zona negativa.

Se queremos que o movemento da nube electrónica continúe, temos que lle subministrar electróns polo extremo positivo e deixar escapar os electróns do extremo negativo. Só así é posible a continuidade do movemento de cargas no metal, é dicir, a continuidade da corrente.

Para manter a corrente requírese:

1. Manter o campo eléctrico no interior do condutor, grazas ao cal se moven as cargas.



2. Subministrar electróns por un extremo do condutor, a fin de repor os que saen polo outro.

Un xerador é un aparello destinado a crear un campo eléctrico nun condutor e subministrar o paso das cargas. A corrente que xeran pode ser sempre nun mesmo sentido, falamos de corrente continua (pilas, baterías e dínamos), ou tamén alternando o sentido periodicamente dun lado para o outro da corrente (xeradores), e falamos de corrente alterna.

Vemos que por onde se incorporan os electróns ao circuíto é o polo negativo da pila, e que o campo eléctrico vai do polo positivo cara ao polo negativo da pila a través do circuíto. Con todo, de maneira convencional tómase o sentido da corrente eléctrica igual ao do campo eléctrico; así diremos que a corrente eléctrica vai do polo positivo da pila ao polo negativo a través do circuíto.

Cómpre fixarse en que nun condutor a corrente sempre vai ser debida ao movemento de electróns, é dicir, ao movemento de cargas negativas. Nunca poderemos falar dunha corrente positiva, xa que as cargas positivas son os átomos en forma de ións que perderon electróns e que sempre están fixos nas súas posicións na rede metálica. Só é posible encontrar correntes positivas cando estes ións están en disolución, é dicir, cando están nun líquido e poden moverse ao aplicarlles un campo eléctrico.

Ao igual que cando definimos a enerxía potencial gravitacional dixemos que o traballo necesario para subir un obxecto entre dúas alturas era a diferenza de enerxía potencial, agora falaremos de que o traballo necesario para transportar unha carga eléctrica a través do circuíto é igual á diferenza de potencial eléctrico entre eses dous puntos.

Tensión eléctrica

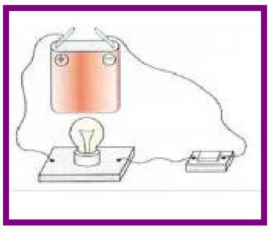
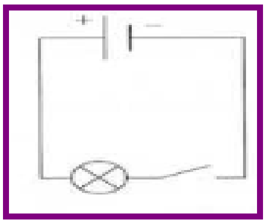
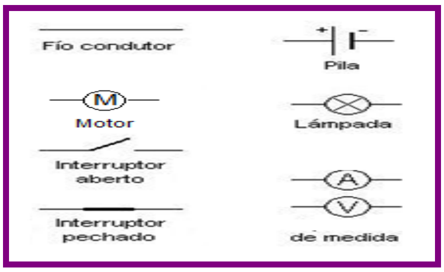
É a medida da diferenza de potencial eléctrico, d.d.p., entre dous puntos dun circuíto. A súa medida realízase cun aparello chamado voltímetro e conéctase entre os dous puntos cuxa tensión se quere medir.

Unidades: a unidade de tensión eléctrica ou de d.d.p. é o voltio, V. É moi habitual utilizar múltiplos ou submúltiplos:

1 kV = 1.000 V;   1 MV = 1.000.000 V 1 mV = 0,001 V

Circuíto eléctrico

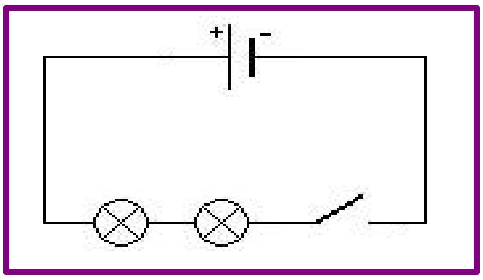
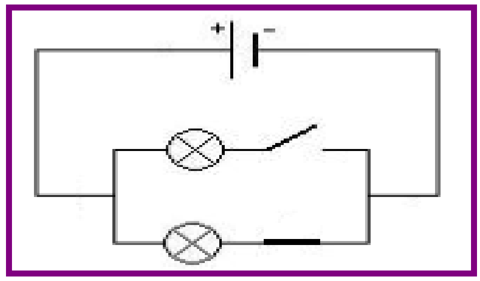
Na práctica, o interese da corrente eléctrica radica no aproveitamento dos seus efectos; para iso necesitamos polo menos un xerador, uns condutores e un receptor.

 	
Circuíto elemental: condutores, xerador, receptor e interruptor	Símbolos empregados na representación de circuítos eléctricos

Nun circuíto temos dúas formas de conectar os seus elementos:

En serie: o polo positivo dun elemento conéctase co polo negativo do seguinte elemento.

En paralelo: o polo positivo dun elemento conéctase co polo positivo doutro elemento.

	
En serie	En paralelo
Cando se abre o circuíto, ambas as lámpadas se apagan	Cada lámpada é independente, ao abrir un interruptor a outra pode seguir acesa

2.3.1 Intensidade, lei de Ohm e resistencia

Intensidade: chámase intensidade da corrente eléctrica á cantidade de carga que atravesa a sección dun condutor por unidade de tempo.

Así, a intensidade de corrente podémola expresar como:

$$I = \frac{q}{t}$$

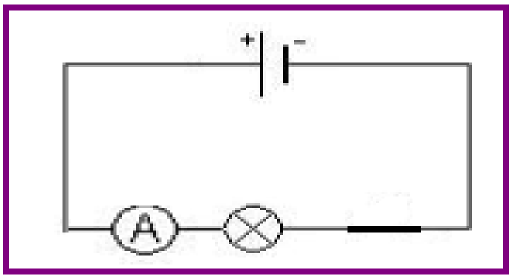
Onde *q* é a carga normalmente expresada en Coulomb, C, e *t* o tempo expresado en segundos.

A unidade da intensidade de corrente no SI é o Ampere, A, que ademais é a unidade fundamental no SI para expresar a cantidade de electricidade. O motivo de que se elixise é que, cando por un condutor circula unha corrente, se xera un campo magnético; logo, se achegamos dous condutores con correntes que van en sentido contrario, estes atráense. Podemos entón definir o Ampere como a cantidade de corrente que ten que circular por dous condutores, separados un metro de distancia, para que se atraian cunha forza dun Newton.

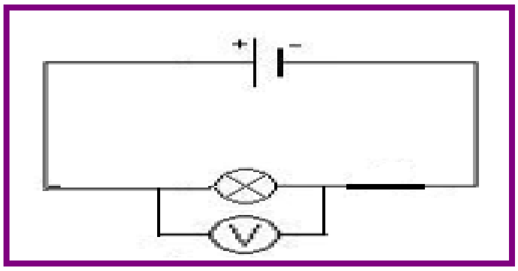
Como o ampere é unha unidade bastante grande, é habitual utilizar submúltiplos:

$$1\ \text{mA} = 0{,}001\ \text{A};\ 1\ \text{microA} = 1\ \mu\text{A} = 10^{-6}\ \text{A}$$

O aparello que utilizamos para a medida da intensidade de corrente é o amperímetro, e temos que conectalo nun circuíto sempre en serie, a diferenza do voltímetro, que vai en paralelo.



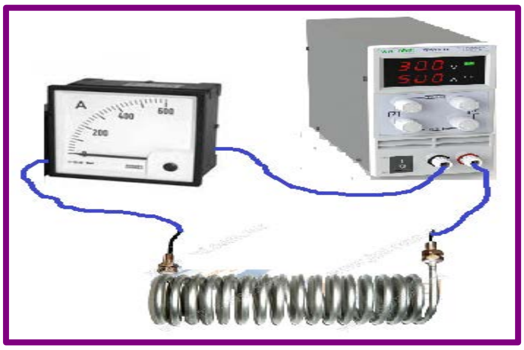
Conexión dun amperímetro



Conexión dun voltímetro

Lei de Ohm.

O científico alemán Georg Simon Ohm (1789-1854) realizou un sinxelo experimento conectando un condutor enrolado en espiral a unha fonte de alimentación que permite axustar a varias voltaxes e mediu a cantidade de corrente que circulaba cun amperímetro.



Ao axustar a fonte a diversas voltaxes, os resultados que se obteñen son:

Voltaxe (V)	Intensidade (A)
1,5	0,3
2	0,4
4	0,8
5	1

Se facemos o cociente de cada voltaxe pola correspondente intensidade de corrente:

$$\frac{1{,}5\,V}{0{,}3\,A} = \frac{2\,V}{0{,}4\,A} = \frac{4\,V}{0{,}8\,A} = \frac{5\,V}{1\,A} = 5$$

Observamos que en todos é o mesmo, 5 neste caso, así que podemos afirmar que o cociente entre a diferenza de potencial e a intensidade de corrente é constante. A esta constante chamóuselle *R*.

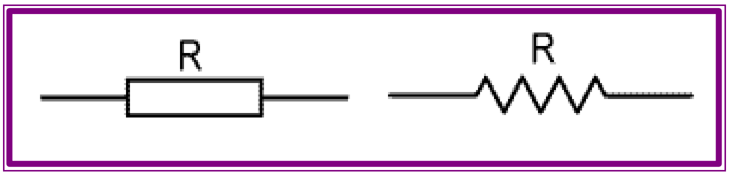
Podemos enunciar a **lei de Ohm** do xeito seguinte: *a intensidade da corrente que circula por un condutor é directamente proporcional á diferenza de potencial aplicada entre os seus extremos.*

V= I · R

Resistencia

Á constante de proporcionalidade, *R*, da lei de Ohm chamarémoslle resistencia e representa *a oposición que un condutor ofrece ao paso da corrente eléctrica*. En honra do científico Georg Simon Ohm, as unidades empregadas para medila chámanse Ohms e denótanse coa letra grega Ω.

Os símbolos empregados para indicar unha resistencia eléctrica nun circuíto son:



O modelo de condución da corrente eléctrica aplicado anteriormente serve para entender a que nos referimos cando falamos de resistencia eléctrica. Ao aumentar a voltaxe estamos aumentando o campo eléctrico responsable da forza que actúa sobre os electróns: a maior voltaxe maior desprazamento da nube electrónica e por tanto maior corrente eléctrica. Con todo, se cambiamos o material do condutor ao aplicar as mesmas d.d.p. atoparémonos con valores de intensidades de corrente completamente diferentes. Os átomos que forman as redes cristalinas de diferentes materiais poden estar máis xuntos, seren máis grandes, teren os electróns máis unidos, é dicir, a resistencia ao movemento dos electróns vai depender da propia natureza do condutor que utilicemos.

Teremos, polo tanto, que medir no laboratorio esa característica de cada material, á cal chamaremos resistividade e que denotaremos coa letra grega ρ, que ademais depende da temperatura: nos metais aumenta ao aumentar esta; por exemplo, no cobre, por cada 250 ºC que se eleve a temperatura, duplícase a resistividade.

Prata	$1{,}47 \cdot 10^{-8}$	Manganita	$44 \cdot 10^{-8}$
Cobre	$1{,}72 \cdot 10^{-8}$	Mercurio	$94 \cdot 10^{-8}$
Aluminio	$2{,}63 \cdot 10^{-8}$	Madeira	10^{8} - 10^{11}
Tungsteno	$5{,}51 \cdot 10^{-8}$	Vidro	10^{10} - 10^{14}
Ferro	$10 \cdot 10^{-8}$	Ebonita	10^{13} - 10^{16}
Resistividade dalgúns materiais (**Ω** · m) a 20ºC			

Esta característica dos materiais posibilítanos clasificalos en dous tipos segundo permiten ou non o paso da corrente ao seu través: son os **illantes** e os **condutores**. Os primeiros presentan unha resistividade extremadamente alta, arredor dos 10^{8} Ω · m, e os condutores, pola contra, teñen valores moi baixos, de 10^{-8} Ω · m.

Outros factores dos que depende a resistencia dun material serán evidentemente a súa lonxitude, *l*, e o seu grosor, e dicir a súa sección, *S*, polo que poderemos escribir que a resistencia dun condutor vén dada pola expresión:

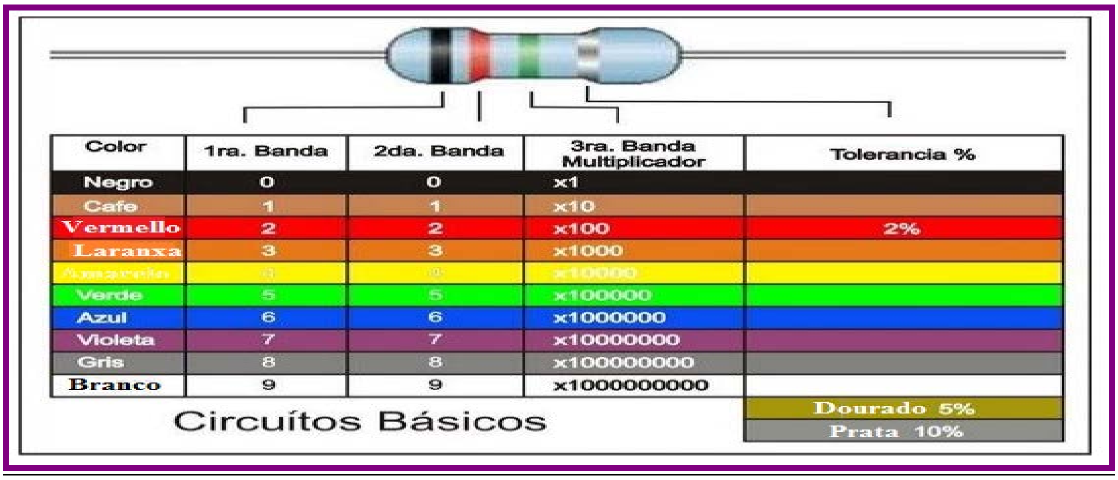
$$R = \rho \cdot \frac{l}{S}$$

Por exemplo, se temos que tirar unha liña de 100 m de cable de cobre cunha sección de 4 mm de diámetro, presentará unha resistencia de:

$$S = \pi \cdot r^2 = \pi \cdot (2 \cdot 10^{-3})^2 = 1{,}25\ 10^{-5} m^2 \quad ;$$
$$R = \rho \cdot \frac{l}{S} = 94 \cdot 10^{-8} \cdot \frac{100}{1{,}25 \cdot 10^{-5}} = 7{,}52\ \Omega$$

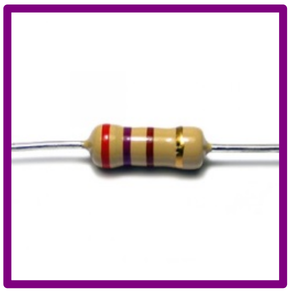
As resistencias utilizadas nos circuítos eléctricos do mercado están provistas no exterior dunhas bandas de cores que indican o valor da súa resistencia eléctrica. O significado destas bandas de cores é o seguinte:

- A primeira e a segunda indican as dúas primeiras cifras do valor da resistencia.
- A terceira banda indica o número de ceros que cómpre engadir ás cifras anteriores.
- A última infórmanos da tolerancia de fabricación ou precisión da resistencia, en forma de porcentaxe.



Color	1ra. Banda	2da. Banda	3ra. Banda Multiplicador	Tolerancia %
Negro	0	0	x1	
Cafe	1	1	x10	
Vermello	2	2	x100	2%
Laranxa	3	3	x1000	
Amarelo	4	4	x10000	
Verde	5	5	x100000	
Azul	6	6	x1000000	
Violeta	7	7	x10000000	
Gris	8	8	x100000000	
Branco	9	9	x1000000000	
				Dourado 5%
				Prata 10%

<u>Por exemplo na resistencia</u> da figura:



1ª banda vermella = 2

2ª banda violeta = 7

3ª banda café/marrón = x 10

Valor da resistencia = 270 Ω

4ª banda dourada = 5 %, a resistencia pode variar en 13,5 Ω

R = 270 ± 13,5 Ω

Actividade resolta

Cálculo da resistencia dun receptor eléctrico polo que circula unha corrente de 0,1 amperes de intensidade, conectado na rede doméstica, cunha diferenza de potencial de 220 V.

Aplicación directa da lei de Ohm:

$$V = I \cdot R; \quad R = \frac{V}{I} = \frac{220}{0.1} = 2\,200\,\Omega$$

Cálculo da intensidade da corrente que circula por un condutor eléctrico de 45 Ω de resistencia baixo unha tensión de 9 V.

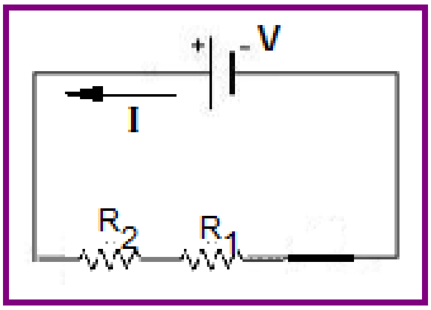
Aplicación directa da lei de Ohm:

$$V = I \cdot R; \quad I = \frac{V}{R} = \frac{9}{45} = 0{,}2\,A$$

2.3.2 Circuítos eléctricos. Asociación de resistencias. Potencia e lei de Joule

É normal que nun circuíto eléctrico se conecten varios compoñentes. Usando a lei de Ohm poderemos saber a intensidade, a tensión que se lle aplica ou a súa resistencia, dependendo dos datos de que dispoñamos.

Xa vimos antes que nun circuíto eléctrico os compoñentes se poden conectar en serie ou en paralelo. Calquera circuíto sempre se poderá substituír por outro máis sinxelo que conste dun xerador e unha resistencia equivalente, entendéndose por esta última unha resistencia que colocada no lugar do conxunto non cambia para nada as característica do circuíto. A forma de atopar esta resistencia equivalente dependerá da forma de conectar as resistencias.



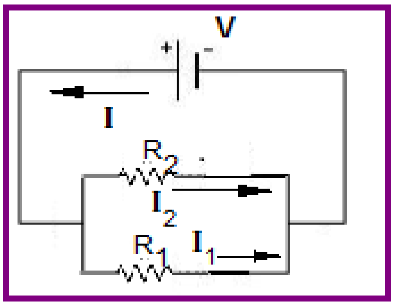
Asociación de resistencias en serie

Cando as resistencias están conectadas en serie, a intensidade que circula por elas é a mesma. Se calculamos a tensión para cada unha das resistencias, teremos $V_1 = I \cdot R_1$ e $V_2 = I \cdot R_2$. A tensión total ten que ser a suma das tensións, así que:

$$V = V_1 + V_2 = I \cdot R_1 + I \cdot R_2 = I \cdot (R_1 + R_2) = V \cdot R_{eq}$$

$$R_{eq} = R_1 + R_2$$

Cando varias resistencias están en serie, a resistencia equivalente é a suma das resistencias.



Asociación de resistencias en paralelo

Cando as resistencias se conectan en paralelo, a intensidade en cada unha é diferente pero a tensión é a mesma: $I = I_1 + I_2$ con:

$I_1 = \frac{V}{R_1}$; $I_2 = \frac{V}{R_2}$; así que $I = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} = V \cdot (\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2})$

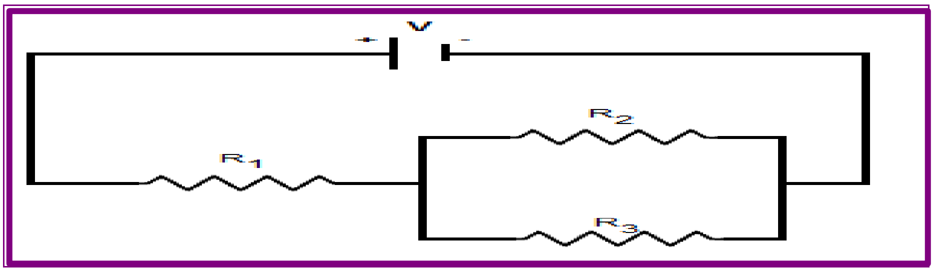
Logo: $\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$

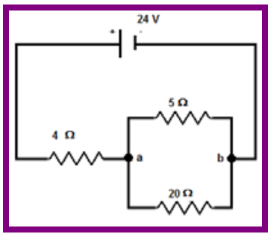
Cando varias resistencias están en paralelo, a inversa da resistencia equivalente é a suma das inversas das resistencias.

Cando se trata de circuíto mixtos (algunhas resistencias conectadas en serie e outras en paralelo), teremos que ir resolvendo segundo a estrutura do circuíto, atopando a resistencia equivalente das que están en serie e das que están en paralelo para ao final obter unha resistencia equivalente de todo o circuíto.

Actividade resolta

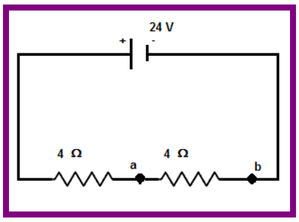
Para o seguinte circuíto V = 24 V, R_1 = 4 Ω, R_2 = 5Ω e R_3 = 20 Ω, determinar a intensidade que circula pola resistencia de 5 Ω.





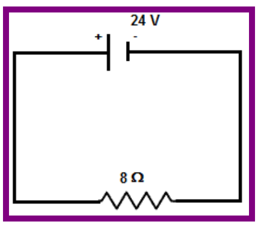
Primeiro resolvemos as dúas resistencias que están en paralelo:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{5} + \frac{1}{20} = \frac{5}{20};\ así\ que: R = \frac{20}{5} = 4\ \Omega$$



Quédanos agora un circuíto con dúas resistencias en serie:

R_{eq} = 4 Ω + 4 Ω = 8 Ω



Xa temos o circuíto equivalente máis sinxelo, así que podemos calcular a súa intensidade:

$$I = \frac{V}{R} = \frac{24}{8} = 3\ A$$

Entre os puntos a e b do segundo circuíto circulan 3 A, logo a voltaxe entre eses puntos é:

$$V = I \cdot R = 3 \cdot 4 = 12\ V$$

Xa que as resistencias de 5 e 20 Ω do primeiro circuíto están conectadas a 12 V, podemos entón obter a intensidade para a resistencia de 5 Ω:

$$I = \frac{V}{R} = \frac{12}{5} = 2{,}4\ A$$

Actividades propostas

S19. A unha tensión de 24 V conéctanse en paralelo dúas resistencias de 6 e 12 Ω. Calcular:

a) A resistencia equivalente do circuíto.

b) A intensidade total do circuíto.

c) A intensidade en cada unha das resistencias.

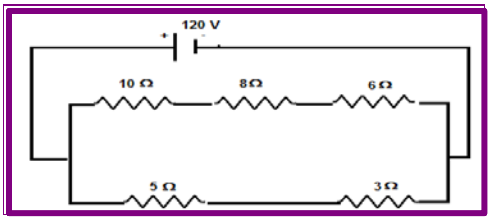
S20. Tres resistencias de 10, 15 e 30 Ω conéctanse en paralelo a unha tensión de 60 V. Calcular:

a) A resistencia equivalente do circuíto.

b) A intensidade total do circuíto.

c) A intensidade en cada unha das resistencias.

S21. Na asociación de resistencias da figura, calcular a tensión na resistencia de 8 Ω.



Potencia

O traballo para desprazar unha carga, q, desde un punto que está a un potencial V_a ata outro punto que está a potencial V_b, é:

$$W = q \cdot (V_b - V_a)$$

Se lembramos que a potencia era o traballo realizado na unidade de tempo, temos:

$$P = \frac{q \cdot (V_b - V_a)}{t} = I \cdot (V_b - V_a)$$

Así que poderemos expresar a potencia consumida por unha resistencia sometida a unha tensión V como:

$$P = V \cdot I$$

Substituíndo a tensión, V, pola lei de Ohm, V = I · R, podemos expresar potencia tamén como: $P = I^2 \cdot R$; e se o que substituímos é a intensidade: $P = \frac{V^2}{R}$

Cando a tensión se expresa en voltios e a intensidade de corrente en Amperes, a potencia vén expresada en watts, denotada cun W.

Como xa vimos, a potencia por unidade de tempo é unha medida da enerxía consumida; podemos, logo, expresala como:

$$W = P \cdot t = V \cdot I \cdot t$$

Como as cantidades de enerxía son magnitudes bastante grandes, é habitual utilizar o kW para a potencia e a hora, en lugar do segundo, para o tempo, así que unha unidade para a cantidade de enerxía consumida é o kWh (quilowatt hora):

$$1 kWh = 1.000\ W \cdot 3.600\ s = 3.600.000\ J$$

Os contadores de electricidade das nosas casas miden os kWh consumidos, e o consumo de enerxía vén tarifado na factura eléctrica nestas unidades.

Actividade resolta

Sabendo que por un forno eléctrico conectado a unha rede de 220 V circula unha corrente de 10 A de intensidade, calcular a potencia que consome, a súa resistencia e o valor desta.

É un problema de aplicación directa da fórmula:

$$P = V \cdot I = 220 \cdot 10 = 2.200\ W = 2,2\ kW$$

Para obter o valor da resistencia, aplicamos directamente a lei de Ohm:

$$V = I \cdot R \rightarrow R = \frac{V}{I} = \frac{220}{10} = 22\ \Omega$$

Un torrador de pan ten unha resistencia de 40 Ω e conéctase á tensión de 220 V. Cal é a súa potencia? Que enerxía consome en 10 minutos? Se o prezo do kWh é de 0,13 €, canto nos custará ter o torrador aceso ese tempo?

Podemos obter a potencia aplicando directamente:

$$P = \frac{V^2}{R} = \frac{220^2}{40} = 1.210\ W = 1,21\ kW$$

Como 10 minutos son 10/60 horas = 0,166 horas, a enerxía consumida é:

$$W = P \cdot t = 1,21 \cdot 0,166 = 0,202\ kWh$$

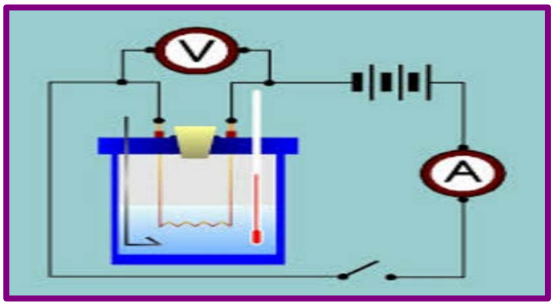
O prezo deste consumo será: 0,202 · 0,13 = 0,026 €

Se facemos o xesto de torrar pan todos os días dun mes e lle engadimos o 21 % de IVE, situámonos arredor de 1 € na factura eléctrica.

Efectos da corrente eléctrica, efecto Joule

Todos temos observado que ao conectar un receptor á corrente eléctrica este quéntase, incluso os cables usados desprenden certa cantidade de calor. É, xa que logo, evidente que a corrente eléctrica produce calor. Este efecto, en realidade, é unha perda de enerxía potencial dos electróns no seu movemento e, polo tanto, é un efecto non desexado que no caso dos condutores se trata de corrixir empregando fundas illantes que minimicen esta perda de enerxía. Outras veces, con todo, é un efecto que podemos aproveitar. Pensemos no caso de estufas eléctricas, calefactores, fornos etc., todos eles baseados no quentamento que se produce ao pasar a corrente eléctrica a través dunha resistencia.

Foi Joule quen atopou a relación entre a cantidade de corrente eléctrica que atravesa un condutor e a cantidade de calor que se produce. Cun aparello semellante ao utilizado para encontrar a relación entre a calor e o traballo, pero substituíndo as pas mecánicas que quentaban a auga por unha resistencia eléctrica.



Ao pasar a corrente eléctrica a través da resistencia, esta quéntase e transmite a calor á auga, que elevará a temperatura do termómetro.

Tomando datos para varias voltaxes podemos atopar unha expresión para a calor producida.

Xa vimos como a calor é equivalente ao traballo mecánico e este pode atoparse a partir da potencia:

$$P = \frac{W}{t} \rightarrow W = P \cdot t$$

Ademais a potencia nun circuíto eléctrico é P = V · I. Substituíndo V pola lei de Ohm, podemos expresar a calor desprendida como:

$$Q = I^2 \cdot R \cdot t$$

De aquí desprendese que, aumentando calquera dos tres parámetros nun circuíto -a voltaxe, a intensidade ou a resistencia-, aumentaremos a cantidade de calor emitida.

Lembre que a calor se mide en Joules ou en calorías, sendo 1 cal = 4,18 J e os Joules son a unidade de enerxía no SI; polo tanto o tempo ten que ir en segundos.

Actividade resolta

Unha lámpada leva inscrito 100 W a 220 V. Determinar a intensidade de corrente que circula por ela e a calor que desprende o filamento de tungsteno nunha hora.

Como temos a potencia 100 W e a tensión 220 V podemos aplicar: $$P = V \cdot I \rightarrow I = \frac{P}{V} = \frac{100}{220} = 0{,}45\ A$$ Pola lei de Joule a calor desprendida será (1 h = 3.600 s): $$Q = P \cdot t = 100 \cdot 3.600 = 360.000\ J$$

Actividades propostas

S22. Calcule a potencia eléctrica dunha lámpada alimentada a unha voltaxe de 220 voltios se por ela pasa unha intensidade de corrente de 2 amperes. Calcule a enerxía eléctrica consumida pola lámpada se estivo acesa durante 1 hora.

S23. Calcule a potencia eléctrica dun motor polo que pasa unha intensidade de 4 A e que ten unha resistencia de 100 Ω. Calcule a enerxía eléctrica consumida polo motor se estivo funcionando durante media hora.

S24. Encha os ocos que faltan na seguinte táboa:

Exercicio	I	V	R	P
1º	5 A	500 mV		
2º	20 A		5 Ω	
3º	30 mA			5 W
4º		200 kV		100 mW
5º		10 kV	15 kΩ	
6º			600 mΩ	1 kW

S25. Calcule a calor desprendida en calorías por unha estufa de 1.000 W nun minuto de funcionamento (1 cal = 4,18 J).

S26. Determine a calor desprendida por un condutor de cobre de 10 m de lonxitude e 1 mm^2 de sección que alimenta un motor eléctrico de 2.000 W de potencia a unha tensión de 220 V durante unha hora. ($\rho_{(cobre)} = 1{,}72 \cdot 10^{-8}\ \Omega \cdot m$)

S27. Que ocorrería co condutor do exercicio anterior se fose dunha sección de 6 mm^2. Enténdase por que ás veces temos que poñer condutores de maior sección nunha instalación eléctrica.

3. Actividades finais

Intercambio de enerxía. Traballo e calor

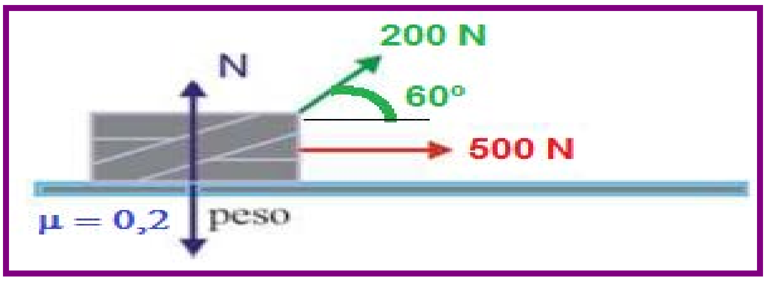
S28. Pense na definición do traballo mecánico e explique se se fai ou non traballo nas seguintes situacións:

a) Levanta a mochila do chan.
b) Espera o autobús coa mochila na man.
c) Sobe unha escaleira coa mochila nas costas.
d) Empurra con forza unha parede.
e) Dá unha patada a un balón parado.

S29. Calcule o traballo que se realiza cando arrastramos un baúl de 20 kg de masa unha distancia de 2 m, nun chan horizontal sen rozamento, mediante unha corda que forma un ángulo de 60º coa horizontal e á que se lle aplica unha forza de 50 N.

S30. Determine o traballo realizado pola forza de rozamento cando arrastramos un bloque de formigón de 90 kg de masa unha distancia de 5 m sobre o chan horizontal. O coeficiente de rozamento entre o bloque e o chan é de μ = 0,1.

S31. No debuxo da figura o caixón de 100 kg de masa sofre un desprazamento de 4 m. Tendo en conta que o coeficiente de rozamento co chan é de μ = 0,2, determine o traballo de cada unha das forzas que actúan sobre el. Calcule a forza resultante que actúa na dirección do desprazamento e obteña o traballo que realiza. Comprobe se a suma de todos os traballos é igual ao traballo da forza resultante.



S32. Unha máquina térmica traballa quentando 100 kg de auga desde unha temperatura de 75 ºC ata os 125 ºC. Se ten un rendemento de 30 %, ata que altura poderá elevar un obxecto de 20 t (toneladas) de masa co traballo producido. ($c_{(auga)}$ = 4 180 J/kg K)

S33. Un ascensor de 200 kg de masa sobe ata unha altura de 30 m con velocidade constante empregando un tempo de 30 s. Outro ascensor de 400 kg sobe ata 70 m a velocidade constante empregando 80 s.

a) Calcúlese a potencia de ambos os dous ascensores, indicando cal é o máis útil.

b) En canto tempo terá que subir o segundo ascensor para ter a mesma potencia ca o primeiro.

S34. Un escalador cunha masa de 80 kg inviste 40 s en escalar unha parede de 10 m de altura. Calcular:

a) O traballo realizado na escalada.

b) A potencia do escalador.

S35. Un guindastre funciona cunha caldeira que emite unha calor de 15.000 J para producir o vapor que move o seu mecanismo. Se a máquina pode realizar o traballo necesario para elevar un obxecto de 100 kg ata unha altura de 10 m, cal será a calor emitida ao ambiente? Cal é o rendemento desta máquina?

S36. Un anaco de ferro de 900 g e inicialmente a 27 ºC sométese a un foco quente que ten unha potencia calorífica de 450 W durante 5 minutos. Que temperatura alcanzará? ($c_{(ferro)}$ = 1.450 J/kg K)

S37. Unha motobomba ten unha potencia de 2,5 CV e un rendemento do 60 %.

a) Canto tempo precisa para elevar 100 m^3 de auga a unha altura de 5 m?

b) Que traballo realiza o motor?

c) Que cantidade de enerxía en forma de calor se perdeu no proceso?

Enerxía mecánica

S38. Un camión de 5.000 kg vai a unha velocidade de 54 km/h. Determine a enerxía cinética que posúe. Compare esta enerxía coa que tería se fose ao dobre de velocidade, 108 km/h. Será o dobre? Que pasaría se en vez duplicar a velocidade o que se duplica é a masa a 10.000 kg?

S39. Ao arrastrar un caixón de 50 kg inicialmente en repouso unha distancia de 10 m alcanza unha velocidade de 10,8 km/h. Determine a forza que actuou sobre o caixón.

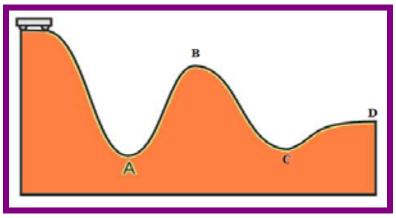
S40. Un automóbil de 1.200 kg de masa vai inicialmente a unha velocidade de 36 km/h. Calcule a velocidade final que levará se durante un percorrido de 500 m o motor fai unha forza de 630 N.

S41. Un coche de 1.000 kg móvese cunha velocidade de 43,2 km/h. A súa enerxía mecánica é de 200.000 J. Canta enerxía potencial posúe? A que altura estará?

S42. Un obxecto de 50 kg ten unha enerxía potencial de 9.800 J. A cantos metros máis teremos que subilo para que súa enerxía potencial se duplique?

S43. Nun edificio cada andar está separado por unha distancia de 3 m. Se temos que subir un baúl de 60 kg do primeiro andar ata o sexto, que traballo teremos que realizar?

S44. A vagoneta dunha montaña rusa pesa 2.000 N. Sae do punto máis alto (40 m) sen velocidade inicial. As alturas dos puntos A, B, C e D son, respectivamente, 2 m, 30 m, 8 m e 10 m. O rozamento suporémolo desprezable. Calcule:



a) A enerxía mecánica inicial.

b) A enerxía cinética e potencial no punto A.

c) A velocidade no punto B.

d) A enerxía mecánica nos puntos A, B, C e D.

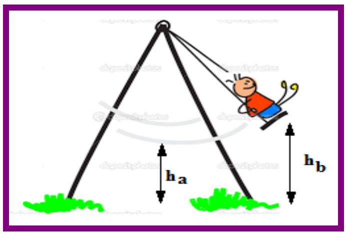
e) A velocidade coa que chega ao punto D.

S45. Un pequeno meteorito de 2 kg entra na atmosfera e a 12 km de altura sobre a superficie da Terra leva unha velocidade de 500 m/s.

a) Calcule con que velocidade baterá contra o chan, supoñendo desprezable o rozamento contra o aire e que a gravidade vale sempre 9,8 m/s^2.

b) Calcule de novo esa velocidade, pero supondo agora que perde o 40 % da súa enerxía inicial polo rozamento contra o aire.

S46. Un neno alcanza unha altura máxima de h_b = 1 m cando se balancea nunha randeeira que, en repouso vertical, está a unha altura de h_a = 0,5 m do chan.



a) Cal é a velocidade máxima que pode alcanzar?

b) Depende esta velocidade da masa do neno que se balancea?

c) Cal é a variación da enerxía cinética do neno desde o punto máis baixo ao punto máis alto

S47. Unha moto de 300 kg sobe unha costa inclinada. No punto máis baixo da costa a velocidade da moto era 54 km/h; acelera e, logo de gañar 100 m en altura, a súa velocidade é 72 km/h. Calcule:

a) A enerxía inicial da moto.

b) A enerxía mecánica da moto logo de subir os 100 m.

c) Se non hai rozamentos no percorrido, canto traballo fixo o motor da moto?

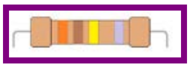
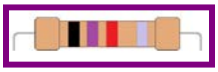
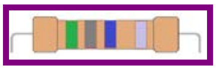
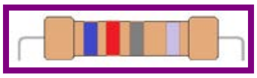
d) E se o traballo contra o rozamento do asfalto no percorrido foi 220.000 J, canto traballo fixo o motor do vehículo?

S48. Lánzase unha pedra de 200 g cara a arriba cunha velocidade inicial de 20 m/s e alcanza unha altura de 15 m. Cal foi a enerxía perdida por mor do rozamento contra o aire?

Electricidade e circuítos eléctricos

S49. Calcule a intensidade que circula por unha estufa eléctrica que posúe unha resistencia eléctrica consistente nun fío de nicromo (aliaxe de níquel e cromo) de 100 Ω de resistencia, conectada a unha rede eléctrica de 220 V. Determine a potencia eléctrica da estufa e a enerxía eléctrica consumida se está acesa durante media hora.

S50. Calcule o valor das seguintes resistencias sabendo que as súas cores son: laranxa, marrón, amarelo; negro, violeta, vermello; verde, gris, azul; azul, vermello, gris. Todas elas coa última banda en prateado.

S51. A lonxitude dun fío condutor de aluminio é de 5 m e ten unha sección de 6 mm^2. Cal será a calor que disipa cando alimenta un motor de 3.300 W conectado a unha tensión de 220 V durante 4 horas? (A resistividade do aluminio é $\rho = 2{,}6 \cdot 10^{-8}\ \Omega \cdot m^2$.

S52. Unha resistencia eléctrica de 0,5 kW introdúcese en 2 kg de auga a 20 ºC durante 2 minutos. Determine a enerxía eléctrica usada e o aumento da temperatura da auga. ($c_{(auga)} = 4\ 180$ J/Kg · K)

S53. Unha liña eléctrica de 2 km de lonxitude está formada por un condutor de aluminio ($\rho = 2{,}6 \cdot 10^{-8}\ \Omega \cdot m^2$) de 25 mm^2 de sección. Se por ela circula unha corrente de 10 A, calcule:

a) A tensión a que está sometida a liña.

b) A potencia disipada pola liña.

S54. Dúas resistencias de 12 Ω conéctanse en paralelo a unha tensión de forma que a intensidade de corrente que circula por cada unha delas é de 20 A. Calcule:

a) A tensión a que están conectadas.

b) A intensidade total.

c) A resistencia total.

d) A enerxía consumida polas dúas resistencias en 6 horas de funcionamento.

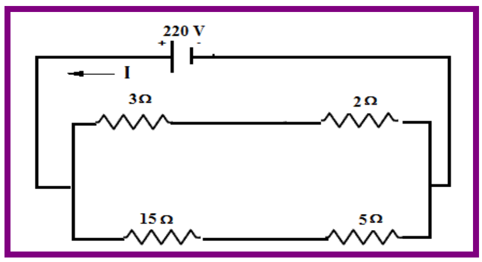
S55. No circuíto da figura calcule:

a) A resistencia equivalente.

b) A intensidade total.

c) A intensidade en cada rama.

d) A potencia da resistencia de 15 Ω.



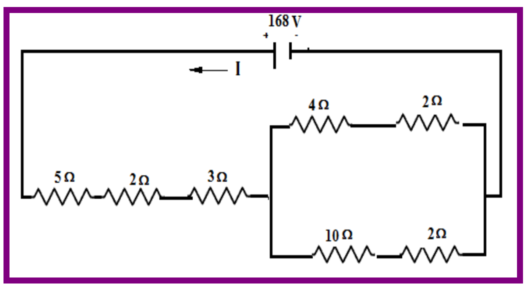
S56. No circuíto de resistencias da figura calcule:

a) A resistencia equivalente.

b) A intensidade total.

c) A intensidade en cada rama das resistencias en paralelo.

d) A potencia consumida pola resistencia de 4 Ω.



S57. A resistencia eléctrica dun frigorífico conectado a unha tensión de 220 V é de 193,6 Ω. Determine o que pode custar ter aceso ao frigorífico durante o mes de abril a razón de 6 horas diarias, se o prezo do quilowatt hora é de 0,13 €.

4. Solucionario

4.1 Solucionario de actividades propostas

S1. $W_1 = 150 \cdot 15 = 2.250$ J; $W_2 = 100 \cdot \cos 60 \cdot 15 = 750$ J; $W_T = 3.000$ J

S2. *A) Si, o traballo non depende do tempo. B) Ao elevar a carga; ao desprazala non realiza traballo. C) Porque é perpendicular ao desprazamento. D) Só se a de 40 N forma certo ángulo respecto ao desprazamento.*

S3. $W_r = -1.568$ J; $W = 4.000$ J; $W_T = 2.432$ J

S4. $Q = W = 6.213.000$ J

S5. $P = 621.300$ N

S6. $W = 45.000$ J; $P = 4.500$ W $= 4{,}5$ kW; $\eta = 69{,}2$ %

S7. $W_{util} = 1.000$ J

S8. $P = 2{,}25$ kW; $W = 6.075.000$ J; $E = 1{,}69$ kWh

S9. $E_c = 5.625.000$ J $= 5{,}625$ MJ

S10. $E_c = 22.500.000$ J $= 22{,}5$ MJ *non é o dobre xa que a velocidade vai ao cadrado.*

S11. A) $E_c = 40$ J. B) $W = 40$ J. C) $F_r = 4$ N

S12. A) $E_{co} = 1500$ J; $E_{cf} = 6.000$ J. B) $W = 4.500$ J. C) $F = 9$ N

S13. $F = 35$ N

S14. $E_p = 2.940$ J; $E_p = 5.880$ J. *Se a altura é o dobre, a enerxía potencial será o dobre.*

S15. $W = 2.940$ J

S16. $E_m = 123\ J$

S17. A) Só potencial: $E_m = 117{,}6\ J$. B) Só cinética: $E_m = 117{,}6\ J$. C) $v = 18{,}8\ m/s$. D) Suma de cinética e mais potencial: $E_m = 117{,}6\ J$. E) $v = 14\ m/s$

S18. $H = 6{,}27\ m$; $V = 11{,}09\ m/s$.

S19. A) $R_{eq} = 4\ \Omega$. B) $I = 6\ A$. C) $I_1 = 2\ A$; $I_2 = 4\ A$

S20. A) $R_{eq} = 5\ \Omega$. B) $I = 12\ A$. C) $I_1 = 6\ A$; $I_2 = 4\ A$; $I_3 = 2\ A$

S21. $V = 40\ V$

S22. $P = 440\ W$; $E = 0{,}44\ kWh$

S23. $P = 1.600\ W$; $E = 0{,}8\ kWh$

S24.

Exercicio	I	V	R	P
1º	5 A	500 mV	0,1 Ω	2,5 W
2º	20 A	100 V	5 Ω	2.000 W
3º	30 mA	166,7 V	5.555,5 Ω	5 W
4º	0,5 μA	200 kV	$4 \cdot 10^{11}$ Ω	100 mW
5º	0,67 A	10 kV	15 kΩ	6.666,7 W
6º	40,8 A	24,5 V	600 mΩ	1 kW

S25. $Q = 14.354{,}07\ cal$

S26. $I = \frac{P}{V} = \frac{2000}{220} = 9{,}1\ A$ $Q = 51.275{,}9\ J$

S27. $Q = 8546\ J$

4.2 Solucionario de actividades finais

S28. *A) Si, a forza e o desprazamento son paralelas. B) Non, non temos desprazamento. C) Si, a forza e o desprazamento son paralelas. D) Non, non temos desprazamento. E) Non, logo do impulso comunicado non hai forza aplicada.*

S29. $W = 50\ J$

S30. $W = 441\ J$

S31. $W_{rozamento} = -784\ J$; $W_{util} = 2.400\ J$; $F_R = 404\ N$; $W_T = 1.616\ J$

S32. $h = 32\ m$

S33. A) $P_A = 1.960\ W$; $P_B = 3.430\ W$. B) $t = 140\ s$

S34. A) $W = 7.840\ J$. B) $196\ W$

S35. $Q = 5.200\ J$; $\eta = 65,3\ \%$

S36. $T_f = 130,4\ ºC$

S37. a) 4.441,4 s = 74,02 min. = 1,23 h; b) W = 4,9 MJ; c) 3,27 MJ

S38. $E_c = 5,625 \cdot 10^5\ J$; $E_c = 2,25 \cdot 10^6\ J$. *Non é o dobre, a velocidade está ao cadrado. Se duplicamos a masa duplícase a enerxía* $E_c = 1,125 \cdot 10^6\ J$

S39. $F = 22,5\ N$

S40. $v = 122,5\ m/s = 441\ km/h$

S41. $Ep = 128.000\ J$; $h = 13,1\ m$

S42. *Outros 20 m*

S43. $W = 8.820\ J$

S44. A) $E_m = 80.000\ J$. B) $E_c = 76.000\ J$, $E_p = 4.000\ J$. C) $v = 25,04\ m/s$. D) $E_m = 80.000\ J$. E) $v = 24,24\ m/s$.

S45. *A) v = 696,6 m/s = 2 507,6 km/h. B) v = 539,6 m/s = 1 942,4 km/h.*

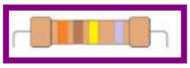
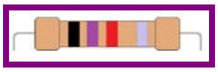
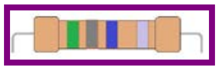
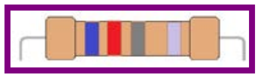
S46. *A) v = 3,13 m/s. B) Non. C)* $\Delta E_c = 4,9$ *J*

S47. *A)* $E_c = 33.750$ *J. B)* $E_m = 354.000$ *J. C) W = 320.250 J. D) W = 540.250 J*

S48. $E_{perdida} = 10,6$ *J*

S49. *I = 2,2 A; P = 448 W; E = 0,242 kWh*

S50.

			
310.000 ± 31.000 Ω	700 ± 70 Ω	700 ± 70 Ω	58 ± 5,8 MΩ

S51. *Q = 70.200 J*

S52. *E = 0,017 kWh; T = 27,18 ºC*

S53. *A) V = 20,8 V. B) P = 208 W*

S54. *A) V = 240 V. B) I = 40 A. C)* $R_{eq} = 6\ \Omega$*; D) E = 57,6 kWh*

S55. *A)* $R_{eq} = 4\ \Omega$*. B) I = 55 A. C)* $I_1 = 44$ *A;* $I_2 = 11$ *A. D) P = 1815 W*

S56. *A)* $R_{eq} = 4\ \Omega$*. B) I = 12 A. C)* $I_1 = 8$ *A;* $I_2 = 4$ *A. D) P = 256 W*

S57. *Custo = 5,85 €.*

5. Glosario

B	▪ Biela	Nas máquinas, barra que serve para transformar o movemento de vaivén noutro de rotación ou viceversa.
C	▪ Calorimetría	Rama da física que trata da medición da calor.
	▪ Cuantificar	Expresar numericamente unha magnitude de algo.
D	▪ Disipar	Desperdiciar, malgastar. No texto refírese á enerxía que se perde.
E	▪ Ebonita	Material composto de goma elástica, xofre e aceite de liñaza, negro, moi duro e de uso industrial, especialmente como illador eléctrico.
	▪ Electrón	Partícula elemental con carga eléctrica negativa que xira arredor do núcleo do átomo.
	▪ Enlace químico	Interacción física que ten lugar entre átomos para formar moléculas e que se realiza a través do intercambio de electróns.
	▪ Enerxía másica	É a enerxía contida na propia masa dun obxecto en virtude da súa propia existencia. Einstein estableceu que cando desaparece certa cantidade de masa *m*, a enerxía liberada é $E = m \cdot c^2$, sendo *c* a velocidade da luz.
F	▪ Fisión	Ruptura. Fisión nuclear, extracción da enerxía dun núcleo atómico por ruptura deste.
	▪ Fusión	Unión. Fusión nuclear, extracción da enerxía que provoca a unión de dous núcleos atómicos para dar un núcleo máis pesado.
G	▪ Gravitacional.	Que pertence ou é relativo a gravitación.
M	▪ Macroscópico	Que se ve a simple vista sen axuda do microscopio.
	▪ Magnitude física	É un valor asociado a unha propiedade física ou calidade medible dun sistema físico. Toda propiedade dun corpo ou sistema que pode medirse.
	▪ Molécula	Unidade mínima dunha substancia, que conserva a súas propiedades químicas e pode estar formada por átomos iguais ou diferentes.
O	▪ Oblicuo	Que se desvía da liña vertical ou horizontal formando un ángulo con respecto a elas.
P	▪ Pistón	Peza que se move alternativamente no interior dun corpo de bomba ou do cilindro dunha máquina para enrarecer ou comprimir un fluído ou recibir del movemento.
R	▪ Radiante	Que radia. Que difunde por medio de ondas electromagnéticas sons, imaxes ou enerxía.
S	▪ Seno e coseno dun ángulo	Son relacións trigonométricas que dan a proporción entre o cateto oposto e a hipotenusa e o cateto contiguo e a hipotenusa, respectivamente, nun triángulo rectángulo.
T	▪ Teoría cinética	Teoría que explica o comportamento dos gases a partir do movemento das partículas que os compoñen.

6. Bibliografía e recursos

Bibliografía

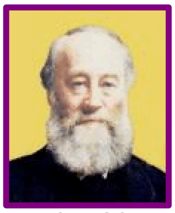
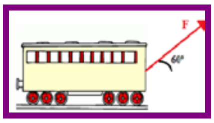
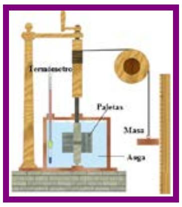
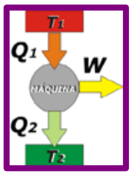
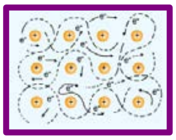
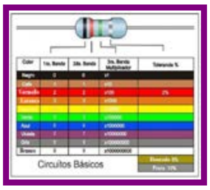
- *Física e Química 4º ESO (Aula 3D)*, Ed. Vicens Vives , 2016.
- *Física e Química 4º ESO Proxecto Ánfora*, Ed. Oxford, 2016.
- *Física e Química 4º ESO Proxecto Saber y Hacer*, Ed. Santillana, 2016.
- *Física e Química 4º ESO Edebe On*, Ed. Edebé, 2016.
- *Electrotecnia. Renovación tecnológica*, Ed. Paraninfo Thomson Learning, 2000
- *Electrotecnia. Renovación tecnológica*, Ed. Paraninfo, 1999

Ligazóns de Internet

- https://www.edu.xunta.es/espazoAbalar/espazo/repositorio/cont/circuitos-electricos
- http://recursostic.educacion.es/newton/web/materiales_didacticos/EDAD_4eso_trabajo_energia/4quincena6/4q6_index.htm
- https://www.edu.xunta.es/espazoAbalar/sites/espazoAbalar/files/datos/1372921735/contido/Unidade10/apuntes.html
- https://www.edu.xunta.es/espazoAbalar/sites/espazoAbalar/files/datos/1412081372/contido/index.html

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://elsanturariodelaelectronica.webnode.es/personajes-ilustres-de-la-electronica/james-prescott-joule/	 RECURSO 2	▪ Procedencia: http://www.fabulascortas3.com/2015/08/los-bueyes-y-el-eje-de-la-carreta.html
 RECURSO 3	▪ Procedencia: http://www.imagui.com/a/como-dibujar-un-vagon-de-tren-iBXrB6Bq9	 RECURSO 4	▪ Procedencia: http://acer.forestales.upm.es/basicas/udfisica/asignaturas/fisica/termo1p/joule.html
 RECURSO 5	▪ Procedencia: http://www.darwin-milemium.com/estudiante/fisica/Temario/Tema6.htm	 RECURSO 6	▪ Procedencia: https://ricuti.com.ar/no_me_salen/TERMO/TEOR_maq_term.html
 RECURSO 7	▪ Procedencia: https://sites.google.com/site/biocienciasdesamuel/enlace-quimico	 RECURSO 8	▪ Procedencia: http://www.areatecnologia.com/electricidad/resistencia-electrica.html
 RECURSO 9	▪ Procedencia: http://mx.depositphotos.com/64286967/stock-illustration-cartoon-boy-playing-on-a.htm		