Física 2n ESO

Artur Arroyo i Pascual§
https://artur-sjo.github.io/index.html

Col·legi Sant Josep Obrer
C. Covadonga, s/n 08906 L'Hospitalet del Llobregat

Darrera revisió 13/5/2024

Resum

Aquests apunts i exercicis es presenten com un material de suport per la part de Física de la matèria Física i Química del curs de 2n ESO.

§aarroyo+natura@stjosep.org

Índex

1 El moviment

1.1 Qüestions preliminars

1.1.1 Magnituds i unitats

A física és fonamental distingir entre magnitud i unitat. Per exemple, la longitud és una magnitud, que es pot mesurar en diferents unitats: metre, centímetres, milles nàutiques, etc. També cal distingir entre magnituds escalars i vectorials. Les primeres es poden descriure amb un nombre i una unitat, per exemple la temperatura. Per les segones, al tractar-se de vectors, necessitem donar, a part del valor numèric, la direcció, sentit i possiblement punt d'aplicació. Per exemple, la velocitat d'un cotxe és una magnitud vectorial.

Les magnituds fonamentals són:

- longitud **L**
- temps **T**
- massa **M**
- intensitat de corrent **I**

Per representar aquestes magnituds farem servir el *sistema internacional* d'unitats també anomenat SI o MKS. En aquest sistema, la unitat de longitud és el metre (m), la unitat de temps és el segon (s), la unitat de massa és el kilogram (kg) i la unitat de intensitat de corrent és l'Ampere (A). És evident que només amb aquestes magnituds, (longitud, temps, massa, intensitat de corrent), no podrem fer gaire cosa, és per això que tenim les anomenades *magnituds derivades* que són, juntament amb la unitat corresponent del SI:

- Freqüència, Hertz (Hz)
- Força, Newton (N)
- Energia, Joule (J)
- Potencia, Watt (W)
- Pressió, Pascal (Pa)
- Càrrega elèctrica, Coulomb (C)
- Potencial elèctric, Volt (V)
- Capacitat elèctrica, Farad (F)
- Resistència elèctrica, Ohm (Ω)
- Flux magnètic, Weber (Wb)
- Densitat de flux magnètic, Tesla (T)
- Inductància, Henry (H)

Com veiem, moltes magnituds derivades tenen nom propi, per exemple el *Newton* que correspon a la següent combinació d'unitats

$$1\ N = 1\ kg \cdot m/s^2$$

Tot i això, hi ha altres unitats que, malgrat no ser del sistema internacional convé conèixer:

- Ångstrom, 1 Å$= 10^{-10}\, m$
- Fermi, $1\, fm = 10^{-15}\, m$
- barn, $1\, barn = 10^{-28}\, m^2$
- parsec, $1\, pc = 3 \cdot 10^{16}\, m$
- any llum, $1\, ly = 0,3066\, pc$
- electronvolt, $1\, eV = 1,6 \cdot 10^{-19}\, J$
- Unitat astronòmica, $1\, UA = 1,5 \cdot 10^{11} m$

Associades a aquestes magnituds existeixen uns prefixos per tal de poder escriure de forma més compacta alguns nombres,

Prefixos del Sistema Internacional

Prefix	Símbol	Factor multiplicatiu	... en notació científica
giga	G	1 000 000 000	1×10^9
mega	M	1 000 000	1×10^6
kilo	k	1000	1×10^3
hecto	h	100	1×10^2
deca	da	10	1×10^1
–	–	1	1×10^0
deci	d	0.1	1×10^{-1}
centi	c	0.01	1×10^{-2}
mil·li	m	0.001	1×10^{-3}
micro	μ	0.000 001	1×10^{-6}
nano	n	0.000 000 001	1×10^{-9}

1.1.2 Arrodoniment

Quan vulguem arrodonir un nombre decimal prendrem el següent criteri:

- Si la xifra a partir de la qual volem arrodonir és més gran que 5 augmentarem el valor de la xifra de la seva esquerra en 1. Per exemple, per arrodonir $3,1417$ a 3 xifres decimals farem

$$3,1417 \approx 3,142$$

- Si la xifra a partir de la qual volem arrodonir és més petita que 5 deixarem inalterada la xifra de la seva esquerra. Per exemple, per arrodonir $3,1414$ a 3 xifres decimals farem

$$3,1414 \approx 3,141$$

- Si la xifra a partir de la qual volem arrodonir és igual a 5 llavors hem de tenir en compte la paritat de la xifra de la seva esquerra, si es tracta d'una xifra parella, la deixarem inalterada, si és senar, l'augmentarem en 1. Per exemple, per arrodonir $3,1415$ a 3 xifres decimals farem

$$3,1415 \approx 3,142$$

  I per arrodonir $3,1485$ a 3 xifres decimals farem

$$3,1485 \approx 3,148$$

Exercicis

1. Arrodoniu els següents nombres decimals segons s'indica:

a) $2,7229$ a tres decimals b) $2,7229$ a dos decimals
c) $1,4485$ a tres decimals d) $1,4415$ a tres decimals
e) $1,4455$ a tres decimals f) $1,4455$ a dos decimals

1.1.3 Xifres significatives i nombre de decimals

El nombre de xifres significatives d'una magnitud està relacionat amb la precisió del valor. Suposem, per exemple, que tenim un cronòmetre que ens mostra un temps de $3,4\,s$, aquest valor té dues xifres significatives (el 3 i el 4) ja que no sabem quin nombre podria estar darrera del 4, podria ser qualsevol entre el zero i el 4 ja que el cronòmetre arrodonirà els decimals que hi hagi darrere del 4. Si fem servir un cronòmetre més precís podríem obtenir un resultat de $3,4000$. Ara aquest resultat té 5 xifres significatives. En un cas general els zeros a la dreta de la coma decimal no es consideren significatius, per exemple, el nombre $0,00045$ té només dues xifres significatives, el nombre $0,000450$ en té tres ja que el zero de la dreta sí que és significatiu.

Exercicis
2. Dieu quantes xifres significatives tenen les següents magnituds:
a) $5,46\,cm$ b) $35,89\,mL$ c) $000\,871,00\,mg$ d) $1,85 \cdot 10^{-5}\,mW$
e) $0,000\,003\,TJ$ f) $2\,050\,030\,MN$ g) $3,2565 \cdot 10^{-11}\,C$
h) $12\,\Omega$ i) $120\,V$ j) $1,2 \cdot 10^{2}\,h$ k) $2,000\,000\,1\,mm$

Al fer operacions amb nombres que en principi no són exactes s'ha de tenir en compte que aquesta incertesa es propaga als resultats i per tant, cal donar el nombre correcte de xifres significatives al final dels càlculs. *Al multiplicar o dividir* dos o més nombres, el resultat no pot tenir més xifres significatives que cap dels nombres presents en l'operació. Per exemple, no és el mateix partir d'un valor d'un temps mesurat $t_1 = 3,12\,s$ que $t_2 = 3,12000\,s$. El primer valor té tres *xifres significatives* mentre que el segon en té sis. Si hem de calcular t^3, el resultat en ambdós casos és $t^3 = 30,371328$ resultat que sembla molt precís tot i que no té perquè ser-ho si el nombre de xifres significatives original era petit. Haurem d'escriure $t_1^3 = 30,4$ i $t_2^3 = 30,3713$, **arrodonint** en cada cas si cal.

Exercicis
3. Feu les següents operacions donant el resultat amb el nombre correcte de xifres significatives:
a) $2,345 \cdot 6,4$ b) $0,0234/0,005189765$ c) $32,76 \cdot 78,9/3,7765$

Al sumar o restar dos o més nombres, el resultat no pot tenir més decimals que cap dels nombres que participi en l'operació. Per exemple, per l'operació

$$17,2 + 8,246 + 79$$

escriurem

$$17,2 + 8,246 + 79 \approx 104$$

Exercicis
4. Feu les següents operacions donant el resultat amb el nombre correcte de xifres decimals:
a) $2,345 + 6,4$ b) $0,0234 - 0,005189765$ c) $32,76 + 78,9 + 3,7765$

A l'hora de fer càlculs complexos amb la calculadora convé fer el càlcul d'un sol cop i després, arrodonir. En el seu defecte, cal conservar totes les xifres que apareixen a la pantalla i arrodonir només al final.

Exercicis
5. Feu les següents operacions donant el resultat amb el nombre correcte de xifres significatives:
a) $\frac{3{,}41\cdot 0{,}06754}{3{,}46+0{,}7001}$ b) $(3,4532+2,4)\cdot(234,875-2,3)$

1.1.4 Notació científica

Per tal d'escriure nombres que poden ser molt grans o molt petits de forma més còmode farem servir la notació científica. Veiem uns quants exemples:

$$300\,000\,000\,m/s = 3\cdot 10^{8}\,m/s \qquad 0,000\,000\,23\,C = 2,3\cdot 10^{-7}\,C$$

$$345678\,s = 3,4578\cdot 10^{5}\,s \qquad 0,00876473\,N = 8,76473\cdot 10^{-3}\,N$$

Exercicis
6. Expresseu les següents quantitats en notació científica:
a) $300\,s$ b) $0,037\,dg$ c) $325\,000\,m$ d) $0,0007\,hL$ e) $95\,000\,km$
f) $400\,L$ g) $15400\,\Omega$ h) $0,000\,000\,000\,000\,18\,J$

1.1.5 Factors de conversió

Per tal de canviar el valor d'una determinada magnitud d'una unitat a una altra farem servir factors de conversió. Veiem uns quants exemples

- Per passar $37\,km$ a metres, farem

$$37\,\cancel{km}\cdot\frac{1000\,m}{1\,\cancel{km}} = 37000\,m = 3,7\cdot 10^{4}\,m$$

- Per passar $20\,s$ a hores, faríem

$$20\,\cancel{s}\cdot\frac{1\,h}{3600\,\cancel{s}} = 0,005555\,h = 5,56\cdot 10^{-3}\,s$$

- Per passar $20\,m/s$ a km/h farem

$$20\,\frac{\cancel{m}}{\cancel{s}}\cdot\frac{1\,km}{1000\,\cancel{m}}\cdot\frac{3600\,\cancel{s}}{1\,h} = 72\,km/h$$

Com podem veure, en aquests exemples cal conèixer la relació entre kilòmetres i metres per una banda, i entre hores i segons, per una altra. Les equivalències necessàries per poder fer canvis d'unitats s'han d'anar aprenent amb la pràctica, no de memòria, ja que hi ha moltes possibles.

Exercicis

7. Feu els següents canvis d'unitats mitjançant factors de conversió:
a) $34\,cL$ a L b) $350\,s$ a h c) $6,3\,dam$ a cm d) $0,037\,hg$ a dg
e) $250\,cg$ a hg f) $7,5\,kL$ a daL g) $250\,m$ a hm h) $45\,min$ a h

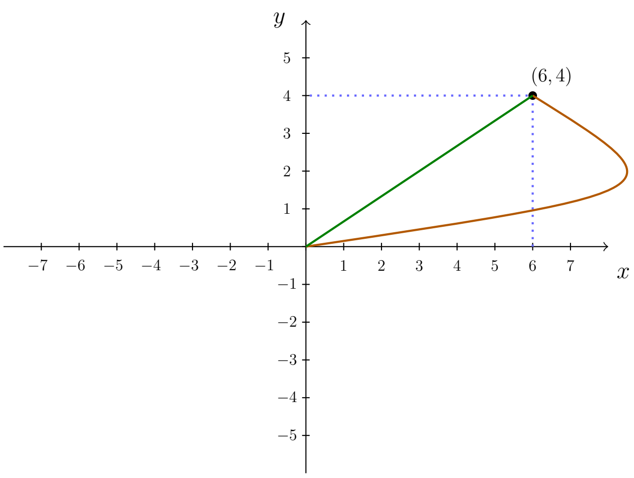
8. Expresseu en unitats del SI, fent servir factors de conversió:
a) $3,7\,dam$ b) $2,5\,h$ c) $430\,cm$ d) $270\,mg$ e) $3200\,mm$
f) $560\,000\,\mu s$ g) $720\,min$ h) $3,2\,Mg$ i) $32\,hm$ j) $430\,dg$

1.2 Posició, trajectòria, desplaçament

A l'hora d'estudiar el moviment dels cossos els conceptes *posició, trajectòria i desplaçament* tenen un significat molt precís que cal no confondre.

Posició

Per tal de determinar la posició d'un objecte cal fer-ho en referència a un sistema de coordenades. En general farem servir un sistema de coordenades cartesià on fem servir els eixos OX (horitzontal) i OY (vertical) i unes escales numèriques a cada un d'ells. Quan un objecte es desplaça ho farà des d'una posició inicial per arribar a una altra final. En aquest exemple la posició inicial del mòbil és $(0,0)$ i la final $(6,4)$.



Trajectòria

La trajectòria d'un objecte en moviment fa referència al camí que ha seguit aquest. D'aquesta manera hi haurà trajectòries rectilínies o corbes. Aquest camí descrit per l'objecte correspon a la distància real recorreguda per ell. En l'exemple anterior la trajectòria és la **línia corba**.

Desplaçament

El desplaçament d'un objecte correspon a la distància mínima entre dos punts de la trajectòria que un objecte pot haver recorregut. En aquest sentit, el valor del desplaçament no té perquè ser igual al del camí recorregut (només ho serà quan la trajectòria sigui rectilínia). En l'exemple anterior el desplaçament és la **línia recta**.

Exercicis

9. Considereu un objecte que movent-se sempre en línia recta parteix del punt $(1, 2)$, després es dirigeix al punt $(4, 2)$, després al punt $(4, 6)$ i finalment al punt $(1, 1)$. Dieu quina és la posició inicial, la posició final quan val el recorregut al llarg de la seva trajectòria i quin ha estat el seu desplaçament total.

10. Un objecte descriu una trajectòria circular de radi $3\,m$ i centre l'origen de coordenades. Suposant que la posició inicial és el punt $(3, 0)$ i la final el punt $(-3, 0)$, calculeu quant val el recorregut al llarg de la seva trajectòria i quin ha estat el seu desplaçament total. (Pot ser útil recordar que la longitud d'una circumferència de radi R val $L = 2\pi R$)

1.3 La velocitat

La velocitat és el canvi de la posició que experimenta un objecte en funció del temps. En els casos més senzills els objectes es mouran amb velocitat constant i en línia recta (direm que el moviment és *rectilini i uniforme*) i llavors, per calcular l'espai que han recorregut en un temps t, farem sevir l'expressió

$$e = vt$$

Recordem que treballarem en el sistema internacional i per tant l'espai l'hem d'escriure en m (metres), el temps en s (s) de manera que la velocitat estarà en m/s (metres/segon). Els enunciats dels exercicis ens poden donar aquestes magnituds en unitats que no siguin del sistema internacional i serà la nostra feina aplicar els factors de conversió que calgui en cada cas.

Exercicis
11. Calculeu la distància recorreguda en 2 minuts per un cotxe que es mou amb velocitat $72\,km/h$.

12. Suposeu que veiem caure un llamp en un punt que es troba a $35\,km$ de nosaltres. Calculeu el temps que tardarà en arribar-nos el so del tro si suposem que la velocitat del so és $340\,m/s$.

13. Calculeu amb quina velocitat està volant un avió si sabem que ha recorregut $450\,km$ en mitja hora.

1.4 L'acceleració

L'acceleració és el canvi de la velocitat amb el temps. Així, si un objecte està quiet o es mou amb velocitat constant, direm que la seva acceleració val zero. De forma simplificada podem suposar que quan un objecte augmenta la seva velocitat amb el temps l'acceleració té signe positiu i quan la seva velocitat va disminuint, negatiu (podem dir que *frena*). Al sistema internacional l'acceleració es mesura en m/s^2 i podem trobar dues relacions entre ella i altres magnituds vists abans

$$e = v_0 t + \frac{1}{2}at^2 \qquad v = v_0 + at$$

on v_0 és l'anomenada *velocitat inicial* i v la *velocitat final*. Veiem alguns exemples.

Exemple 1

La velocitat d'un cotxe canvia de $20\,m/s$ a $50\,m/s$ en $10\,s$. Calculeu la seva acceleració i l'espai recorregut.

Calculem l'acceleració directament amb

$$v = v_0 + at \rightarrow v - v_0 = at \rightarrow \frac{v - v_0}{t} = a$$

$$a = \frac{v - v_0}{t} = \frac{50 - 20}{10} = \frac{30}{10} = 3\,m/s^2$$

ara podem calcular l'espai recorregut fent servir l'altre equació

$$e = v_0 t + \frac{1}{2}at^2 = 20 \cdot 10 + \frac{1}{2} \cdot 3 \cdot 10^2 = 200 + \frac{300}{2} = 200 + 150 = 350\,m$$

Exemple 2

Un vehicle que circulava a una velocitat de $72\,km/h$ *s'atura en un temps de 10 segons. Calculeu l'acceleració que ha patit i l'espai recorregut fins a aturar-se.*

Fem un factor de conversió per la velocitat

$$72\,\frac{\cancel{km}}{\cancel{h}} \cdot \frac{1000\,m}{1\,\cancel{km}} \cdot \frac{1\,\cancel{h}}{3600\,s} = 20\,m/s$$

Ara podem calcular l'acceleració fent servir les dades de l'enunciat

$$v = v_0 + at \longrightarrow 0 = 20 + a \cdot 10 \longrightarrow a = \frac{-20}{10} = 2\,m/s^2$$

finalment, calculem l'espai recorregut fent servir l'altre equació

$$e = v_0 t + \frac{1}{2}at^2 = 20 \cdot 10 + \frac{1}{2} \cdot (-2) \cdot 10^2 = 200 - 100 = 100\,m$$

Exercicis

14. Un cotxe que estava en repòs assoleix una velocitat de $108\,km/h$ en mig minut. Calculeu la seva acceleració i la distància recorreguda en el temps esmentat.

15. Un vehicle que es movia amb velocitat $10\,m/s$ accelera amb $a = 3\,m/s^2$ fins assolir una velocitat el triple de la que tenia. Calculeu el temps que ha tardat en el procés i l'espai recorregut.

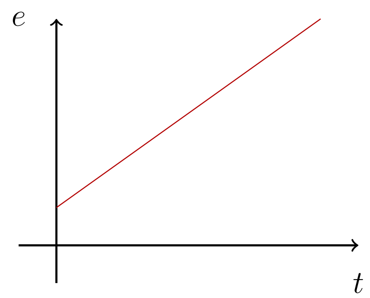
16. Deixem caure un objecte des d'un penya segat calculeu quina velocitat té al cap de $10\,s$ i l'espai vertical que ha caigut. Podeu suposar que l'acceleració de la gravetat a la Terra val $9,81\,m/s^2$.

1.5 La representació gràfica del moviment

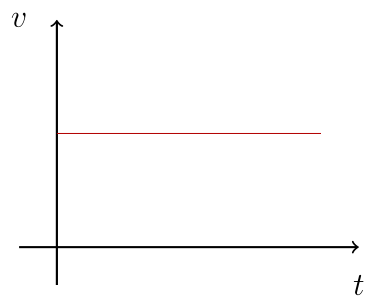
Acabem aquest capítol amb la representació *qualitativa* de l'espai, velocitat i acceleració en funció del temps, segons el tipus de moviment. En totes les gràfiques que venen a continuació suposarem que estem treballant en unitats del Sistema Internacional.

1.5.1 Moviment rectilini uniforme

En quant a l'espai i el temps, vam veure que la seva relació s'escrivia $e = vt$ i per tant la gràfica serà la d'una recta inclinada



En quant a la velocitat i el temps, com no hi ha acceleració, la gràfica serà la d'una recta horitzontal



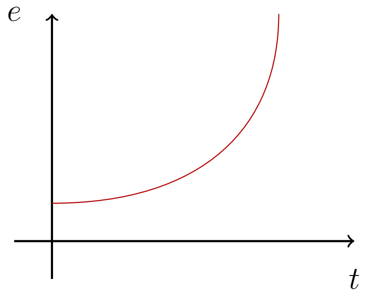
En quant a l'acceleració, com que tota l'estona val zero, no té gaire sentit representar-la.

1.5.2 Moviment rectilini uniformement accelerat

En quant a l'espai i el temps, vam veure que la seva relació s'escrivia

$$e = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$$

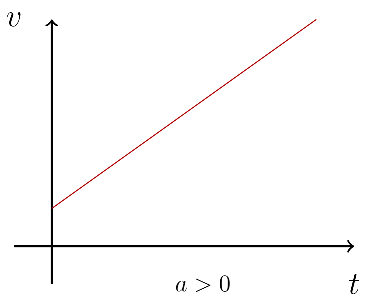
i per tant la gràfica serà la d'una paràbola

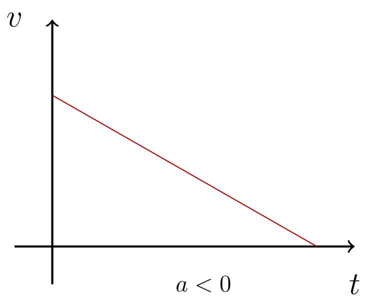


En quant a la velocitat i el temps, la seva relació s'escrivia

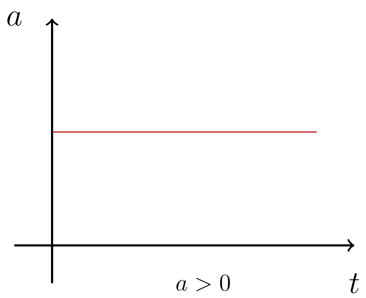
$$v = v_0 + at$$

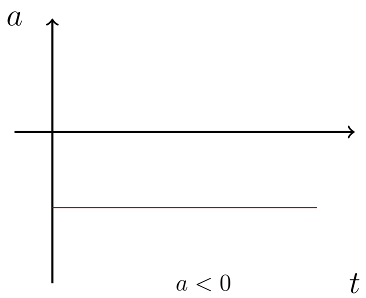
i la seva gràfica (en funció del signe de l'acceleració) serà la d'una recta inclinada creixent o decreixent





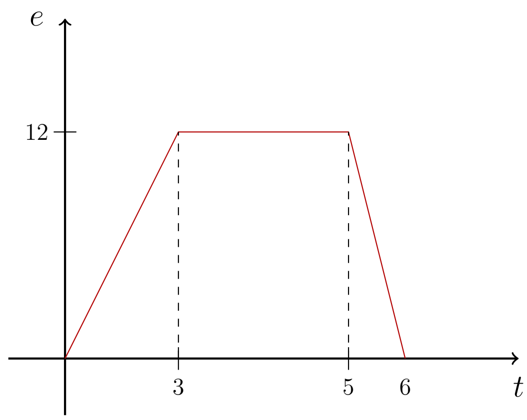
Finalment, en aquest apartat l'acceleració és constant i pot tenir signe positiu o negatiu, de forma que la seva gràfica serà





Exemple 3

Descriviu el moviment d'un vehicle que té la següent gràfica i calculeu la velocitat en cada tram.



Un vehicle que es trobava a l'origen de coordenades per $t = 0$ recorre un espai de $12\,m$ en $3\,s$, es queda quiet durant $2\,s$ i després torna a l'origen de coordenades en un temps de $1\,s$. Al primer tram, i fent servir $e = vt$ tenim,

$$12 = v \cdot 3 \longrightarrow v = \frac{12}{3} = 4\,m/s$$

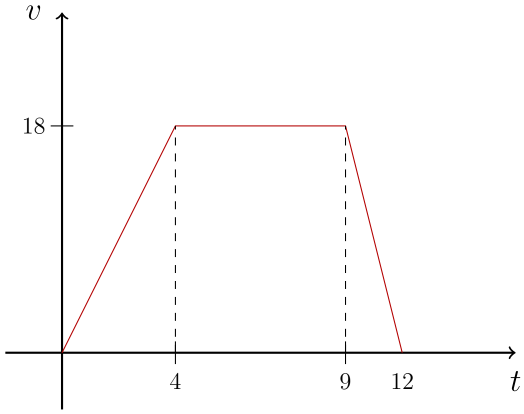
al segon tram la velocitat val zero, (està quiet 2 segons, $5 - 3 = 2$), i al tercer

$$12 = v \cdot 1 \longrightarrow v = \frac{12}{1} = 12\,m/s$$

En cursos superiors i en el context de dos o més vehicles que es mouen al mateix temps, hauríem de considerar aquesta segona velocitat com *negativa* però a nosaltres **no** ens cal tenir en compte aquest detall. Per una altra banda heu de tenir clar que el temps que s'està movent el vehicle al tercer tram és d'un segon ($6 - 5 = 1$).

Exemple 4

Descriviu el moviment d'un vehicle que té la següent gràfica i calculeu l'acceleració en cada tram.



Al primer tram el vehicle parteix del repòs i arriba a una velocitat de $18\,m/s$ en $4\,s$ de forma que la seva acceleració val

$$v = v_0 + at \longrightarrow a = \frac{v - v_0}{t} = \frac{18 - 0}{4} = 4,5\,m/s^2$$

Al segon tram manté la velocitat de $18\,m/s$ durant $5\,s$ de forma que la seva acceleració val zero. Al tercer tram frena fins a aturar-se en $3\,s$ de forma que la seva acceleració val

$$a = \frac{v - v_0}{t} = \frac{0 - 18}{3} = -6\,m/s^2$$

En aquest cas cal tenir en compte el signe de l'acceleració ja que és fonamental distingir quan frena de quan accelera.

Exercicis

17. Un cotxe parteix de l'origen de coordenades, recorre $40\,m$ en $10\,s$, després es queda quiet durant $5\,s$ i segueix movent-se endavant recorrent $16\,m$ més en $8\,s$. Representeu la situació en una gràfica espai-temps i calculeu la velocitat en cada tram.

18. Un vehicle que es trobava en repòs assoleix una velocitat de $20\,m/s$ en $2\,s$., circula durant $5\,s$ més a la mateixa velocitat i després frena fins a aturar-se en $5\,s$. Representeu la situació en una gràfica velocitat-temps i calculeu l'acceleració en cada tram.

2 Les forces

En les interaccions de la vida quotidiana estem envoltats de forces i les fem servir constantment. Si volem obrir o tancar una porta, hem de fer una força sobre ella. Quan fem un salt tornem a terra degut a la força amb que la Terra ens atrau. En el primer cas si no toquem la porta no la podrem moure, això és un exemple de *força de contacte*, en canvi, la Terra ens atrau encara que estem en contacte amb ella, és un exemple de *força a distància*.

2.1 Les forces com a vectors

Per representar les forces i poder fer càlculs amb elles hem de tenir en compte que es comporten com *vectors*, és a dir es caracteritzen per tenir:

1. *Punt d'aplicació*, és el lloc on es fa la força. En l'exemple de la porta podria ser el pom.

2. *Direcció*, representa la línia d'acció de la força. Per poder obrir o tancar de forma eficaç una porta, el millor és que la direcció de la força sigui perpendicular a ella. Si fem una força en la direcció de les frontisses, no ens serà gaire útil.

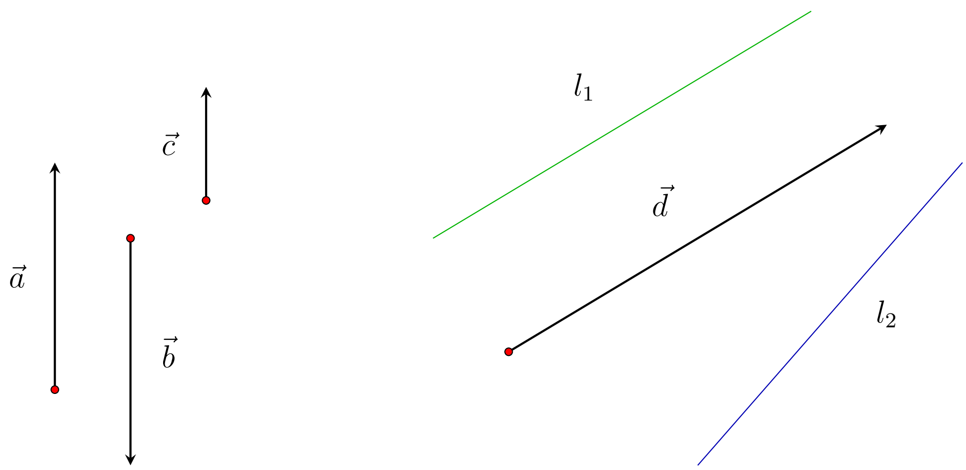
3. *Sentit*, un cop fixada la direcció, la força pot actuar en un sentit o el contrari.

4. *Intensitat (o mòdul)*, representa el valor de la força, si aquest és gran o petit.

Les unitats de la força en el Sistema Internacional son els *newtons*, N. La seva equivalència és

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

Exemple 1



En les forces que apareixen hem assenyalat el punt d'aplicació amb un cercle petit de color vermell però d'ara en endavant ja no ho farem més. A l'altra extrem de cada força hi ha una fletxa que assenyala el sentit de la força.

Les forces $\vec{a}$ i $\vec{b}$ tenen la mateixa direcció però diferent sentit. La seva intensitat (o mòdul) val el mateix. La força $\vec{c}$ també té la mateixa direcció que les dues anteriors però el seu mòdul és més petit.

La força $\vec{d}$ té la mateixa direcció que la línia l_1 però diferent de la línia l_2. No podem preguntar si les forces $\vec{a}$ i $\vec{d}$ tenen el mateix sentit perquè aquesta pregunta només es pot aplicar si les forces tenen la mateixa direcció (son paral·leles).

Una forma de representar les forces és fent una equivalència entre newtons i centímetres, per exemple.

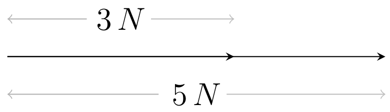
2.2 Suma de forces

Per tal de poder trobar la *resultant* de dues o més forces en aquest curs només considerarem dos casos:

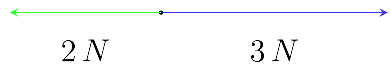
- Les forces són paral·leles. En aquest cas, si tenen el mateix sentit es sumen i si tenen sentit contrari es resten.
- Les forces son perpendiculars. En aquest cas farem servir el teorema de Pitàgores per trobar la diagonal.

Exemple 2

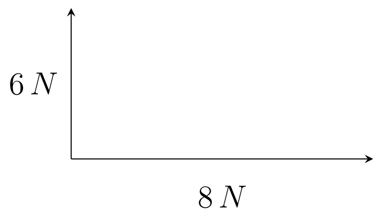
Calculeu la resultant dels següents sistemes de forces.



a)



b)



c)

En el cas *a*), les forces són paral·leles, tenen el mateix punt d'aplicació i el mateix sentit, per tant el mòdul de la resultant serà la suma de les dues

$$R_1 = 3 + 5 = 8\,N$$

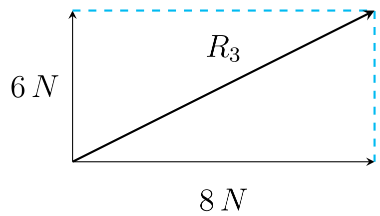
i tindrà la mateixa direcció, punt d'aplicació i sentit.

En el cas *b*), les forces són paral·leles, tenen el mateix punt d'aplicació i el sentit contrari, per tant el mòdul de la resultant serà la resta de les dues. Si no tenim cap raó per considerar un dels dos sentits com a positiu podem fer la resta en l'ordre que vulguem, per exemple

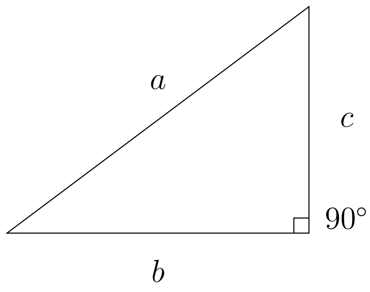
$$R_2 = 3 - 2 = 1\,N$$

i tindrà la mateixa direcció i punt d'aplicació que les que teníem. El sentit, tal com ho hem fet, serà cap a la dreta.

En el cas *c*), les forces tenen el mateix punt d'aplicació i són perpendiculars, representem primer gràficament la resultant



i per calcular el seu valor aplicarem el teorema de Pitàgores que diu que en qualsevol triangle rectangle



es compleix la relació

$$a^2 = b^2 + c^2$$

en el cas del nostre exemple podem escriure

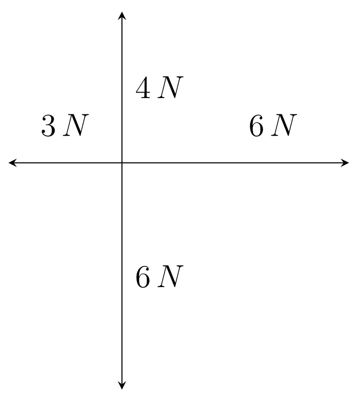
$$R_3^2 = 8^2 + 6^2$$

d'on

$$R_3^2 = 64 + 36 = 100 \Rightarrow R_3 = \sqrt{100} = 10\,N$$

Exercicis

1. Trobeu, gràficament, la resultant dels següents sistemes de forces. Feu servir l'equivalència $1\,N = 1\,cm$. Comproveu el resultat final amb l'obtingut fent servir el teorema de Pitàgores.



2.3 Pes, normal, tensió, fregament

Pel seu interès especial, destacarem tres tipus de força que reben un nom específic, aquestes són: la normal, la tensió i la força de fregament.

2.3.1 El pes

El pes d'un cos és la força amb que la Terra l'atrau. En cursos posteriors s'estudiarà amb detall la força gravitatòria i la dinàmica de moviment dels satèl·lits, de moment en tenim prou en saber que el pes d'un cos de massa m es calcula com

$$P = mg$$

on $g = 9,8\,m/s^2$ és l'acceleració de la gravetat a la superfície de la Terra. Cal recordar que la massa la mesurarem en kg i el pes, al ser una força, es mesurarà en newtons, N.

Exemple 3

Calculeu el pes d'una persona de massa $75\,kg$ si es troba a la superfície de la Lluna ($g = 1,6\,m/s^2$) i si es troba a la superfície de Júpiter ($g = 24,8\,m/s^2$). Compareu els dos resultats amb el pes d'aquesta persona a la superfície de la Terra.

A la superfície de la Lluna el pes valdrà

$$P = mg = 75 \cdot 1,6 = 120\,N$$

a la superfície de Júpiter el pes valdrà

$$P = mg = 75 \cdot 24,8 = 1860\,N$$

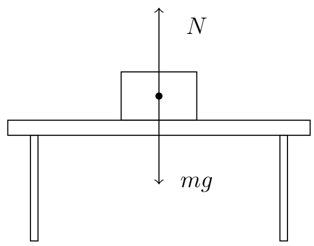
mentre que a la superfície de la Terra el pes val

$$P = mg = 75 \cdot 9,8 = 735\,N$$

Veiem que malgrat la massa és la mateixa, el pes d'un cos varia segons el valor de l'acceleració de la gravetat del lloc on està. Les balances mesuren el pes d'un cos, (tot i que al estar graduades en kg podríem pensar que mesuren la massa).

2.3.2 La normal

Suposem que tenim un objecte sobre una taula



Hi ha una força clarament present que és el pes de l'objecte, dirigida cap avall, i si aquest objecte es troba quiet sobre la taula, hem de pensar que hi ha d'haver una altre força, dirigida cap a dalt, que contraresti la força del pes. A aquesta força l'anomenem *normal.* L'origen d'aquest terme ve de que en matemàtiques, normal i perpendicular són sinònims, i aquesta força que fa la taula sobre el cos serà sempre perpendicular a la superfície de suport. No hem de confondre el nom de la força normal N, amb les unitats *newtons*, N.

Exemple 4

Un cos de massa $15\,kg$ es troba sobre una superfície horitzontal. Calculeu la força que exerceix aquesta superfície sobre el cos.

La força demanada és senzillament la normal, i ja sabem que en les condicions de l'exemple, iguala al pes del cos, per tant

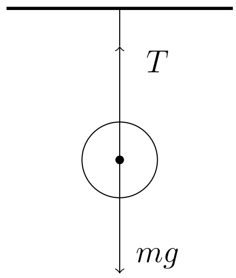
$$N = mg = 15 \cdot 9,8 = 147\,N$$

2.3.3 La tensió

En el cas que les forces es transmetin a través de cables o cordes les anomenarem *tensions.* No és més que una qüestió de vocabulari, però cal estar al cas. Les tensions les representarem amb la lletra T.

Exemple 5

Suposem que tenim un objecte decoratiu de massa $m = 3\,kg$ penjat del sostre tal com indica la figura. Es demana calcular la tensió del cable que la sosté.



Com que el cos es troba quiet podem escriure

$$T = mg = 3 \cdot 9,8 = 29,4\,N$$

Exercicis

2. Calculeu la massa d'un cos que a Júpiter pesa $4500\,N$, podeu suposar coneguda la dada $g_{Jup} = 24,8\,m/s^2$.

3. Representeu la situació i calculeu la força normal que exerceix una taula sobre un objecte de massa $m = 12\,kg$ si suposem que ens trobem a la superfície de la Lluna ($g = 1,6\,m/s^2$).

4. Representeu la situació i calculeu la tensió que suporta un cable que té un objecte de $50\,kg$ de massa penjant d'ell. Suposeu que ens trobem a la superfície de Venus ($g = 8,87\,m/s^2$).

2.3.4 La força de fregament

Quan volem fer lliscar un objecte al llarg d'una superfície és natural pensar que el material del que estan fets influirà en el moviment, ja que en general apareixerà una força que s'oposa (sempre) al sentit en que volem desplaçar l'objecte. Aquesta força s'anomena *força de fregament*. Haurem d'esperar a cursos posteriors per poder-la estudiar en més detall.

2.4 Les lleis de Newton

L'any 1687 Isaac Newton publica la seva obra *Principia Mathematica* on exposa els resultats de la seva recerca a nivell de física i matemàtiques. Aquesta obra va suposar un canvi definitiu en la història de la ciència. Dels seus continguts ens interessarem ara en els afecten al moviment dels cossos i que es poden resumir en les anomenades *Lleis de Newton*

2.4.1 Primera llei de Newton

Aquesta llei ens diu que si la resultant de les forces que actua sobre un cos val zero, aquest estarà en repòs o es mourà amb velocitat constant amb moviment rectilini.

De fet, aquesta llei l'hem fer servir en els apartats on vam definir la normal i la tensió.

2.4.2 Segona llei de Newton

Aquesta llei relaciona l'acceleració que adquireix un objecte sotmès a un conjunt de forces.

$$F = ma$$

en aquesta expressió la força que hi apareix representa la *resultant* de les forces aplicades.

Exemple 6

Calculeu l'acceleració que pateix un objecte de massa $m = 30\,kg$ quan s'empeny amb una força $F = 60\,N$.

Calculem directament a partir de la segona llei de Newton

$$F = ma \rightarrow a = \frac{F}{m} = \frac{60}{30} = 2\,m/s^2$$

2.4.3 Tercera llei de Newton

Aquesta llei ens diu que les forces sempre apareixen per parells. Hem de tenir en compte que aquests parells actuen sobre cossos diferents.

Per exemple, en l'apartat **2.3.2**, on vam definir la força normal, el pes i la normal que hi apareixen **no** són un parell acció i reacció, ja que estan aplicades sobre el mateix cos.

Exercicis
5. Sobre un cos de massa $m = 5\,kg$ actuen dues forces, una cap a la dreta amb valor $F = 20\,N$ i una altra cap a l'esquerra amb valor $F = 5\,N$. Calculeu l'acceleració amb que es mourà i dieu també cap a on ho farà.

2.5 La pressió

Definim la pressió que fa una certa força F sobre un àrea A com

$$P = \frac{F}{A}$$

quan treballem en el sistema internacional, la força està en newtons, N i l'àrea en metres quadrats m^2, en aquestes condicions les unitats de la pressió s'anomenen *pascals* (Pa), és a dir

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

Exemple 7

Calculeu la pressió que sentim sobre la nostra mà si fem una força de $12\,N$ sobre ella amb un tap de suro d'àrea $1,5\,cm^2$. Calculeu ara la pressió que sentim si en comptes d'un tap de suro fem servir la punta d'una agulla de cosir d'àrea $0,0001\,cm^2$.

La dificultat de l'exercici està en les unitats més que res. Hem de passar els cm^2 a m^2, en el primer cas

$$1,5\,\cancel{cm^2} \cdot \frac{1\,m^2}{10000\,\cancel{cm^2}} = 0,00015\,m^2$$

i la pressió que sentim a la mà serà

$$P = \frac{F}{A} = \frac{12}{0,00015} = 80\,000 = 8 \cdot 10^4\,Pa$$

Aquesta pressió pot semblar molt gran però en realitat el nostre cos està acostumat ja a la pressió atmosfèrica, que com veurem és de l'ordre de $100\,000 = 1 \cdot 10^5\,Pa$ En quant a la pressió que sentim amb l'agulla

$$0,0001\,\cancel{cm^2} \cdot \frac{1\,m^2}{10000\,\cancel{cm^2}} = 1 \cdot 10^{-8}\,m^2$$

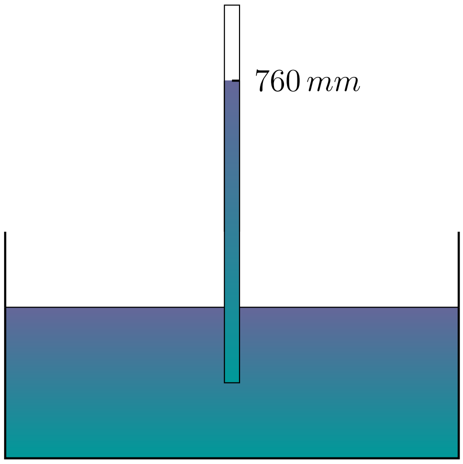
de forma que serà

$$P = \frac{F}{A} = \frac{12}{1 \cdot 10^{-8}} = 1,2 \cdot 10^9\,Pa$$

2.5.1 La pressió atmosfèrica

En l'any 1643, Torricelli va calcular experimentalment la pressió que l'atmosfera fa sobre la superfície de la Terra. L'aire és molt poc dens, però com que l'atmosfera té una alçada tant gran, (uns $30\,km$), la pressió que exerceix sobre nosaltres és notable.

El que va fer Torricelli va ser omplir un tub d'un metre de longitud amb mercuri (Hg), metall que a temperatura ambient és líquid i que té una densitat 13,6 vegades més gran que la de l'aigua



al posar el tub ple de mercuri dins un recipient amb el mateix metall, va observar que el mercuri del tub baixava fins una alçada de $760\,mm$ respecte del nivell del recipient. Com és que no es buida el tub? La resposta que va donar ell és que la pressió atmosfèrica és la que aguanta la columna de mercuri dins el tub fins l'alçada assenyalada. Llavors es va definir l'equivalència

$$1\,atm = 760\,mm\,Hg$$

Per una altra banda, l'equivalència entre *atmosfera* i pascals ve donada per

$$1\,atm = 101325\,Pa$$

que sovint s'escriu com

$$1\,atm = 1,01 \cdot 10^5\,Pa$$

A part d'aquestes, encara hi ha una altra unitat de mesura de la pressió que es fa servir en meteorologia, el *bar*, i una derivada d'ella, el *milibar*, així

$$1\,bar = 10^5\,Pa \qquad 1\,bar = 10^3\,mbar$$

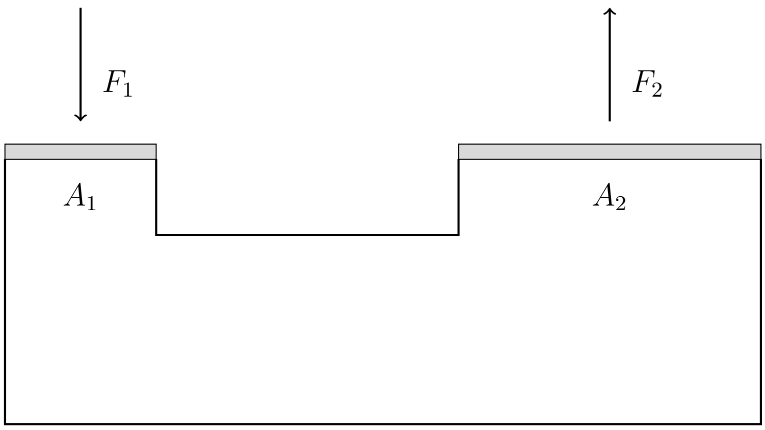
2.5.2 Principi de Pascal

El principi de Pascal diu que la pressió a l'interior d'un fluid es transmet íntegrament a través d'ell. Entre d'altres aplicacions trobem la premsa hidràulica, en la qual obtenim un efecte multiplicador de la força aplicada en una de les seves plataformes. A partir de la definició de pressió

$$P = \frac{F}{A}$$

i aplicant el principi de Pascal

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \rightarrow F_2 = F_1 \frac{A_2}{A_1}$$



Exemple 8

En una premsa hidràulica els pistons tenen àrees $0,001\,m^2$ i $0,5\,m^2$, si fem una força de $10^3\,N$ sobre el pistó petit, calculeu quina força proporciona el gran.

Aplicant directament el principi de Pascal,

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \rightarrow F_2 = F_1 \frac{A_2}{A_1} = 10^3 \cdot \frac{0,5}{0,001} = 5 \cdot 10^5\,N$$

com veiem la força s'ha multiplicat per 500.

2.6 La pressió hidrostàtica

En el sí d'un fluid la pressió que sent un objecte depèn de la fondària a la què es troba, la densitat del líquid i, indirectament, de la gravetat terrestre al lloc de l'experiment, així

$$P = d \cdot g \cdot h$$

És important adonar-se que variable h que hi apareix no és una altura en realitat si no una fondària. Veiem aquest detall en el següent exemple,

Exemple 9

Calculeu la pressió que sent un nedador que es troba submergit a dos metres de la superfície en una piscina plena d'aigua de 5 metres de profunditat. Podeu suposar coneguda la densitat de l'aigua $d = 10^3\,kg/m^3$

La pressió es calcula directament a partir de la fórmula

$$P = d \cdot g \cdot h = 10^3 \cdot 9,8 \cdot 2 = 19600\,Pa$$

Noteu aquesta pressió calculada és la deguda a la columna d'aigua que té el nedador *per sobre*, la profunditat de la piscina no té res a veure en el càlcul. Per una altra banda, la pressió real a la què es troba sotmès el nedador és la calculada *més* la pressió atmosfèrica. Quina proporció tenim de cadascuna? Calculem la relació

$$\frac{19600}{101325} = 0,1934 = 19,34\,\%$$

Com podem veure, la pressió afegida que pateix el nedador és aproximadament del 20 % de la que sentiria fora de l'aigua, no és molt, però per submergir-se a profunditats més grans cal un entrenament específic.

Exercicis

6. Raoneu perquè no és recomanable caminar amb sabates de taló d'agulla per superfícies de parquet de fusta.

7. En l'experiment de Torricelli, Raoneu què hi ha a l'espai que ha quedat al tub quan baixa el mercuri.

8. En l'experiment de Torricelli, raoneu què passaria si volguèssim fer servir aigua enlloc de mercuri.

9. Calculeu quant val al factor multiplicador que es pot obtenir amb una premsa hidràulica si els pistons tenen àrees $2\,m^2$ i $12\,m^2$.

10. Calculeu la pressió hidrostàtica que patiríem si ens trobem submergits a 4 metres de profunditat en una piscina de 10 metres de fondària plena de mercuri, amb densitat $d = 13600\,kg/m^3$. Calculeu també quin percentatge de la pressió atmosfèrica exterior representa.

3 L'energia dels canvis

L'energia es manifesta a la naturalesa de diverses formes. És important tenir clar que en la majoria dels processos l'energia es transforma d'un tipus a un altre. La unitat de l'energia en el sistema internacional és el *joule* (J).

3.1 Energia cinètica

Definim l'energia cinètica d'un objecte de massa m que es mou a velocitat v com

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

Exemple 1

Calculeu l'energia cinètica d'un vehicle de massa $m = 1200\,kg$ que es mou a una velocitat $v = 20\,m/s$

Calculem directament a partir de la definició

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \cdot 1200 \cdot 20^2 = 240000\,J = 2,4 \cdot 10^5\,J$$

3.2 Energia potencial gravitatòria

Pel sol fet d'estar sotmesos a un camp gravitatori, els cossos tenen una energia associada anomenada energia potencial gravitatòria. Aquesta es calcula segons l'expressió

$$E_p = mgh$$

on m és la massa de l'objecte, h l'altura a la que es troba (respecte d'un origen d'altures arbitrari) i g l'acceleració de la gravetat de la Terra ($9,8\,m/s^2$).

Exemple 2

Calculeu l'energia potencial gravitatòria que té un objecte de massa $m = 10\,kg$ si es troba a una altura $h = 2\,m$ respecte el terra.

Fent servir la definició d'energia potencial

$$E_p = mgh = 10 \cdot 9,8 \cdot 2 = 196\,J$$

3.3 Energia mecànica

Definim l'energia mecànica d'un cos com la suma de l'energia cinètica i potencial gravitatòria que tingui

$$E_M = E_c + E_p$$

La utilitat d'aquesta definició és que sota certes condicions (si no hi ha pèrdues d'energia per fregament, per exemple), l'energia mecànica és conserva en qualsevol procés. Això permet tot un conjunt de problemes, veiem alguns exemples.

Exemple 3

Un objecte de massa $m = 5\,kg$ es deixa caure des d'una altura $h = 7\,m$. Calculeu la velocitat amb què arriba al terra suposant que no hi ha fregament amb l'aire.

L'energia mecànica d'aquest objecte quan es troba a dalt de tot val

$$E_M = E_c + E_p = \frac{1}{2}mv^2 + mgh = 0 + 5 \cdot 9,8 \cdot 7 = 343\,J$$

i té el mateix valor que la que té quan arriba al terra,

$$E_M = E_c' + E_p' = \frac{1}{2}mv'^2 + 0 = \frac{1}{2} \cdot 5 \cdot v'^2$$

de forma que podem escriure

$$\frac{1}{2} \cdot 5v'^2 = 343$$

d'on

$$v'^2 = \frac{2 \cdot 343}{5} = 137,2$$

i finalment

$$v' = \sqrt{137,2} = 11,71\,m/s$$

Noteu com la velocitat canvia i l'altura també però la suma de les energies cinètica i potencial romanen constants.

Exemple 4

Un objecte de massa $m = 2\,kg$ es llança cap a baix amb una velocitat $v = 3\,m/s$ des d'una altura $h = 4\,m$. Calculeu la velocitat amb què arriba al terra suposant que no hi ha fregament amb l'aire.

L'energia mecànica d'aquest objecte quan es troba a dalt de tot val

$$E_M = E_c + E_p = \frac{1}{2}mv^2 + mgh = \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 3^2 + 2 \cdot 9,8 \cdot 4 = 87,4\,J$$

i té el mateix valor que la que té quan arriba al terra,

$$E_M = E_c' + E_p' = \frac{1}{2}mv'^2 + 0 = \frac{1}{\cancel{2}} \cdot \cancel{2} \cdot v'^2 = v'^2$$

de forma que podem escriure

$$v'^2 = 87,4$$

d'on

$$v' = \sqrt{87,4} = 9,35\,m/s$$

Exemple 5

Un objecte de massa $m = 12\,kg$ es deixa caure des d'una altura $h = 10\,m$. Calculeu la velocitat que té quan es troba a 1 metre d'altura respecte el terra.

Plantegem com en els altres exemples la conservació de l'energia mecànica, i escrivim (ara més directament)

$$\frac{1}{2}mv^2 + mgh = \frac{1}{2}mv'^2 + mgh'$$

substituint les dades de l'exercici

$$0 + 12 \cdot 9,8 \cdot 10 = \frac{1}{2} \cdot 12 \cdot v'^2 + 12 \cdot 9,8 \cdot 1$$

d'on

$$1176 = 6v'^2 + 117,6 \rightarrow 6v'^2 = 1176 - 117,6 \rightarrow 6v'^2 = 1058,4$$

i finalment

$$v'^2 = \frac{1058,4}{6} = 176,4 \rightarrow v' = \sqrt{176,4} = 13,28\,m/s$$

3.4 Mecanismes de transformació d'energia

3.4.1 Calor

La calor és la forma més degradada de l'energia. Sempre que es perd energia per fregament es perd en forma de calor. Tot això no vol dir que no sigui útil, els sistemes de frenada de la majoria dels vehicles precisament fan servir aquest mecanisme de transformació d'energia per dissipar en forma de calor l'energia cinètica. Hem de tenir en compte que la calor sempre flueix dels cossos calents als freds, d'aquesta manera, encara que no hi hagi moviment relatiu entre dos cossos i per tant, no hi hagi fregament, si la seva temperatura no és igual hi haurà una transferència de calor del calent al fred.

3.4.2 Treball (W)

Un altre mecanisme de transferència d'energia és a través de la força que pot fer un cos sobre un altre. Per exemple, quan empenyem un objecte que es trobava en repòs i aquest es comença a moure, l'energia cinètica que ha guanyat prové del treball que fa la força, aquest treball es calcula com

$$W = F \cdot d$$

on d és la distància recorreguda mentre la força actua.

Exemple 6

Calculeu el treball que fa una força $F = 20\,N$ quan actua sobre un objecte al llarg d'una distància $d = 7\,m$

Aplicant directament l'expressió anterior

$$W = F \cdot d = 20 \cdot 7 = 140\,J$$

3.4.3 Ones

Les ones són fenòmens caracteritzats precisament per haver transport d'energia però no de matèria. Per exemple, la llum del Sol que ens escalfa ho fa a través de l'espai interestel·lar on no hi ha matèria. Quan sacsegem una corda, la vibració es transmet a l'altre extrem mentre la corda es troba en el mateix lloc, etc. En un tema posterior tindrem oportunitat de detallar aquests fenòmens adequadament.

3.5 Fonts d'energia

- No renovables: anomenem energies no renovables a aquelles que s'esgotaran en poques dècades (uns 40 anys pel petroli, 90 per l'urani, 60 pel carbó i 30 pel gas natural). Totes llevat de l'urani contribueixen decisivament a l'efecte hivernacle i per tant a accelerar el canvi climàtic, ja que alliberen grans quantitats de CO_2 a l'atmosfera. L'urani per la seva banda no contribueix a l'efecte hivernacle directament però genera subproductes radioactius molt contaminants que no es poden eliminar.

- Renovables: anomenem energies renovables a aquelles que no s'esgotaran, per exemple l'energia solar, l'eòlica, la mareomotriu, la hidràulica, la biomassa i d'altres. El seu rendiment és molt més baix que el de les no renovables però per una altra banda no contribueixen a l'efecte hivernacle. El cas de la biomassa és especial perquè tot i que produeix CO_2 en la seva combustió, aquest CO_2 s'havia *retirat* prèviament de l'atmosfera i per tant es considera que el balanç és neutre.

Exercicis

1. Calculeu l'energia cinètica d'un patinador de massa $m = 75\,kg$ que es mou a una velocitat $v = 10\,m/s$

2. Calculeu l'energia potencial gravitatòria que té un ocell de massa $m = 100\,g$ si es troba volant en línia recta a una altura $h = 120\,m$ respecte el terra.

3. Un objecte de massa $m = 2\,kg$ es deixa caure des d'una altura $h = 10\,m$. Calculeu la velocitat amb què arriba al terra suposant que no hi ha fregament amb l'aire.

4. Un objecte de massa $m = 3\,kg$ es llança cap a dalt amb una velocitat $v = 4\,m/s$ des d'una altura $h = 10\,m$. Calculeu la velocitat amb què arriba al terra suposant que no hi ha fregament amb l'aire.

5. Un objecte de massa $m = 1\,kg$ es deixa caure des d'una altura $h = 5\,m$. Calculeu la velocitat que té quan es troba a $0,5$ metres d'altura respecte el terra.

6. Calculeu el treball que fa una força $F = 15\,N$ sobre un objecte si l'arrossega una distància $d = 3\,m$.

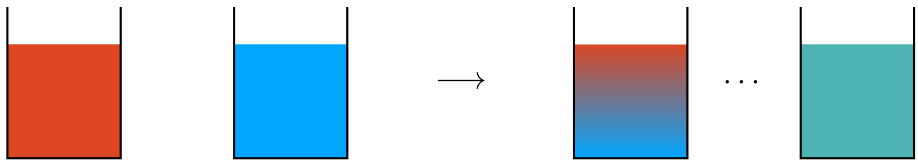
4 Calor i temperatura

4.1 Diferència entre calor i temperatura

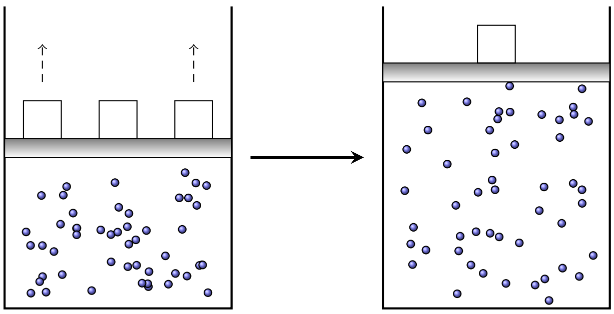
Del tema anterior sabem que la calor és una forma d'energia que pot passar d'un cos a un altre (o a l'entorn). En aquest tema parlarem de la temperatura, que és una mesura de l'energia interna (a causa de la vibració dels àtoms o molècules) que té un cos. D'aquesta manera, temperatura i calor són magnituds diferents, tenen unitats diferents i per tant no s'han de confondre.

4.2 Equilibri tèrmic

Suposem que tenim dos recipients amb aigua a diferent temperatura, si els barregem, passarà una estona fins que la temperatura de la barreja arriba a estabilitzar-se i és la mateixa en tots els punts del líquid. En aquest moment podem dir que s'ha arribat a *l'equilibri*.



De forma semblant, si tenim un gas a pressió tancat amb un èmbol i de sobte augmentem el volum es tardarà una estona fins que hi hagi un valor nou de la pressió ben definit, fins que el sistema torni a estar en *equilibri*.



En aquest sentit, diem que un sistema està en equilibri termodinàmic quan les variables macroscòpiques, pressió, volum i temperatura no varien de forma apreciable amb el temps.

4.3 Escales de temperatura

Es coneixen moltes escales de temperatura diferents. Les més utilitzades són:

- Escala Celsius o centígrada. Assigna el valor $0°\,C$ al punt de congelació de l'aigua i $100°\,C$ al punt d'ebullició de l'aigua. D'aquesta manera l'interval queda dividit en 100 graus (d'aquí el nom d'escala centígrada).
- Escala Fahrenheit. Assigna el valor $32°\,F$ al punt de congelació de l'aigua i $212°\,F$ al punt d'ebullició de l'aigua. En aquest cas l'interval queda dividit en 180 graus, cosa que fa que sigui una escala més precisa que la Celsius. L'escala Fahrenheit es fa servir típicament en països d'influència anglosaxona. L'equivalència entre aquesta escala i la centígrada és
$$T(°F) = \frac{9}{5} \cdot T(°C) + 32$$
- Escala Kelvin. És la que s'ha de fer servir quan treballem en el Sistema Internacional. Assigna el valor $273\,K$ al punt de fusió del gel i 373 al punt d'ebullició de l'aigua. Aquesta escala es tria perquè no té valors negatius, $0\,K$ és la temperatura més baixa possible en la natura. Fixeu-vos que no diem "graus kelvin". L'equivalència entre aquesta escala i la centígrada és
$$T(K) = T(°C) + 273$$

Exemple 1

Calculeu en $°C$ les següents temperatures: $20\,°F$, $50\,°F$, $300\,K$, $0\,K$.

En el primer cas, podem escriure

$$20 = \frac{9}{5} \cdot T(°C) + 32$$

d'on

$$\frac{9}{5} \cdot T(°C) = 20 - 32 \rightarrow \frac{9}{5} \cdot T(°C) = -12 \rightarrow \cdot T(°C) = \frac{5}{9} \cdot (-12) = -6,67\,°C$$

En el segon cas, i de forma semblant

$$50 = \frac{9}{5} \cdot T(°C) + 32$$

d'on

$$\frac{9}{5} \cdot T(°C) = 50 - 32 \rightarrow \frac{9}{5} \cdot T(°C) = 18 \rightarrow \cdot T(°C) = \frac{5}{9} \cdot 18 = 10\,°C$$

En el tercer cas tenim

$$T(K) = T(°C) + 273$$

d'on

$$300 = T(°C) + 273 \rightarrow T(°C) = 300 - 273 = 27\,°C$$

De forma semblant podem resoldre el darrer cas

$$0 = T(°C) + 273 \rightarrow T(°C) = 0 - 273 = -273\,°C$$

4.4 Mecanismes de propagació de calor

La calor passa sempre de forma espontània d'un cos fred a un calent. Si volem que passi del fred al calent hem de proporcionar treball, així per exemple, les neveres, per refrigerar els aliments que es troben al seu interior necessiten estar connectades a la xarxa elèctrica domèstica i consumeixen corrent (de fet, és dels electrodomèstics que podem tenir a casa que més energia consumeix al llarg del temps).

- Conducció: aquest mecanisme de propagació de la calor es dona entre cossos que es troben en contacte. Hi ha materials bons conductors de la calor (típicament metalls) i d'altres que no ho són gens (plàstics, fusta).

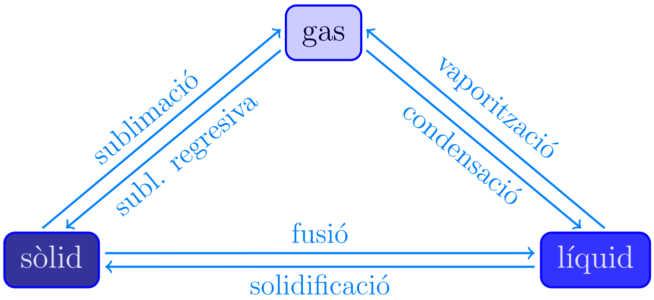
- Convecció: aquest és el mecanisme de propagació de la calor que domina en el cas dels líquids i gasos i es basa en el fet que la densitat d'aquests disminueix amb la temperatura, de forma que es creen moviments interns en el si del fluid quan s'escalfa. Un exemple el tenim el la formació d'anticiclons i depressions atmosfèriques, tal com vam estudiar el curs passat. També, el principi de funcionament de la calefacció domèstica per radiadors és basa en la convecció per escalfar les estances d'un habitatge.

- Radiació: aquest és l'únic mecanisme de propagació de la calor que no necessita cap medi material. L'energia calorífica es transmet a través d'ones electromagnètiques. Un exemple és la radiació que ens arriba del Sol, que travessa l'espai (buit) fins arribar a la Terra.

4.5 Efectes de la transferència de calor sobre la matèria

4.5.1 Canvis d'estat

Els diferents canvis d'estat de la matèria, amb el seu nom, es poden representar segons el diagrama següent



Hem de tenir en compte que en tots els canvis d'estat hi ha una transferència d'energia que es fa a temperatura constant (per les substàncies pures), de forma que, si per exemple volem passar de gel a $-15\,°C$ a aigua a $20\,°C$ el procés serà

1. Escalfar el gel de $-15\,°C$ a $0\,°C$
2. Escalfar (fondre) el gel a $0\,°C$ fins que sigui aigua a $0\,°C$
3. Escalfar l'aigua de $0\,°C$ fins a $20\,°C$

Els càlculs detallats sobrepassen els objectius d'aquest curs, però si que hem de saber que, encara que la massa de gel i aigua és la mateixa al llarg de tot el procés, l'energia, en forma de calor que es necessita en cada cas és diferent, degut a que la calor específica del gel i l'aigua no valen el mateix i en el canvi de fase cal subministrar energia també.

4.5.2 Dilatació

En general, tant sòlids com líquids i gasos es dilaten al escalfar-se. Això és degut a l'increment del rang de moviment de les partícules que els formen, quan se'ls comunica energia. Sabent això, als edificis i estructures viàries es dissenyen les anomenades *juntes de dilatació*, que permeten mantenir la seva integritat al patir oscil·lacions tèrmiques en el cicle dia/nit o les diferents estacions de l'any. També els cables elèctrics o telefònics s'han d'instal·lar deixant prou marge de llargada per evitar trencaments al contrau-re's si la temperatura baixa prou.

4.5.3 Calor específica

Suposem que volem elevar la temperatura de diverses mostres, totes amb la mateixa massa. Cada substància o material necessita una quantitat de calor diferent. Aquest fet és degut a que cadascuna té una *calor específica* característica.