

## Índex

3.1 Els materials i les seves propietats.....	3
Exercici 3.1-1.....	5
3.2 Algunes propietats dels materials.....	6
3.2.1 Elasticitat.....	7
3.2.2 Plasticitat.....	7
3.2.3 Esforços de la tracció, flexió, compressió i torsió.....	8
3.2.4 Fragilitat i tenacitat.....	10
3.2.5 Duresa.....	10
3.2.6 Densitat.....	11
Exercici 3.2.6-1.....	18
Exercici 3.2.6-2.....	19
3.2.6.1 Com determinar la densitat.....	20
3.2.7 Conductivitat tèrmica i elèctrica.....	24
3.2.8 Resistència a la corrosió.....	24
3.2.9 Resistència a la radiació solar.....	26
3.2.10 Toxicitat.....	27
3.2.11 Reciclabilitat.....	27
3.3 Exercicis conversió d'unitats.....	28
Exercici 3.3-1.....	28
Exercici 3.3-2.....	28
Exercici 3.3-3.....	29
Exercici 3.3-4.....	30
Exercici 3.3-5.....	30
Exercici 3.3-6.....	31
3.4 Transformació de fòrmules matemàtiques.....	33
Exercici 3.4-1.....	35
3.5 Fustes.....	37
Exercici 3.5-1.....	39
3.5.1 Els taulers artificials.....	39
Exercici 3.5.1-1.....	40
3.6 Metalls.....	41
3.6.1 Metalls fèrrics.....	42
3.6.2 Metalls no fèrrics.....	45
3.6.3 Aliatges.....	47
Exercici 3.6.3-1.....	48
Exercici 3.6.3-2.....	48
Exercici 3.6.3-3.....	49
3.7 Estructures.....	50
3.7.1 Tipus d'estructures.....	53
Exercici 3.7.1-1.....	56
Exercici 3.7.1-2.....	57
Exercici 3.7.1-3.....	57
Exercici 3.7.1-4.....	58
Exercici 3.7.1-5.....	58
3.8 Mecanismes.....	60

3.8.1 Forces.....	61
3.8.2 Mecanismes de transmissió del moviment.....	62
3.8.2.1 Transmissió lineal.....	62
Exercici 3.8.2.1-1.....	65
Exercici 3.8.2.1-2.....	65
Exercici 3.8.2.1-3.....	67
Exercici 3.8.2.1-4.....	69
Exercici 3.8.2.1-5.....	69
3.8.2.2 Transmissió circular.....	70
Exercici 3.8.2.2-1.....	73
Exercici 3.8.2.2-2.....	74
Exercici 3.8.2.2-3.....	77

### 3 Materials, estructures i mecanismes

Aquesta unitat integra tres temes estretament relacionats. Si volem dissenyar una construcció o fabricar un objecte necessitem triar els materials adequats pel nostre propòsit. Per exemple, pensem en una garrafa d'aigua mineral. Quines característiques ha de tenir el material d'una garrafa d'aigua de 5 litres? Ha de ser lleugera, resistent als cops i mantenir la qualitat de l'aigua.

A més, ha de tenir una forma que faciliti el seu emmagatzematge, ser fàcil d'obrir i tancar i ser barata, tant pel cost del material com pel procediment de fabricació. En aquests darrers aspectes no només influeix el material de la garrafa, sinó també la seva forma o estructura. Que la garrafa tingui un mecanisme efectiu per obrir i tancar-la, augmenta molt la seva utilitat.

#### ¿Cómo se hacen las botellas de plástico?

<https://www.youtube.com/watch?v=DeMH7uPs2Sw>

#### 3.1 Els materials i les seves propietats

Podem classificar els materials dels quals fem ús diari en grups principals.

	<b>Aplicacions</b>
<b>Fustes</b>	Estructures en habitatges, torres, vaixells. Objectes domèstics, mobles. Paper. Màquines, molins de vent.
<b>Ceràmiques</b>	Revestiments ceràmics, rajoles. Objectes domèstics, vaixella. Estructures, maons.
<b>Vidres</b>	Objectes domèstics, vaixella. Elements estructurals, maons de vidre, planxes de vidre per finestres, mampares de dutxa. Comunicacions, fibra òptica per transmissió de dades.
<b>Metalls</b>	Estructures habitatges, vehicles, ponts, torres, etc. Objectes domèstics. Transport d'energia elèctrica. Comunicacions, transmissió de dades. Màquines, motors de combustió i elèctrics.
<b>Tèxtils</b>	Roba. Llenços. Tèxtils tècnics utilitzats en diversos tipus d'indústria.
<b>Plàstics</b>	Elements estructurals en màquines. Objectes domèstics. Aïllants elèctrics i tèrmics.

Material	Aplicacions	Propietats	Exemples	Obtenció
<b>Fusta</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mobles.</li> <li>Estructures.</li> <li>Embarcacions.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>No condueix la calor ni l'electricitat.</li> <li>Fàcil de treballar.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pi.</li> <li>Roure.</li> <li>Faig.</li> </ul>	A partir d'arbres.
<b>Metall</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Clips.</li> <li>Ganivetes.</li> <li>Coberts.</li> <li>Estructures.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bon conductor de la calor i l'electricitat.</li> <li>Dòctil i mal·leable.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Acer.</li> <li>Cobre.</li> <li>Estany.</li> <li>Alumini.</li> </ul>	A partir de determinats minerals.
<b>Plàstic</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Boligrafs.</li> <li>Carcasses d'electrodomèstics.</li> <li>Envasos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lleuger.</li> <li>Mal conductor de la calor i l'electricitat.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>PVC.</li> <li>PET.</li> <li>Porexpan (suro blanc).</li> <li>Metacrilat.</li> </ul>	Mitjançant processos químics, a partir del petroli.
<b>Petris</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bancs de cuina.</li> <li>Façanes i sòls d'edificis.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Feixucs i resistentes.</li> <li>Difícils de treballar.</li> <li>Bons aïllants de la calor i l'electricitat.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Marbre.</li> <li>Granit.</li> </ul>	S'obtenen de les roques, a les pedreres.
<b>Ceràmica i vidre</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vaixelles.</li> <li>Rajoles, teules.</li> <li>Finestres, portes.</li> <li>Vidres.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Durs.</li> <li>Fràgils.</li> <li>Transparents (només vidre).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pisa.</li> <li>Porcellana.</li> <li>Vidre.</li> </ul>	<p>Ceràmica: a partir d'argiles i arenas per modelatge i coccció.</p> <p>Vidre: s'obté mesclant i tractant arena, calcària i sosa.</p>
<b>Tèxtils</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ropa.</li> <li>Tendals.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Flexibles i resistentes.</li> <li>Fàcils de treballar.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cotó.</li> <li>Llana.</li> <li>Nilió.</li> </ul>	Es filen i teixeixen fibres d'origen vegetal, animal o sintètic.

**Exercici 3.1-1**

Cerca 3 exemples d'aplicació per cada un dels següents grups de materials  
Per a cada aplicació explica quines són les característiques per les quals s'utilitza el material.

- Fustes
- Ceràmiques
- Vidres
- Metalls
- Tèxtils
- Plàstics

Exemple:

Material: Fusta

Aplicació: Masteler en un vaixell. S'utilitza la fusta per la seva rigidesa, per la seva resistència a la corrosió de l'aigua de mar i a la deterioració per la radiació solar.

### **3.2 Algunes propietats dels materials**

<b>Mecàniques</b>	<b>Físiques</b>	<b>Altres</b>
Elasticitat	Densitat	Resistència a la corrosió
Plasticitat	Conductivitat tèrmica i elèctrica	Resistència a la radiació solar
Resistència a la tracció, compressió, flexió i torsió		Toxicitat
Fragilitat i tenacitat		Reciclabilitat
Duresa		

### 3.2.1 Elasticitat

L'elasticitat és la propietat d'un material de variar la seva forma sota un esforç i tornar a la seva forma original quan l'esforç deixa d'actuar.

Exemple:

Goma es doblega amb un esforç de flexió i torna a la seva forma original en acabar l'esforç, si aquest no ha estat excessiu.



### 3.2.2 Plasticitat

La plasticitat és la propietat que indica que sota un esforç, el material es deforma, mantenint la deformació una vegada l'esforç deixa d'actuar.

Exemple:

Per protegir els passatgers en cas de xoc, el cotxe s'ha de poder deformar de forma controlada. La deformació del frontal absorbeix l'energia del xoc. És una deformació plàstica ja que es manté quan ha passat l'esforç (xoc).



### 3.2.3 Esforços de la tracció, flexió, compressió i torsió

L'esforç de tracció estira un material.

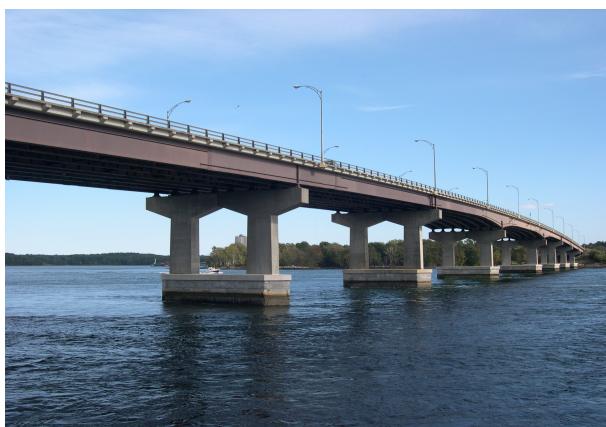
Exemple cables de pont penjant.



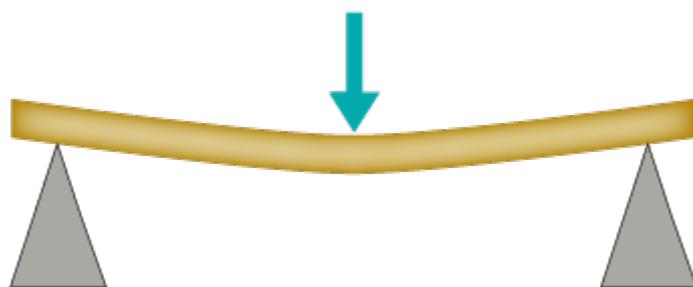
[Vídeo assaig tracció](#)

L'esforç de compressió comprimeix el material.

Exemple pilars d'un pont que ha de suportar el pes del pont i del transit que carrega el pont.



Entre els pilars d'un pont les bigues horitzontals estan sotmeses a un **esforç de flexió**. L'esforç de flexió tendeix a doblegar el material.



L'**esforç de torsió** es produeix quan feim girar un objecte, per exemple una vareta, sobretot, si un costat de la vareta està fixada o ofereix resistència al gir.

La broca d'un trempant està sota un esforç de torsió.

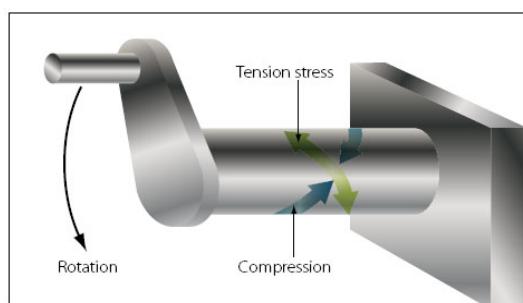
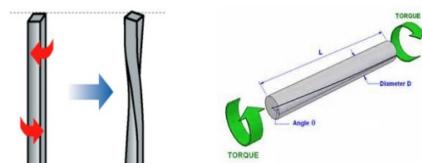


Figure 3-20. Torsion on a rotating shaft, made up of tension and compression.

PRE-STRESSED CONCRETE LAB,CE-416

### Torsional Stress

➤ A Specific type of Shear Stress in Which One end of a part is secured while the other end is Twisted



AUST



### 3.2.4 Fragilitat i tenacitat

Un material fràgil es romp en rebre un cop.

Exemples:

Vidre, ferro colat, ceràmica.

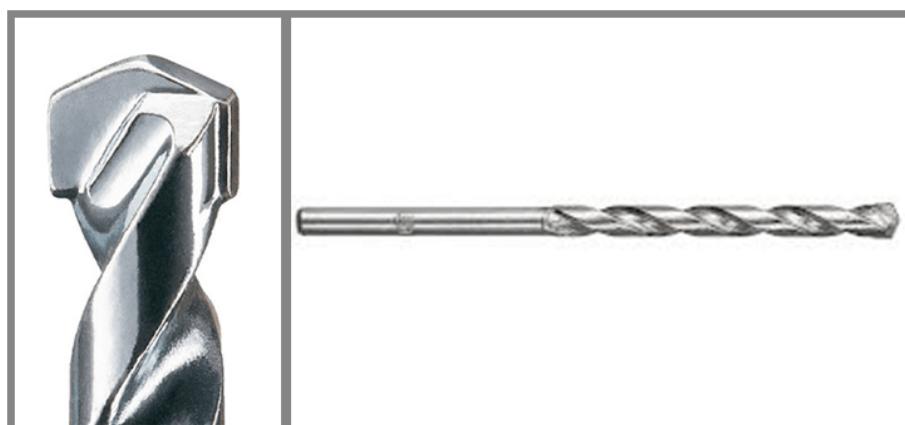


La propietat contrària a la fragilitat és la tenacitat. Els objectes tenaços es poden deformar amb cops, però no es rompen en pedaços.

### 3.2.5 Duresa

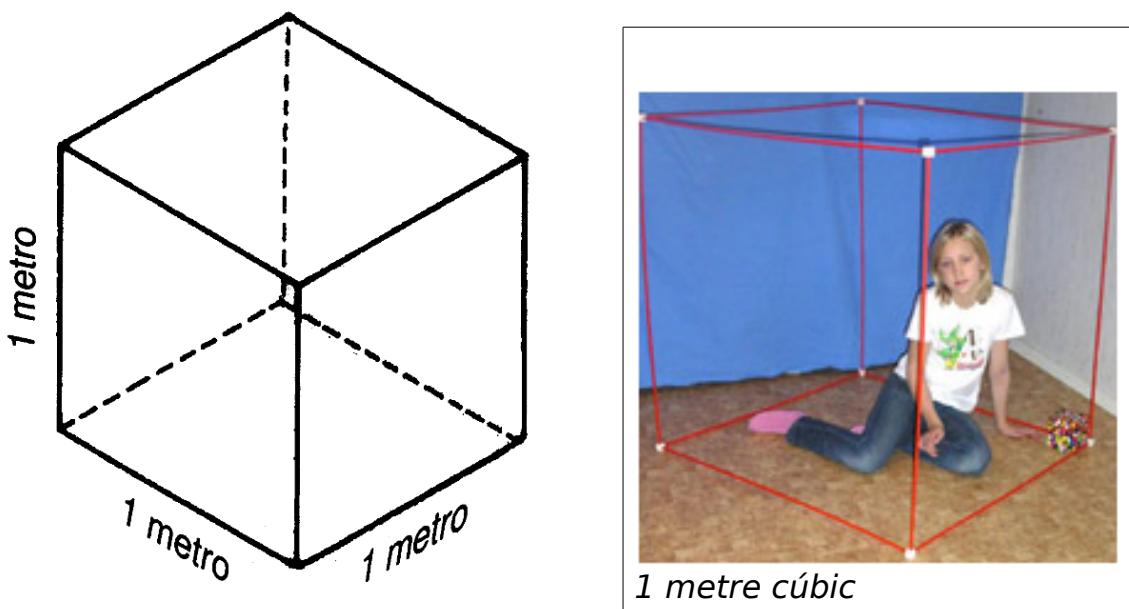
La duresa mesura la resistència que oposa una substància a ser ratllada. Com més dur és un material, més difícil és ratllar o deformar-lo.

El vidre per exemple, és un material molt dur, però al mateix temps molt fràgil. Les puntes de les broques per perforar pedra han de ser molt dures, però gens fràgils.



### 3.2.6 Densitat

La densitat és la relació entre la massa i el volum d'un material. La unitat de la massa són els kg i la unitat del volum els m<sup>3</sup>.



Si omplim un metre cúbic d'aigua i el pesem, el resultat són 1000 kg.

La densitat  $\rho$  (ro) d'un material es calcula dividint la seva massa entre el seu volum.

$$\rho = \frac{m}{V}$$

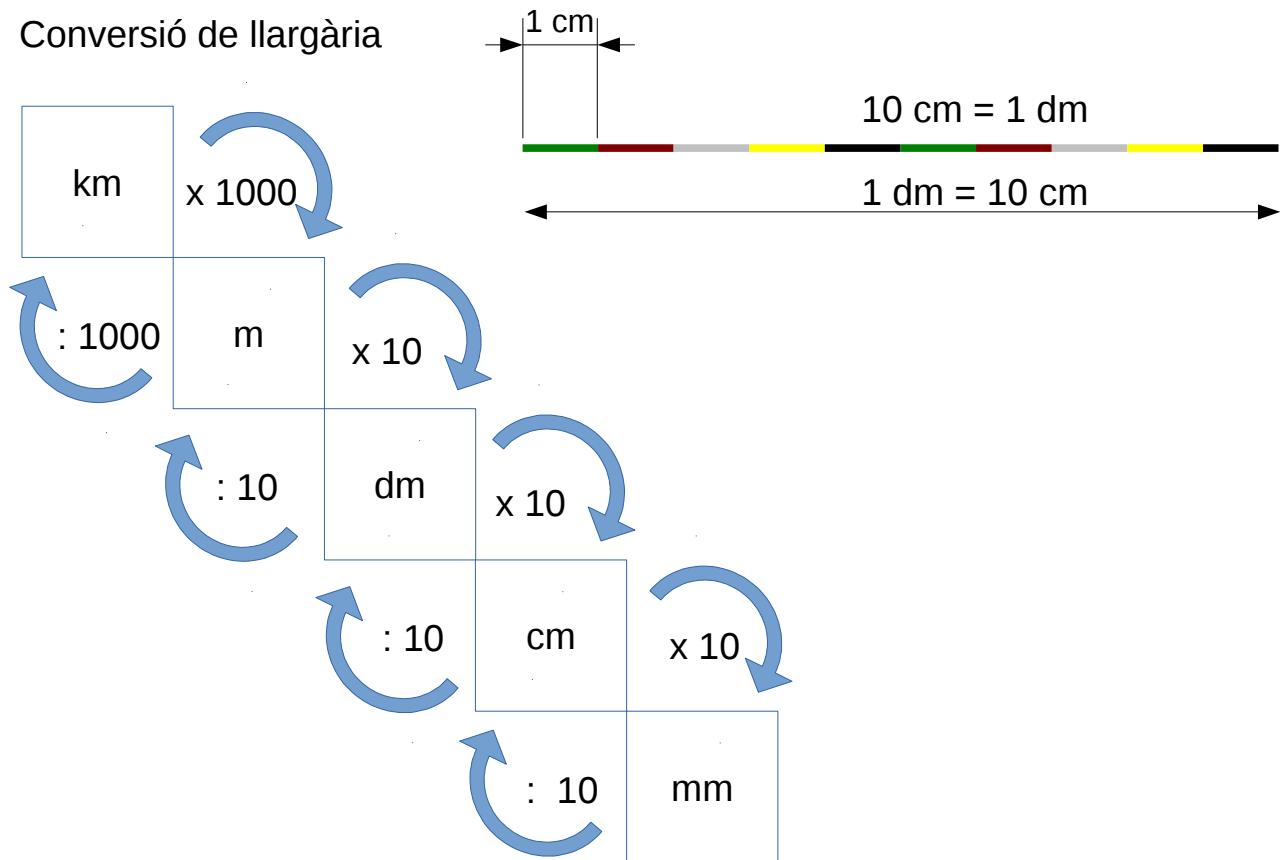
$\rho$       Densitat

m      Massa

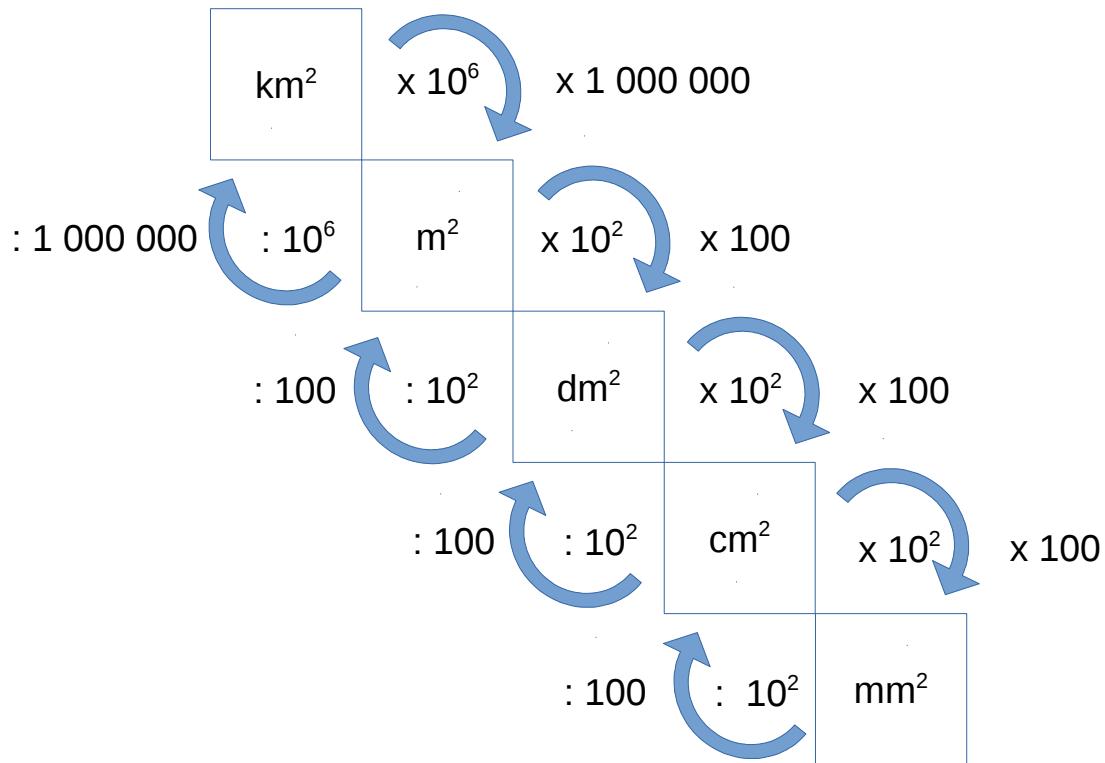
V      Volum

En el cas de l'aigua, la densitat és  $\rho_{aigua} = \frac{1000 \text{ kg}}{1 \text{ m}^3} = \frac{1000}{1} \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ .

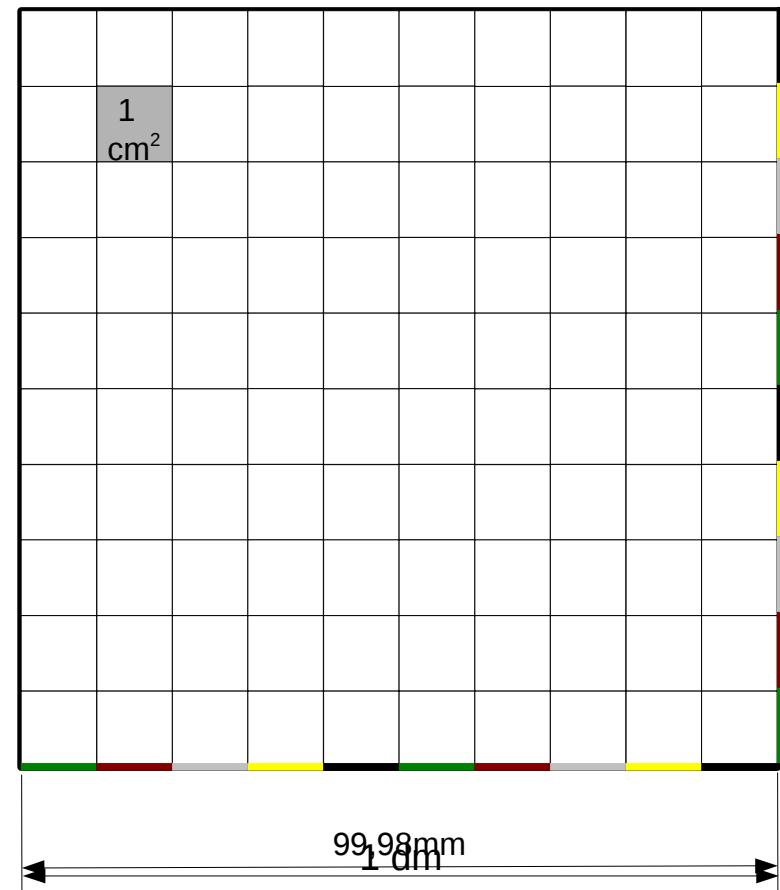
## Conversió de llargària

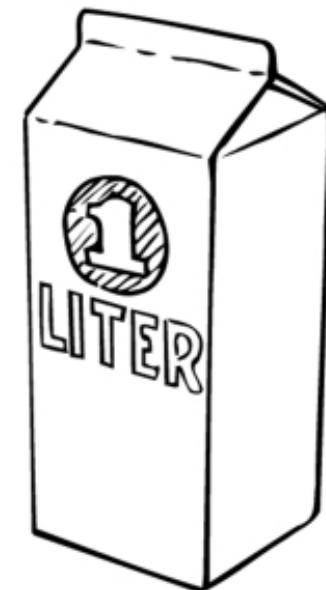
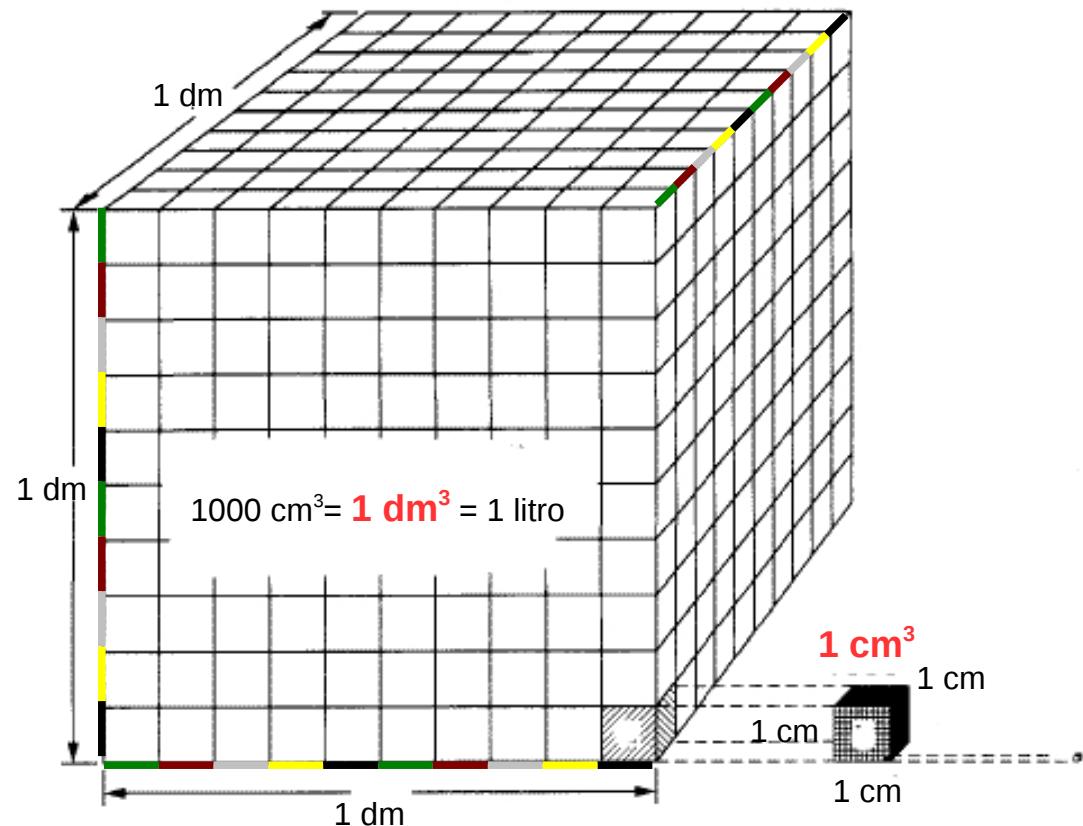


## Conversió de superfície



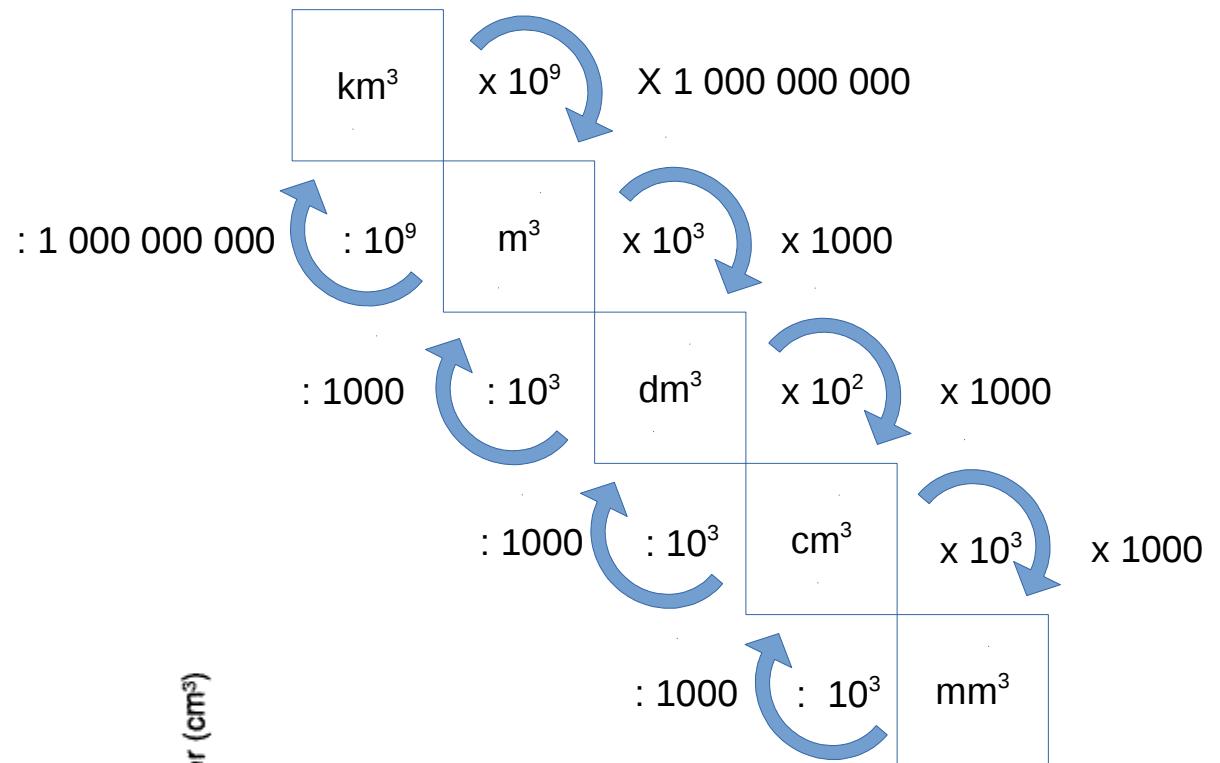
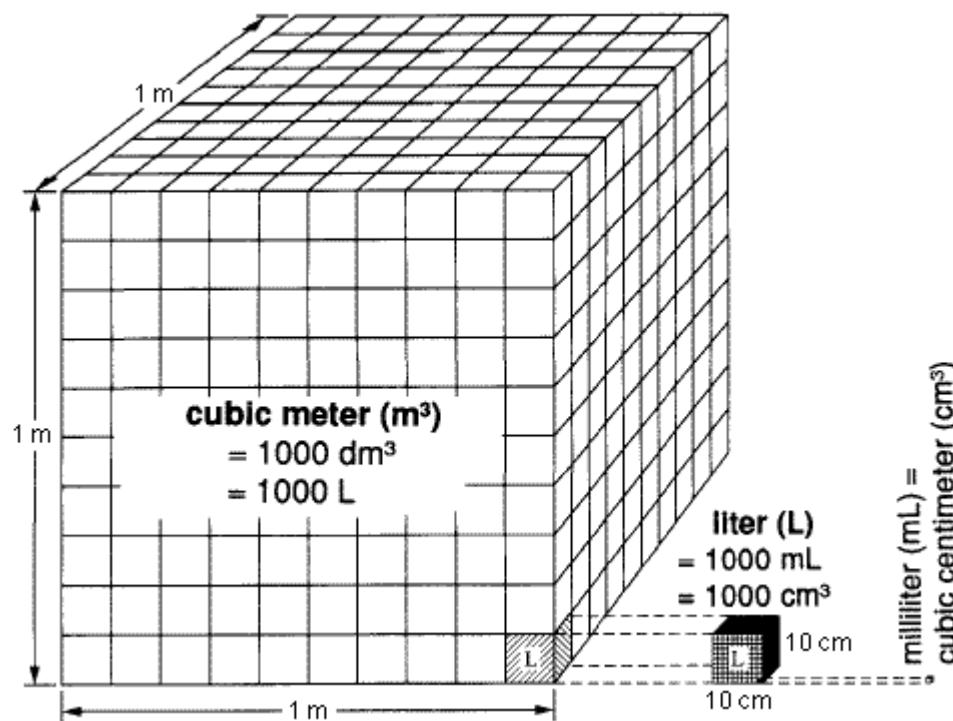
$$1 \text{ dm}^2 = 100 \text{ cm}^2$$

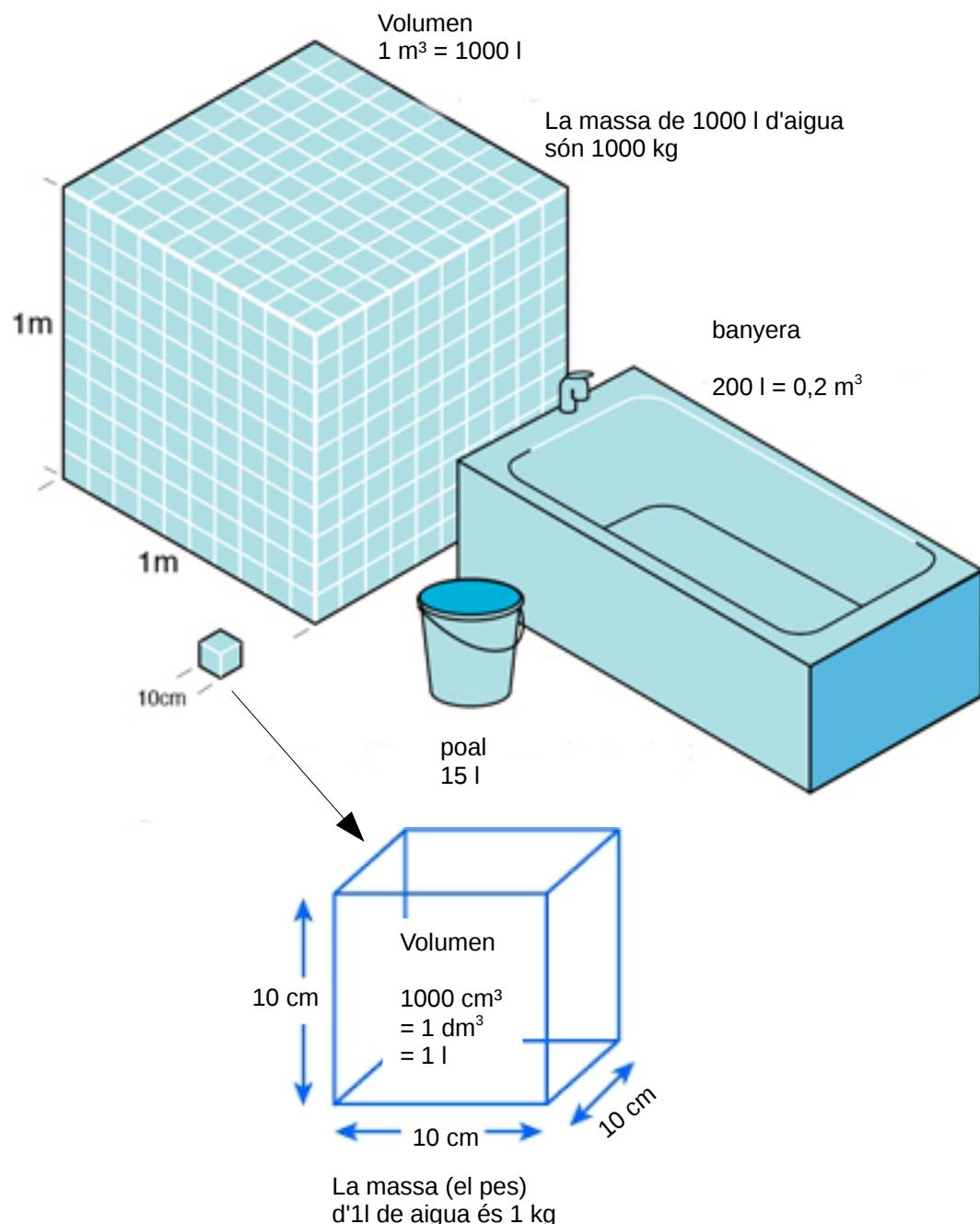




Copyright © 2006 Paul G. Hewitt, printed courtesy of Pearson Education Inc., publishing as Addison Wesley.

## Conversió de volumen





Un metre cúbic d'aigua són 1000 litres, per tant, un litre d'aigua pesa 1 kg.

Un cub d'1 dm<sup>3</sup> té el volum d'un litre.

La densitat de l'aigua també es pot expressar com  $\frac{1\text{kg}}{1\text{dm}^3} = \frac{1\text{kg}}{1\text{l}}$

Es diu que els objectes que floten en l'aigua tenen una densitat menor a la de l'aigua, i els que s'hi enfonsen, tenen una densitat major.

Exemple de càlcul de densitat:

Un metre cúbic de fusta d'alzina té una massa de 750 kg.

Calcula la densitat de la fusta d'alzina en  $\frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}$ .

La fórmula per calcular la densitat és:  $\rho = \frac{m}{V}$

Podem calcular la densitat amb les dades de l'enunciat

$$\rho_{encina} = \frac{750\text{kg}}{1\text{m}^3} = 750\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Però l'enunciat demana que la calculem en  $\frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}$ , per això s'ha de transformar el m<sup>3</sup>

en dm<sup>3</sup>.

$$1\text{ m}^3 = 1000\text{ dm}^3$$

$$\rho_{encina} = \frac{750\text{kg}}{1\text{m}^3} = \frac{750\text{kg}}{1000\text{dm}^3} = 0,75\frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}$$

**Exercici 3.2.6-1**

Calcula les densitats dels següents materials.

Material	Massa	Volumen	Densitat en kg/l
Ferro	26 kg	3,3l	
Coure	4450 kg	0,5 m <sup>3</sup>	
Alumini	3 kg	1111cm <sup>3</sup>	
Plom	11,34 kg	1l	
Pedra	1,25 kg	0,5 dm <sup>3</sup>	
Aigua	300 g	0,3 l	
PVC	4170 kg	3m <sup>3</sup>	

**Exercici 3.2.6-2**

Completa la taula.

Material	Massa	Volumen	Densitat
Fusta de pi	100 kg		500 kg/m <sup>3</sup>
Fusta de balsa		1 m <sup>3</sup>	160 g/l
Oli d'oliva		2000 cm <sup>3</sup>	0,87 kg/l

### 3.2.6.1 Com determinar la densitat

Per mesurar la densitat d'un objecte, necessitem conèixer la seva massa en kg i el seu volum en  $\text{cm}^3$ .

La massa la podem mesurar amb una balança.

Per mesurar el volum de l'objecte necessitem un recipient ple a vessar d'aigua. Si introduïm l'objecte dintre de l'aigua, el recipient vessarà un volum d'aigua igual al volum de l'objecte introduït. Per conèixer el volum de l'aigua vessada, pesem l'aigua vessada, sabent que 1  $\text{cm}^3$  d'aigua pesa 1 g. Per tant, el volum de l'objecte en  $\text{cm}^3$ , que hem introduït dins el recipient, equival al pes en grams de l'aigua vessada.

Experiment per averguar la densitat d'una pedra

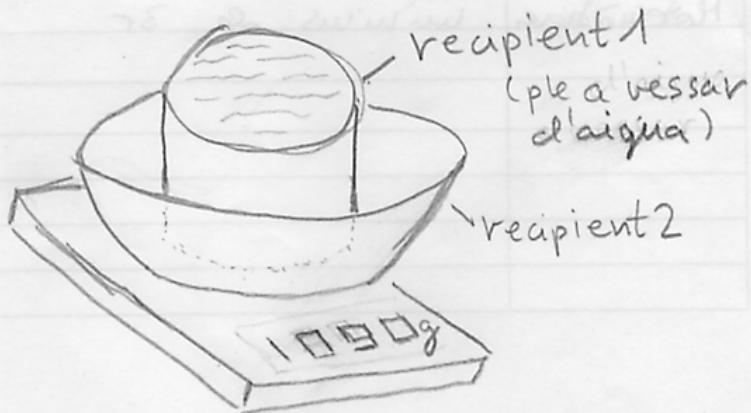
1.



Pesem la pedra

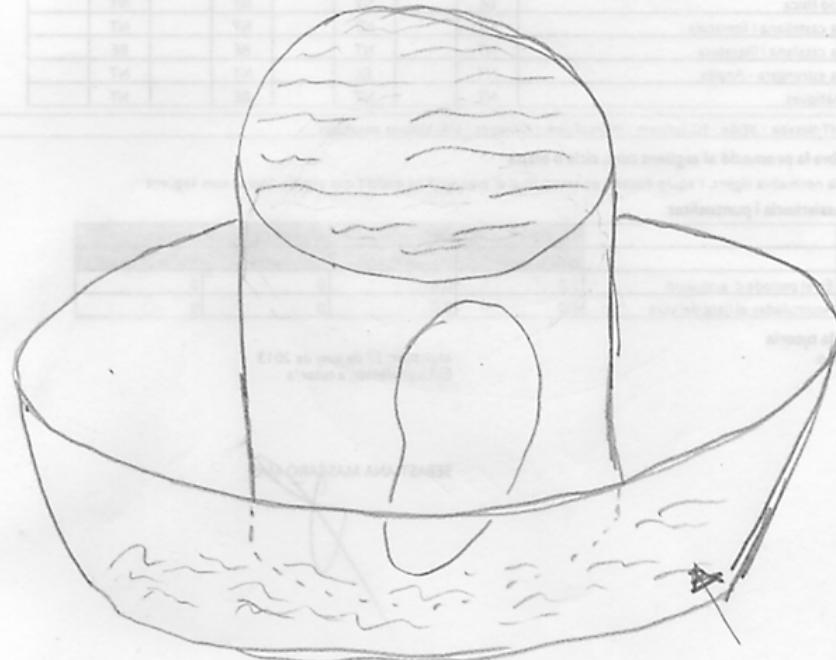
2. Pesem un recipient<sup>1</sup>ple a vessar d'aigua.

El recipient a vessar es troba dintre d'un recipient exterior<sup>2</sup> que serveix per recollir l'aigua que vessarà quan fiquem la pedra dintre del recipient 1.



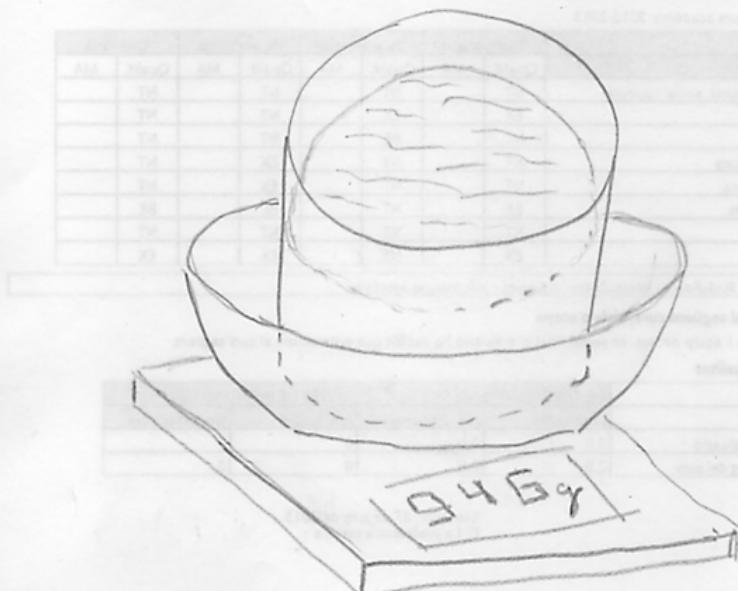
3. Per conèixer el volum de la pedra, la submergim en el recipient 1.

En submergir la pedra, el recipient 1 vessa aigua. El volum d'aigua vessada és igual al volum de la pedra.



Aigua vessada  
dintre del recipient

h. Ara treiem la pedra del recipient 1, i buidem l'aigua vessada del recipient 2 i tornem a pesar els recipients.



Els recipients pesen 144g menys que abans de ficar la pedra.

144g d'aigua tenen un volum de  $144 \text{ cm}^3$ , que és el volum de la pedra.

Ara podem calcular la densitat de la pedra:

$$\frac{m_{\text{pedra}}}{\text{Volum}_{\text{pedra}}} = \frac{0,395 \text{ kg}}{144 \text{ cm}^3} = 0,00274 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^3} = 2,74 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3} = 2740 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

### 3.2.7 Conductivitat tèrmica i elèctrica

La conductivitat tèrmica d'un material indica si aquest és un bon o mal conductor de la calor. Per exemple un cassó o una paella de cuina han de conduir bé la calor del foc als aliments que estem cuinant. Tots els útils de cuina estan fets de metall, perquè els metalls, a més de conduir bé la calor, hi són resistents.

Per contra, el mànec d'una paella, sovint està fet de fusta o plàstic, perquè la fusta i els plàstics condueixen la calor malament i així eviten escalfar-se, encara que la part metàl·lica de la paella estigui molt calenta.

Anomenem aïllants tèrmics als materials que condueixen la calor malament. La conductivitat tèrmica dels aïllants és baixa.

La conductivitat elèctrica indica si un material és bon o mal conductor de l'electricitat. Dels grups de materials que hem comentat, els metalls són els únics bons conductors de l'electricitat. La resta dels materials es consideren aïllants elèctrics.

### 3.2.8 Resistència a la corrosió

En el que respecta a la corrosió, nosaltres ens limitarem a considerar l'oxidació de metalls, com per exemple la del ferro, acer coure o alumini. L'oxidació dels metalls és una reacció electroquímica entre un metall i oxigen.

En el cas dels metalls fèrrics com el ferro i l'acer, l'oxidació provoca una corrosió que debilita el metall. El contacte d'un metall amb aigua accelera la corrosió, sobretot si l'aigua és salada. Per això, als vaixells s'evita utilitzar metalls fèrrics.

Per evitar la corrosió es poden tractar les superfícies metàl·liques amb productes que les protegeixen, com per exemple dipòsits d'aigua amb superfície interior vitrificada.

També es fabriquen acers anomenats inoxidables, però la resistència a la corrosió d'un acer inoxidable depèn molt de la seva qualitat.

L'alumini i el coure, que no són metalls fèrrics, només s'oxiden superficialment, sense arribar a una corrosió que trenqui peces fetes amb aquests metalls.

Alumini



Coure



La corrosió de l'alumini i el coure només és superficial.



La corrosió de ferro i acer arriba a perforar les peces i debilita la seva resistència mecànica.

### 3.2.9 Resistència a la radiació solar

La radiació solar deteriora fustes, tèxtils i, sobretot, molts tipus de materials plàstics. Per protegir un material de la radiació solar, se sol tractar la seva superfície, per exemple amb oli, vernís o pintura.



### 3.2.10 Toxicitat

Moltes de les substàncies i materials utilitzats en els processos tecnològics són tòxics, per ingestió, inhalació o contacte amb la pell i a més contaminen el medi ambient si no es manipulen adequadament.

La majoria de les pintures, vernisos o adhesius contenen dissolvents tòxics per ingestió, inhalació i contacte amb la pell.

Tots els plàstics produueixen en cremar-se fums extraordinàriament tòxics. Mai s'ha de cremar un plàstic.

Abans de manipular una substància o un material, és necessari informar-se de les seves propietats tòxiques per evitar arriscar la salut i contaminar el medi ambient.

### 3.2.11 Reciclabilitat

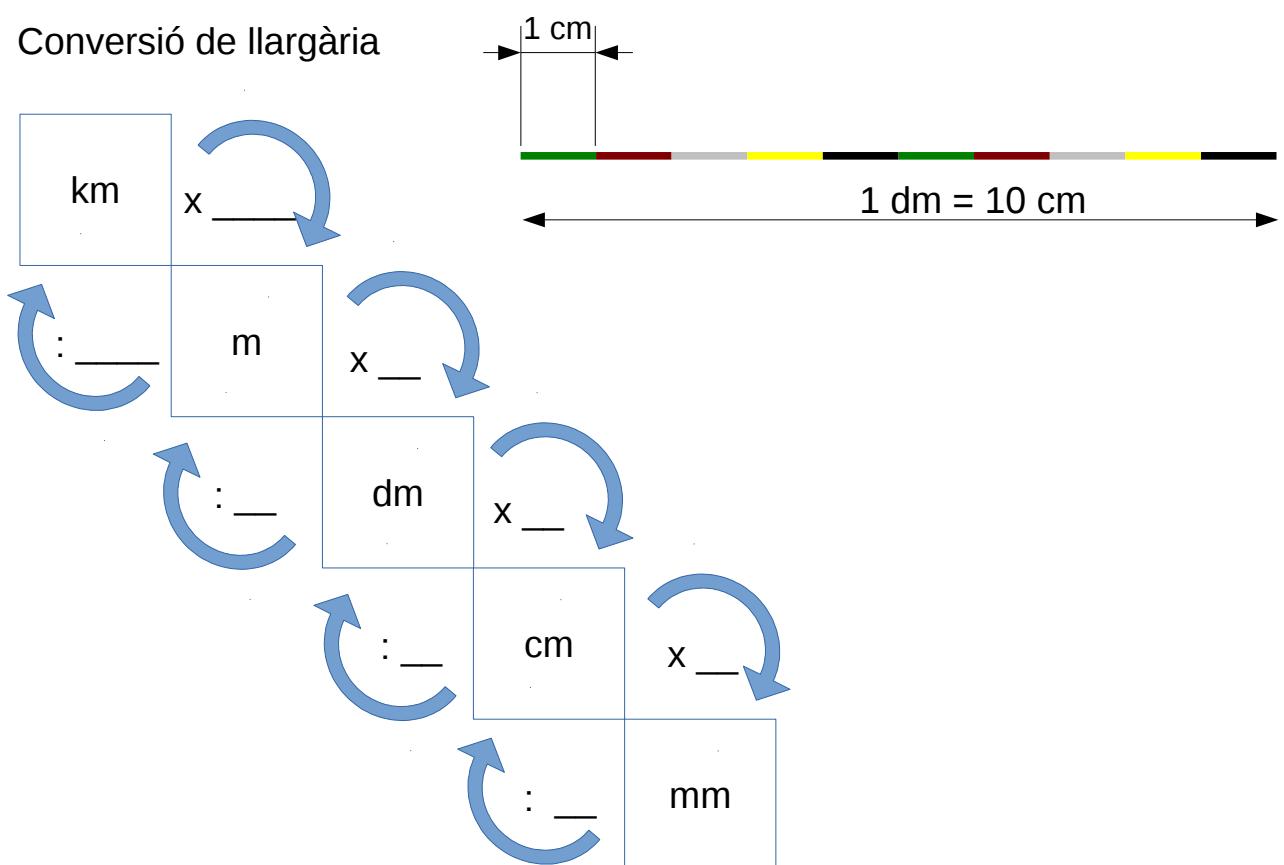
Els materials reciclables es poden reutilitzar, com per exemple el paper, el vidre molts metalls i, en alguns casos, plàstics.

### 3.3 Exercicis conversió d'unitats

#### Exercici 3.3-1

Completa l'escala de conversió per a unitats de llargària.

Conversió de llargària



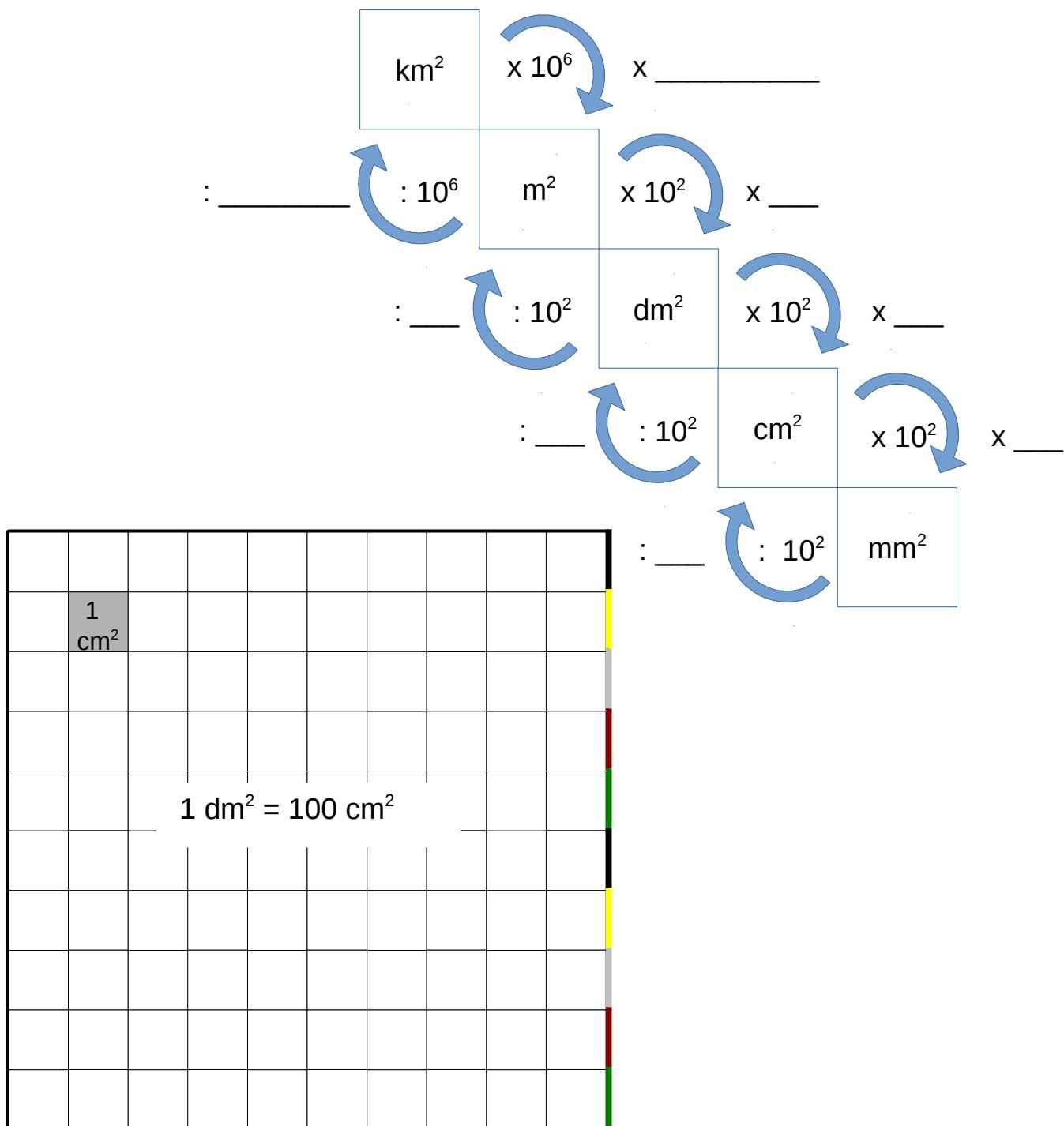
#### Exercici 3.3-2

Fes la conversió de les següents llargàries.

$$\begin{aligned}
 145\text{dm} &= \underline{\hspace{2cm}} \text{m} = \underline{\hspace{2cm}} \text{mm} = \underline{\hspace{2cm}} \text{km} \\
 0,321\text{km} &= \underline{\hspace{2cm}} \text{mm} = \underline{\hspace{2cm}} \text{dm} = \underline{\hspace{2cm}} \text{cm} \\
 21\text{m} &= \underline{\hspace{2cm}} \text{mm} = \underline{\hspace{2cm}} \text{dm} = \underline{\hspace{2cm}} \text{cm}
 \end{aligned}$$

**Exercici 3.3-3**

Completa l'escala de conversió per a unitats de superfície.

**Conversió de superfície**

**Exercici 3.3-4**

Fes la conversió de les següents superfícies.

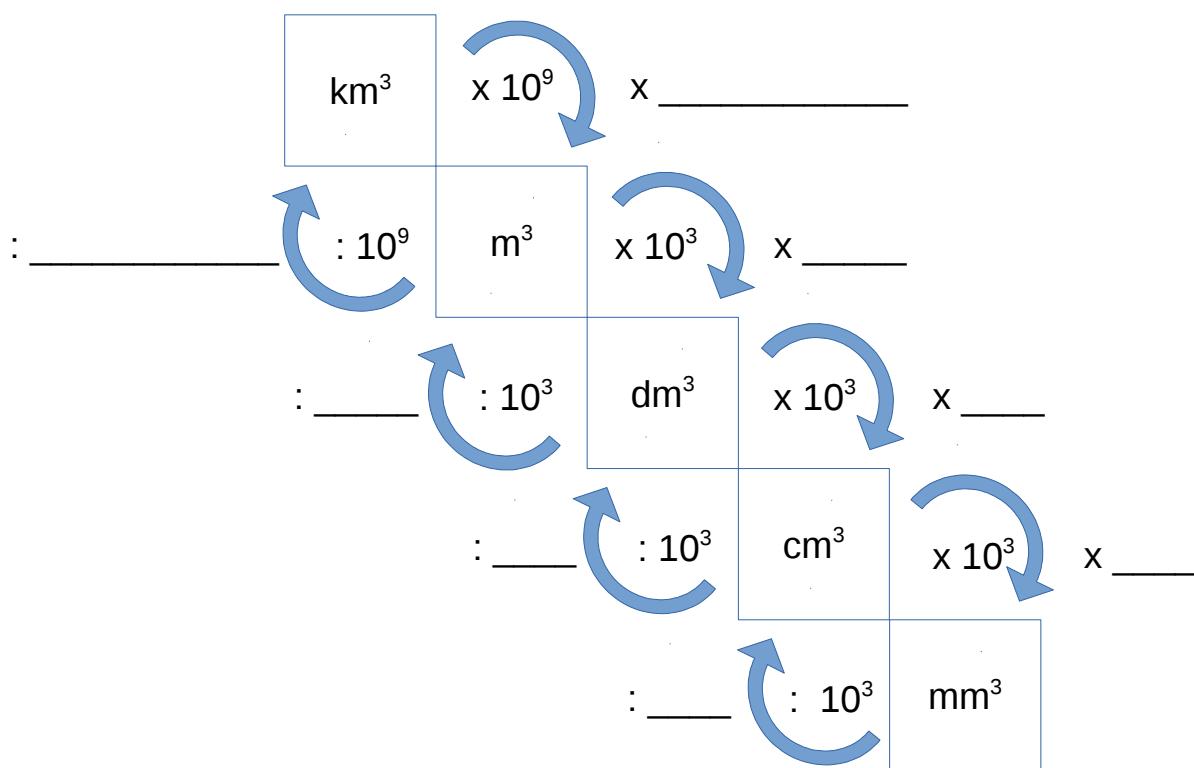
$$541 \text{ dm}^2 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ m}^2 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ mm}^2$$

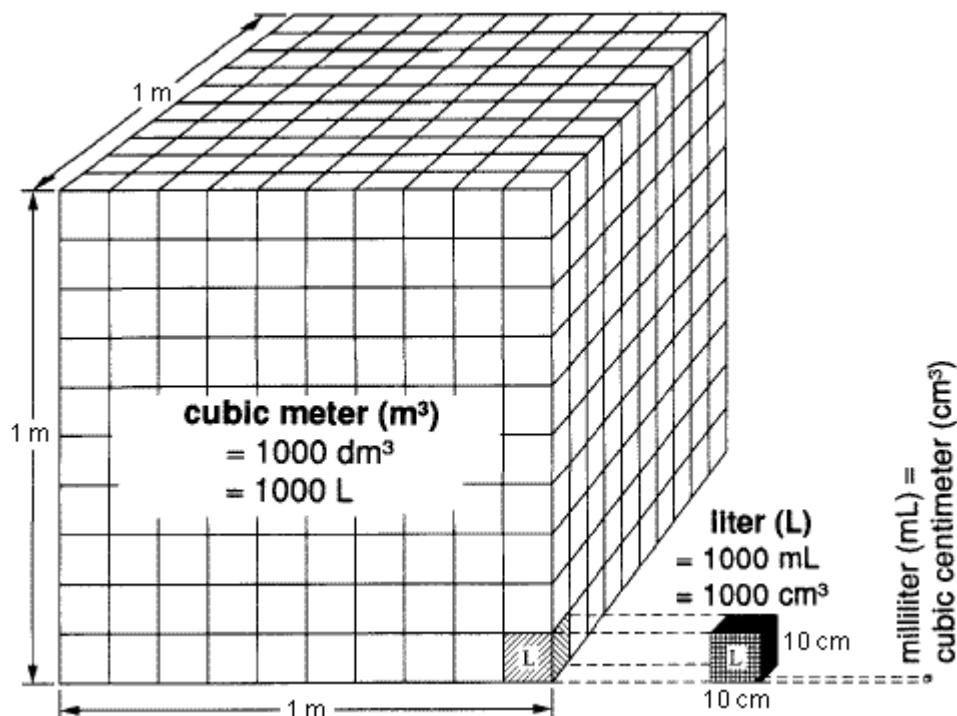
$$0,321 \text{ mm}^2 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ dm}^2 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ cm}^2$$

$$21 \text{ m}^2 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ mm}^2 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ dm}^2 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ cm}^2$$

**Exercici 3.3-5**

Completa l'escala de conversió per a unitats de volum.

**Conversió de volumen**



### Exercici 3.3-6

Fes la conversió dels següents volums.

$$541 \text{ dm}^3 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ m}^3 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ mm}^3$$

$$0,321 \text{ mm}^3 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ dm}^3 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ cm}^3$$

$$21 \text{ m}^3 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ mm}^3 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ dm}^3 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ cm}^3$$

metalls i, en alguns casos, plàstics.

### 3.4 Transformació de fòrmules matemàtiques

Observem la següent igualtat:

$$9 = 9$$

Si apliquem una operació matemàtica a un costat, per exemple restem 2 a l'esquerra, haurem de fer la mateixa operació al costat dret per mantenir la igualtat.

$$9 - 2 = 9 - 2$$

$$7 = 7$$

Si en vegada de fer una resta haguéssim fet qualsevol altra operació matemàtica, també l'hauríem d'haver aplicat a ambdós costats, per mantenir la igualtat.

$9+2 = 9+2$	$\frac{9}{2} = \frac{9}{2}$	$9 \cdot 3 = 9 \cdot 3$	$9^2 = 9^2$	$\sqrt{9} = \sqrt{9}$
$11 = 11$	$4,5 = 4,5$	$27 = 27$	$81 = 81$	$3 = 3$

Una fórmula expressa una regla de càlcul general.

Per això, en una fórmula, s'utilitzen lletres, en representació de nombres.

Per exemple, la fórmula per **calcular la densitat**

$$\rho = \frac{m}{V}$$

indica que per calcular la densitat, representada per la lletra  $\rho$ , de qualsevol substància necessitem conèixer la massa, representada per la lletra  $m$ , i el volum, representat per la lletra  $V$ , de certa quantitat de la substància.

En aquest cas, anomenem  $\rho$  la incògnita, perquè és el valor que desconeixem i que volem calcular.

Si tenim un litre d'aigua i pesant-lo dóna una massa d'1 kg, coneixem  $m = 1 \text{ kg}$  i  $V = 1 \text{ l}$  i podem calcular la densitat  $\rho$ , que és desconeguda (incògnita) fins que la calculem.

En cas voler **calcular la massa** (incògnita), hem de conèixer el volum i la densitat d'una substància. A més, haurem de transformar la fórmula, deixant la massa  $m$  tota sola en un costat de la fórmula (aïllar la incògnita). En la fórmula que coneixem, la massa  $m$  està dividida entre el volum  $V$ .

Si multipliquem un costat de la fórmula pel volum  $V$ , per mantenir la igualtat, haurem

de fer la mateixa operació en l'altre costat  $\rho \cdot V = \frac{m}{V} \cdot V$  .

Hem multiplicat amb el volum  $V$ , perquè  $\frac{m}{V} \cdot V = m \cdot \frac{V}{V} = m \cdot 1 = m$

La fórmula ha quedat transformada per calcular la massa coneixent la densitat i el volum. Hem aïllat la incògnita  $m$ .

$$\rho = \frac{m}{V} \rightarrow \rho \cdot V = \frac{m}{V} \cdot V \rightarrow \rho \cdot V = \frac{m}{V} \cdot V = m \cdot \frac{V}{V} = m \cdot 1 = m \rightarrow \rho \cdot V = m$$

Si  $\rho = 0,5 \frac{kg}{dm^3}$  i  $V = 3 dm^3$  es calcula  $m = \rho \cdot V = 0,5 \frac{kg}{dm^3} \cdot 3 dm^3 = 1,5 kg$

En cas de voler **calcular el volum** (incògnita), haurem de conèixer la massa i la densitat d'una substància. A més, haurem de transformar la fórmula, aïllant la incògnita.

Com en la fórmula de la qual partim, el volum està en el denominador (dividint la massa  $m$ ), multiplicarem ambdós costats amb  $V$ , igual que varem fer per calcular la massa, i obtenim:

$$\rho = \frac{m}{V} \rightarrow \rho \cdot V = m$$

Ara, per aïllar el volum  $V$  (incògnita), dividim ambdós costats entre la densitat  $\rho$

$$\rho \cdot V = m \rightarrow \frac{\rho \cdot V}{\rho} = \frac{m}{\rho} \rightarrow V \cdot \frac{\rho}{\rho} = \frac{m}{\rho} \rightarrow V \cdot 1 = \frac{m}{\rho} \rightarrow V = \frac{m}{\rho}$$

**Exercici 3.4-1**

Transforma les següents fórmules

a)  $P=2\pi r$

P      perímetre del cercle  
r      radi del cercle

Coneixes el perímetre  $P = 10$  m. Calcula el radi r.

b)  $A=\pi r^2$

A      superfície del cercle  
r      radi del cercle

Coneixes la superfície  $A = 5$  cm<sup>2</sup>. Calcula el radi r.

c)  $A=b \cdot a$

A      superfície del rectangle  
b      base del rectangle  
a      alçada del rectangle

Coneixes la superfície  $A = 5$  cm<sup>2</sup> i la base  $b = 2$  cm del rectangle. Calcula l'alçada a.

## Taula de continguts

3.5 Fustes.....	37
Exercici 3.5-1.....	39
3.5.1 Els taulers artificials.....	39
Exercici 3.5.1-1.....	40
3.6 Metalls.....	41
3.6.1 Metalls fèrrics.....	42
3.6.2 Metalls no fèrrics.....	45
3.6.3 Aliatges.....	47
Exercici 3.6.3-1.....	48
Exercici 3.6.3-2.....	48
Exercici 3.6.3-3.....	49
3.7 Estructures.....	50
3.7.1 Tipus d'estructures.....	53
Exercici 3.7.1-1.....	56
Exercici 3.7.1-2.....	57
Exercici 3.7.1-3.....	57
Exercici 3.7.1-4.....	58
Exercici 3.7.1-5.....	58

### 3.5 Fustes

El principal criteri de classificació de les fustes és la seva duresa. Distingim entre fustes dures i toves.

Les fustes toves procedeixen d'arbres de creixement ràpid i el seu color és blanquinós.

Els arbres de creixement lent són de fusta dura. La majoria d'aquests arbres són de fulla caduca.

Exemples d'arbres de fusta tova:

Arbre	Característiques	Aplicacions
Poll (pollancre, xop) Europa	Fusta lleugera de color rogenc grogós.	Embalatges, pasta de paper, fusteria de baixa qualitat
Pi roig Europa, nord d'Àsia	Fusta tova i resinosa de color clar amb vetat vermellosa.	Mobles, ebenisteria
Avet roig Europa	Fusta blanca amb vetat groguenc.	Taules harmòniques per a pianos, caixes de ressonància de violins.
Til·ler Europa	Fusta tova, lleugera i flexible. Es treballa molt bé. Té poca resistència mecànica.	Socs (tacos), talles, llapis, bastons
Balsa Amèrica del Sud	De les fustes tropicals aquesta és la més tova i lleugera. Es treballa molt bé.	Aïllament, maquetes i embalatges.

Exemples d'arbres de fusta dura:

Arbre	Característiques	Aplicacions
Freixer (Fresno) Europa, nord d'Àsia	Fusta dura de color blanc, lleugerament rosat. Es caracteritza per la seva gran elasticitat i tenacitat.	Mobles, mànecs per a eines, contraxapats.
Faig (Haya) Europa, nord d'Àsia	Fusta lleugera de color marró blanquinós que passa a rosat. Bona resistència a la compressió	Mobles, ebenisteria i treballs de construcció
Noguer Europa, Àsia i Àfrica	Fusta de color terros amb vetes quasi negres. Es traballa molt bé proporcionant acabats exce·lents.	Mobles, ebenisteria de luxe, articles tornejats i xapes.
Roure Europa	Fusta de color marró clar, densa i duradora, bastant difícil de traballar.	Mobles ebenisteria, embarcacions,.
Caoba Amèrica Central i del Sud	De color rosa clar to i que s'enfosqueix amb el temps. És compacta, de gra fi, quasi sense porus i amb vetes llargues. És fàcil de serra, polir i envernissar.	Mobles de luxe, embarcacions, talles i xapes.
Banús India, Sri Lanka, Àfrica tropical	Fusta tropical molt densa. El seu color va del marró foscor al negre. S'envernissa amb dificultat.	Instruments musicals, mobles de luxe i objectes petits tornejats.

De la fusta natural s'obtenen altres productes, com els taulers artificials, el paper i el cartó.

### Exercici 3.5-1

Cerca a Internet una imatge per a cada un dels arbres i de les fustes mencionats en les taules anteriors. Insereix les imatges en un document Writer (o Word), indicant el tipus d'arbre amb cada imatge i envia'l a [tecnopau2017@gmail.com](mailto:tecnopau2017@gmail.com)

#### 3.5.1 Els taulers artificials

Actualment, la major part dels mobles no són de fusta massissa, sinó que estan fets amb taulers de fusta artificials. La part exterior d'aquests taulers sovint està coberta per una làmina de fusta natural per raons d'estètica.

Els taulers artificials són molt més econòmics que taulers massissos equivalents. A més, els taulers artificials no són atacats per insectes com per exemple les termites i són molt resistentes a podrir-se.

Els principals grups de taulers artificials són els **aglomerats**, els **contraplacats** i els **taulers de fibres**. La mida normalitzada d'aquests taulers és de 244 cm x 122 cm.

- **Aglomerat**

El tauler d'aglomerat està fet de partícules, generalment serradures de pi i coles especials, premsades a una certa temperatura.

Aquest tauler s'utilitza sovint en la construcció de mobles. Normalment duu un recobriment de xapa o melamina, que és una làmina de material sintètic.



- **Contraxapat**

El tauler de contraxapat està format per un conjunt de xapes de fusta, encolades entre si. És un tauler lleuger comparat amb els d'aglomerat i fibra.



- **Tauler de fibra**

Aquest tauler també és conegut com a tauler MD (densitat mitjana) o MDF. Es fabrica a partir de fibres de fusta, premsades i aglutinades amb resina sintètica. Es pot treballar igual que la fusta massissa, és molt pesat i resistent. S'utilitza en la fabricació de mobles.



### Exercici 3.5.1-1

Són certes les següents afirmacions? Raona la teva resposta.

- Totes les fustes floten.
- Els taules artificials estan fabricats amb fusta natural i elements sintètics.
- Els taules massissos són més resistentes a l'atac d'insectes que els artificials.
- És més senzill produir taules massissos que taules artificials i els taules massissos són més pràctics per construir mobles.

### 3.6 Metalls

Els metalls són materials amb múltiples aplicacions i s'han utilitzat des de la prehistòria. Són materials les propietats dels quals els converteixen en uns dels més importants en la indústria i en la societat.

Els metalls són imprescindibles en les estructures d'edificis, vehicles o eines, en el transport de l'energia elèctrica, per al funcionament de dispositius elèctrics i electrònics. El món industrialitzat és impensable sense metalls.

Els metalls solen classificar-se per la seva densitat, encara que hi ha algunes excepcions a causa de les seves propietats especials i a la seva importància industrial i històrica.

Els metalls es classifiquen en:

	<b>Tipus</b>				<b>Exemples</b>
	Fèrrics	Metalls el component principal dels qual és el ferro			Ferro pur Acer Ferro colat
Metalls	No fèrrics	Materials metàl·lics que no contenen ferro.	Pesats	Densitat alta	Coure Estany Plom
			Lleugers	Densitat mitjana	Alumini
			Ultralleugers	Densitat baixa	Magnesi
			Nobles	Densitat alta	Or Plata Platí

### 3.6.1 Metalls fèrrics

El carboni, símbol químic C, és una substància que mesclada en quantitat reduïda amb el ferro, millora notablement les seves qualitats. Segons la quantitat de carboni agregada al ferro es distingeix entre **ferro dolç, acers i fosa**.

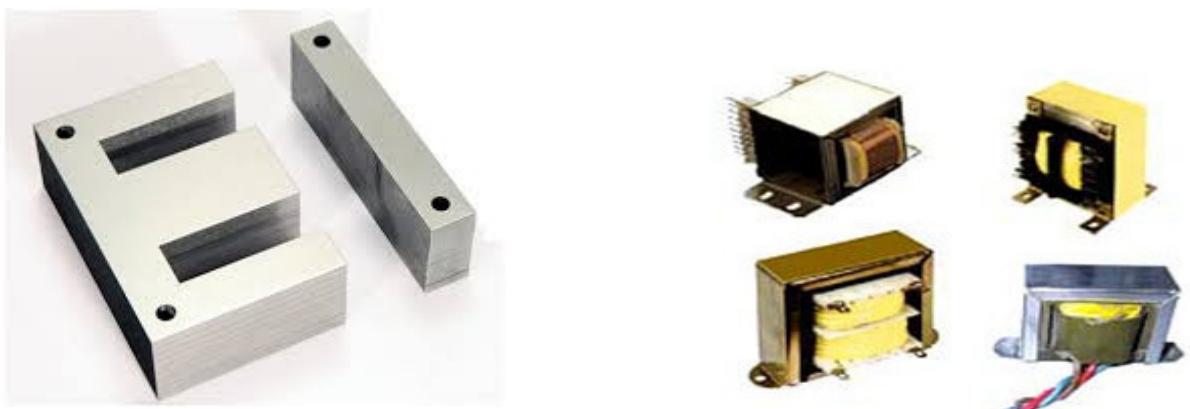
Objectes de ferro colat (fosa)

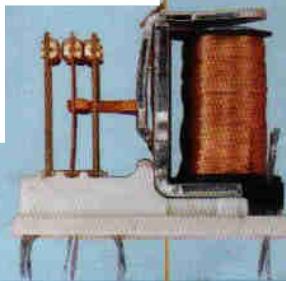


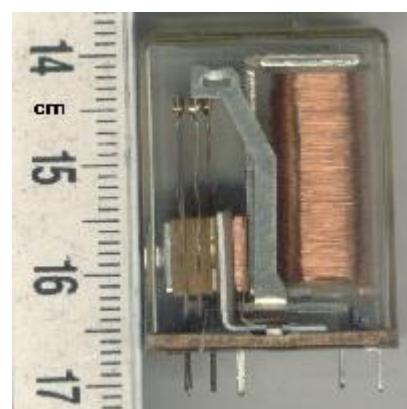
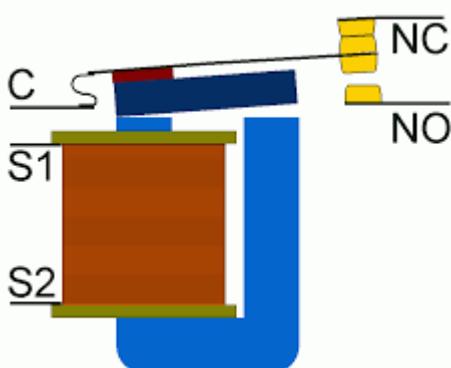
Estructura amb bigues i pilars d'acer



Xapes ferromagnètiques formen els nuclis dels transformadors

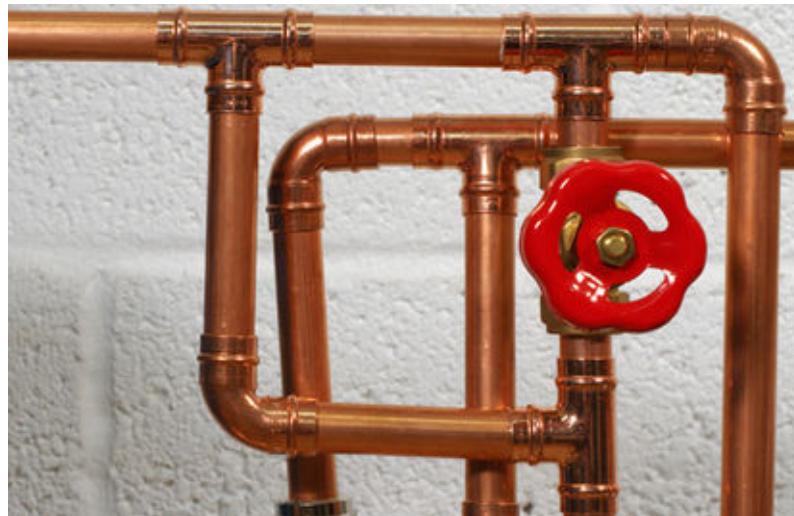


Aliatge	Propietats	Aplicacions	Observacions
Ferro dolç $C < 0,1\%$	<ul style="list-style-type: none"> <li>És considerat com a ferro pur; és de color platejat.</li> <li>S'oxida (reacciona amb l'oxigen) amb facilitat i s'esquerda internament.</li> </ul>	<p>S'utilitza per a aplicacions elèctriques i electròniques, per les seves propietats magnètiques.</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tou, ja que el contingut en carboni és molt baix.</li> </ul>
Acers $0,1\% < C < 2\%$	<ul style="list-style-type: none"> <li>Són dúctils i mal·leables.</li> <li>S'oxiden (reaccionen amb l'oxigen) amb facilitat.</li> <li>Es poden <b>forjar</b>, amb això n'augmenten la resistència mecànica.</li> <li>Bona soldadura.</li> <li>Augmenten la duresa en augmentar el contingut en carboni.</li> <li>Són tenaços.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vehicles automòbils, vehicles ferroviaris, perfils.</li> <li>Xapes, filferros i eines de tall.</li> </ul> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Es modelen en estat sòlid en fred o en calent</li> <li>Els acers amb menys contingut en carboni s'anomenen «suaus», perquè són més tous i fàcils de modelar.</li> <li>Si se'ls afegeix un 12% de <b>crom</b>, s'obtenen els acers inoxidables (per fabricar instrumental quirúrgic, vagons cisterna).</li> </ul>
Foses $2\% < C < 5\%$	<ul style="list-style-type: none"> <li>Menys dúctils i menys tenaces que els acers, però més dures (el carboni hi aporta duresa però no augmenta la fragilitat).</li> <li>Es fonen fàcilment, a més baixa temperatura que els acers i el ferro pur, per això el nom (<math>400^{\circ}\text{C}</math> menys).</li> <li>Mala soldadura.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Blocs de motors.</li> <li>Cilindres de laminació.</li> </ul> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Es poden fabricar peces complicades usant motllos, ja que en estat líquid són molt fluides i es contreuen poc en refredar-se.</li> <li>Afegint <b>magnesi</b> a l'aliatge, s'obtenen foses mal·leables.</li> </ul>



### 3.6.2 Metalls no fèrrics

Canonades de coure s'utilitzen per conduir aigua, gasos, combustibles, productes químics ...



Objectes d'alumini



Metall pur	Propietats	Aplicacions	Observacions
<b>Coure</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Color roig.</li> <li>Excel·lent conductor elèctric i tèrmic.</li> <li>Resistent a la corrosió.</li> <li>Se solda amb facilitat.</li> <li>Molt dúctil i mal-leable.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Conductors elèctrics i tèrmics.</li> <li>Filferro, barretes, planxes metà-líquies i llistons de metall.</li> </ul> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Per la seva conductivitat tèrmica s'empra en calderes i bescanviadors de calor.</li> <li>Per la seva conductivitat elèctrica s'empra per fabricar cables elèctrics.</li> </ul>
<b>Estany</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Color blanc blavós brillant.</li> <li>Tou.</li> <li>Inoxidable.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>S'utilitza fonamentalment en la soldadura de components elèctrics i electrònics, ja que té un punt de fusió baix, i en la unió per soldadura de tubs de calefacció i aigua.</li> </ul> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Component de la <b>llauna</b> (fines làmines d'acer amb una capa d'estany).</li> </ul>
<b>Zinc</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Color blanc.</li> <li>Molt resistent a la corrosió i a l'oxidació.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Recobriments de teulades, canalons i tubs.</li> </ul> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Forma part de la composició de les pintures metal-litzades.</li> </ul>
<b>Alumini</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Color blanc brillant.</li> <li>És lleuger, bona resistència a la corrosió. No és tòxic, per la qual cosa s'utilitza en envasos.</li> <li>Barat i tou.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Envasament d'aliments.</li> <li>Cables de línies elèctriques d'alta tensió.</li> <li>Fusteria.</li> <li>Pots de begudes,</li> </ul> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>L'alumini és tou, però quan es forja, duplica la seva resistència mecànica.</li> </ul>
<b>Magnesi</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Molt lleuger.</li> <li>Té un preu alt.</li> <li>En estat líquid o fos reacciona violentament amb l'oxigen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aplicacions aeroespacials perquè és un metall molt lleuger, però s'alia amb d'altres per augmentar-ne la resistència mecànica.</li> <li>Usos en pirotècnia i en explosius.</li> </ul> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>El magnesi aliat amb zinc dóna productes d'elevada resistència.</li> </ul>
<b>Titani</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Molt car.</li> <li>Resistent a la corrosió.</li> <li>Molt bona resistència mecànica (superior a l'acer).</li> <li>És biocompatible (és a dir, es pot utilitzar en pròtesis mèdiques).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Implants biomèdics.</li> <li>Motor turboreactor.</li> <li>Estructures d'aeronaus.</li> </ul> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Al titani se li afegeix alumini per formar un aliatge més barat que el titani pur, que és un metall molt car.</li> </ul>

### 3.6.3 Aliatges

El llautó s'utilitza per fer els objectes més diversos, com instruments musicals, peces roscades per la lampisteria, llaunes, frontisses, etc.



El bronze s'utilitza des de la prehistòria per fer eines i objectes decoratius.



Aliatges	Propietats	Aplicacions
<b>Llautó</b> (coure i zinc) 5 - 40 % Zn	<ul style="list-style-type: none"> <li>De color groc i molt dúctil i mal-leable.</li> <li>Té el doble de resistència a la tracció que els metalls purs dels quals és constituit (<math>53 \text{ kg/mm}^2</math>).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Radiadors, panys, frontisses, accessoris lampisteria.</li> </ul> 
<b>Bronze</b> (coure i estany) 10 % Sn	<ul style="list-style-type: none"> <li>Color groc fosc.</li> <li>Més resistent a la tracció que els llautons.</li> <li>Resistent a la corrosió.</li> <li>Quan és fos, és molt fluid, per això és fàcil d'abocar en un motlló (colar).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Engranatges, coixinets, anells de pistó, bombes de propulsió.</li> <li>Estàtues i monuments.</li> </ul> 
<b>Alumini, coure i magnesi</b> 94 % Al 4 % Cu 2 % Mg	<ul style="list-style-type: none"> <li>Més resistent als esforços que l'alumini pur.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estructures d'avions, laminatge metàl·lic i llaunes de camions i autobusos.</li> </ul> 
<b>Magnesi i alumini</b> 91 % Mg 9 % Al	<ul style="list-style-type: none"> <li>L'alumini millora notablement les propietats mecàniques del magnesi.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Llantes de cotxes.</li> <li>Motors i cobertes d'automòbils.</li> </ul> 
<b>Titani i alumini</b> 94 % Ti 9 % Al	<ul style="list-style-type: none"> <li>L'alumini abareixa els objectes realitzats amb titani.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Components estructurals d'avions.</li> <li>Turbines d'avions.</li> </ul> 

Comparació d'algunes propietats dels metalls més usats.

	Fosa	Acer	Coure	Estany	Zinc	Alumini	Magnesi	Titani
<b>Resistència a tracció</b> Cada fil de metall té una secció d'1 mm <sup>2</sup> i suporta sense rompre'se:								
<b>Massa</b> Un lingot d'1 dm <sup>3</sup> és una massa de:	18 kg	70 kg	18 kg	5 kg	3 kg	10 kg	18 kg	70 kg
<b>Temperatura de fusió</b>	1100 °C	1500 °C	1083 °C	231 °C	419 °C	660 °C	650 °C	1800 °C

### Exercici 3.6.3-1

Contesta a les següents preguntes.

- En quins dos grans grups es classifiquen els metalls? Indica dos exemples de cada grup.
- Indica un metall pesat, un lleuger i un ultralleuger.
- Indica dos metalls nobles. La seva densitat és alta o baixa?
- Què és un aliatge? Posa tres exemples d'aliatges.
- Quins metalls utilitzaries per la construcció d'un avió? Raona la teva resposta.
- Quins metalls utilitzaries per la construcció de l'estructura d'un edifici? Raona la teva resposta.
- Quins metalls s'aboquen en estat líquid dintre de motllos, on se solidifiquen, resultant l'objecte que es vol produir?
- Quins metalls s'uneixen per soldadura?

### Exercici 3.6.3-2

Anomena

- Un metall no fèrric que no sigui un aliatge.
- Un aliatge fèrric.
- Un aliatge no fèrric
- Indica un objecte fet de coure.
- Per a què s'utilitzen el zinc i l'estany?

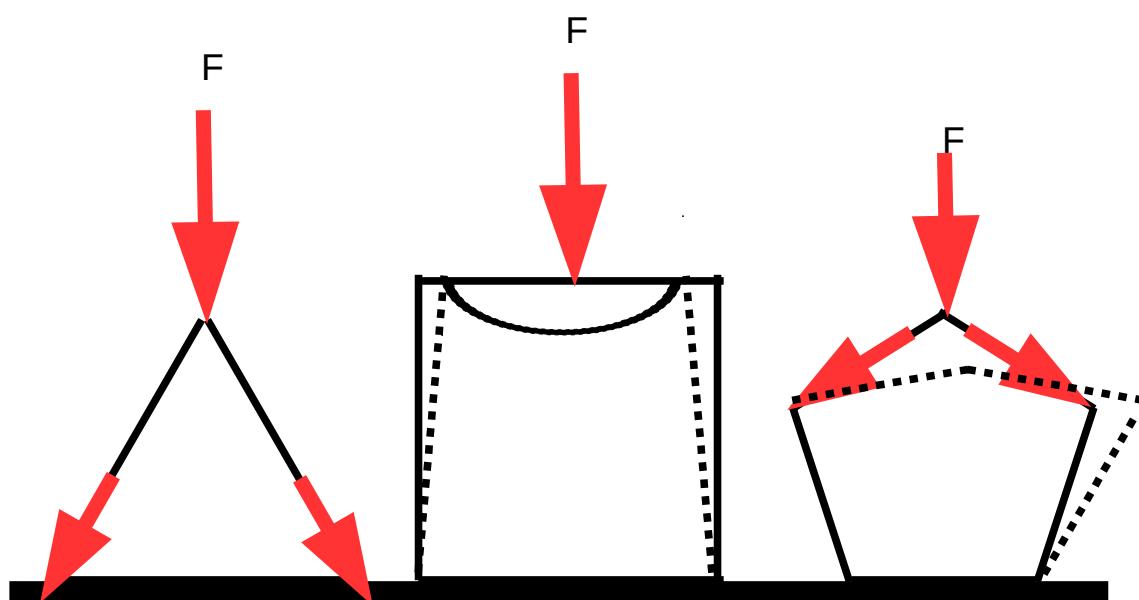
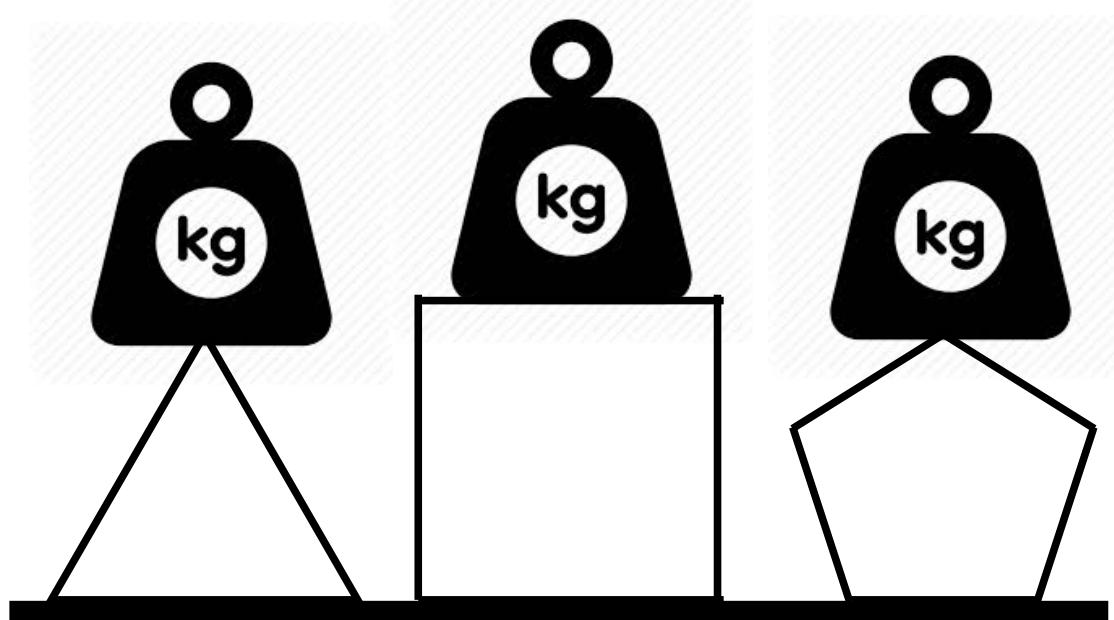
### **Exercici 3.6.3-3**

Indica en quines característiques es diferencien ferro dolç, acer i fosa.

### 3.7 Estructures

Generalment una estructura està formada per la unió de diversos elements. Cada un dels elements de l'estructura ha estat dissenyat per suportar els esforços als quals està sotmès, de manera que la estructura resultant sigui resistent i estable.

Comparem les següents 3 estructures



El triangle es la forma geomètrica que, aplicada a una estructura, millor propietat té per transmetre la força sense deformar-se.



Un altre element que aporta resistència a una estructura és l'arc. Treballa sotmès a compressió. Aquest element ja es va utilitzar en construccions de l'antiguitat.

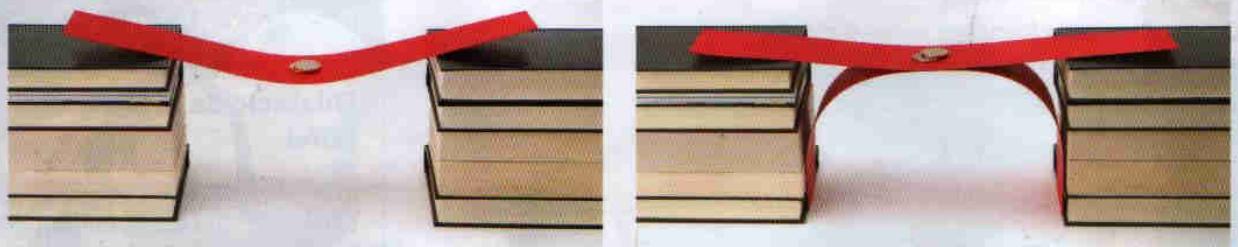


Aqüeducte de Segòvia, construcció d'època romana

**ASSAIG: resistència de l'arc**

Forma dues files de llibres d'igual alçada. Uneix-les per mitjà d'un parell de trossos de cartolina i col·loca-hi monedes damunt fins que s'enfonsi.

Repeteix l'assaig posant davall la primera cartolina una altra cartolina doblegada en forma d'arc i torna a col·locar-hi monedes. Comprovaràs que aquesta última estructura és molt més resistent.



### 3.7.1 Tipus d'estructures

#### Estructures massives

Es caracteritzen per ser massisses, estables i molt pesades.



Piràmide de Giza

#### Estructures Voltades

En les estructures voltades predominen els arcs, les voltes i les cúpules.



Berliner Bogen Office Building

## Estructures entramades

Les estructures entramades són les formades per un conjunt de perfils de fusta, d'acer o de formigó que s'entrecreu entre si.

Els elements horitzontals s'anomenen bigues, els verticals columnes o pilars i sota l'estructura es troba la base anomenada fonament.



## Estructures triangulades

Les estructures triangulades es formen amb conjunts de triangles.



## Estructures penjants

Són estructures penjants, sostingudes per cables o cordes.



Hanging Hotel: Camp in a Trunk-Friendly Tree House Retreat

### Exercici 3.7.1-1

Contesta les següents preguntes:

- a) Per què creus que no es varen construir gratacels a l'antiguitat?
- b) Quin element de construcció utilitzaven els romans per donar estabilitat i alçada a les edificacions?
- c) Es pot construir un gratacel amb bigues de fusta?
- d) Els ossos del nostre cos també formen una estructura. Quins tipus d'esforços suporten els ossos de les nostres cames?

### **Exercici 3.7.1-2**

Indica quin tipus d'estructura és cada un dels següents exemples:

- a) El quadre d'una bicicleta
- b) Un castell
- c) Una bastida (andamio)
- d) Una catedral
- e) Un gronxador (hamaca)

### **Exercici 3.7.1-3**

Indica el tipus d'esforç en cada un dels objectes:

- a) Pom d'una porta
- b) Punta del bolígraf en escriure
- c) Fonaments d'un edifici
- d) Tirants d'un pont penjant
- e) Biga d'un pont
- f) Corda que subjecta una persiana
- g) L'eix que uneix els pedals d'una bicicleta

### **Exercici 3.7.1-4**

Contesta a les preguntes:

- a) Quines són les estructures més grans que coneixes?
- b) Diversos animals fabriquen estructures. Indica algunes.
- c) Explica com es pot utilitzar un escaire com a element de suport. A quin tipus d'estructura pertany un escaire?
- d) De quin material està fet un iglú? Quin tipus d'estructura utilitza?

### **Exercici 3.7.1-5**

Investiga quins tipus d'estructura s'utilitzen en la construcció de ponts i descriu-les breument.

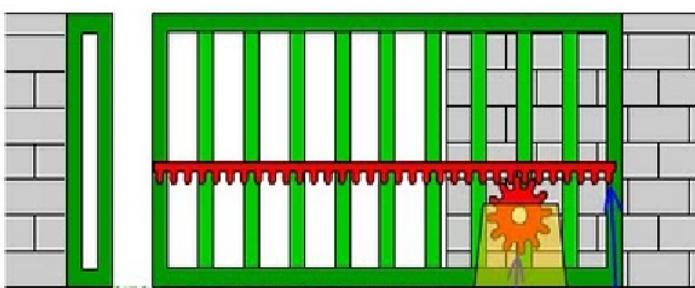
3.8 Mecanismes.....	60
3.8.1 Forces.....	61
3.8.2 Mecanismes de transmissió del moviment.....	62
3.8.2.1 Transmissió lineal.....	62
Exercici 3.8.2.1-1.....	65
Exercici 3.8.2.1-2.....	65
Exercici 3.8.2.1-3.....	67
Exercici 3.8.2.1-4.....	69
Exercici 3.8.2.1-5.....	69
3.8.2.2 Transmissió circular.....	70
Exercici 3.8.2.2-1.....	73
Exercici 3.8.2.2-2.....	74
Exercici 3.8.2.2-3.....	77

### 3.8 Mecanismes

Si observem al nostre al voltant, observarem que estem envoltats d'objectes que es mouen o tenen capacitat de moviment.

Els elements de la transmissió per cadena de la bicicleta, els engranatges d'un rellotge, una corriola per elevar un pes són alguns dels mecanismes més senzills que es troben formant part de molts objectes.

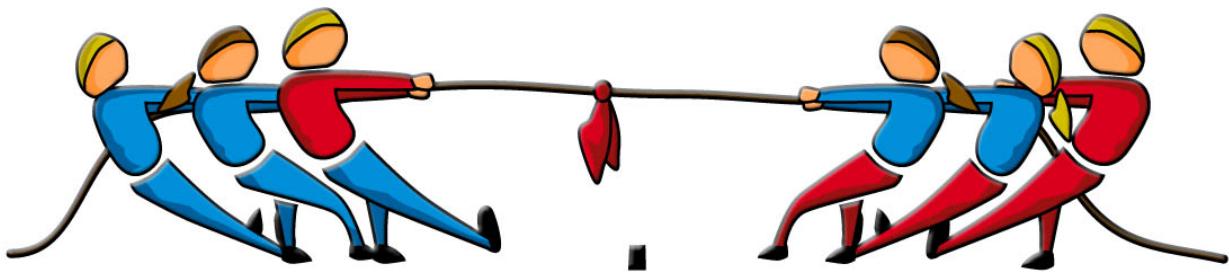
Els mecanismes són elements destinats a transmetre i transformar forces i moviments des d'un element motriu o conductor a un element receptor o conduït. Permeten a l'ésser humà realitzar determinats treballs amb major comoditat i menor esforç.



### 3.8.1 Forces

En mecànica, una força que actua damunt un objecte, causa el seu moviment. També poden actuar diverses forces que es compensen, de forma que l'objecte no es mou, ja que es troba en equilibri.

En el cas de dues persones que tiren cada una de l'extrem d'una corda, si una força és superior a l'altra, es produeix un moviment, si les forces són iguals, es manté l'equilibri sense produir-se moviment.



La unitat de mesura de la força és el Newton (N). Normalment indiquem el pes d'un objecte en kg, que és una unitat de massa. En la superfície terrestre, la força d'atracció que actua damunt un objecte és proporcional a la seva massa ***m*** i es calcula

multiplicant la massa m en kg pel factor  $g = 10 \frac{N}{kg}$

$$F = g \times m = 10 \frac{N}{kg} \times m .$$

Un objecte de 10 kg és atret per la terra amb una força  $F = g \times m = 10 \frac{N}{kg} \times 10 kg = 100 N$

### 3.8.2 Mecanismes de transmissió del moviment

Transmeten el moviment, la força i la potència produïts per un element motriu (motor) a un altre punt.

#### 3.8.2.1 Transmissió lineal

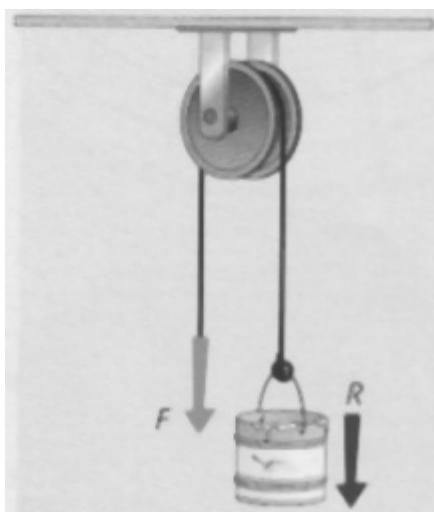
##### Corriola

La corriola és una roda ranurada que gira al voltant d'un eix. Per la ranura de la corriola es fa passar una corda, cadena o corretja, que permet vèncer una resistència  $R$ , aplicant una之力  $F$ .

##### Corriola fixa

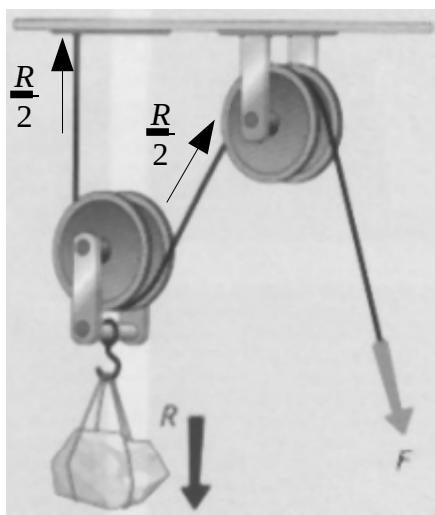
Es troba en equilibri quan la之力  $F$  és igual a la resistència  $R$  (pes), que representa a la càrrega, és a dir, quan  $F=R$ .

Serveix per canviar la direcció de la之力 i ens permet pujar o baixar càrregues amb facilitat, encara que la之力 aplicada és igual la之力 produïda per la càrrega que s'aixeca.



## Corriola mòbil

És un conjunt de dues corrioles, una fixa, i una altra mòbil. En aquest cas l'esforç que necessitem és la meitat que el pes a aixecar,  $F = \frac{R}{2}$ . L'altra meitat del pes la suporta l'extrem fix de la corda.



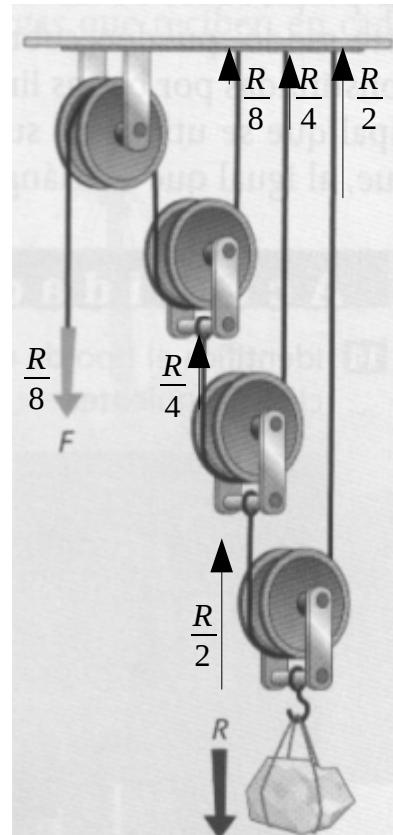
A canvi de reduir la força amb la qual s'ha d'estirar la corda per elevar el pes, augmenta la llargària de corda que s'ha d'estirar, per alçar la càrrega. Amb una corriola fixa, per elevar la càrrega 1 metre s'ha d'estirar 1 m de corda, mentre que amb una corriola mòbil s'han d'estirar 2 m de corda.

## Polispast

És un tipus especial de muntatge constituït per dos grups de corrioles: fixes i mòbils. A mesura que augmenta el nombre de corrioles, el mecanisme es fa més complex, però l'esforç necessari per vèncer la resistència disminueix. Amb el polispast, és possible aixecar càrregues molt elevades.

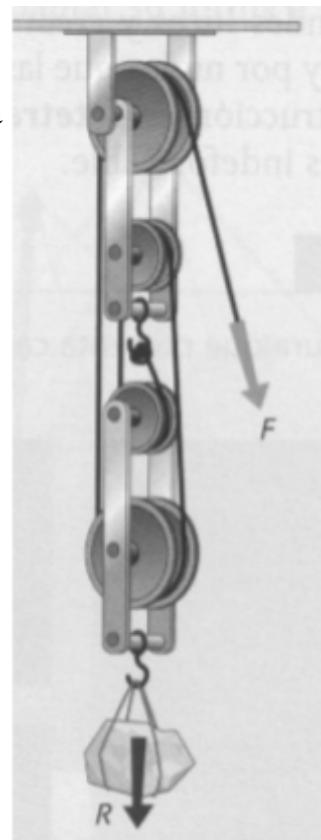
Cada corriola mòbil redueix la força necessària per aixecar la càrrega a la meitat.

Les corrioles fixes només serveixen per canviar la direcció de la força  $F$ , no la modifiquen.



**Exercici 3.8.2.1-1**

Quina és la força  $F$  necessària per aixecar amb el polispast de la imatge una càrrega de 400 N?

**Exercici 3.8.2.1-2**

Quina és la força necessària per aixecar una càrrega de 100 N?

$F =$	$F =$	$F =$

## Palanca

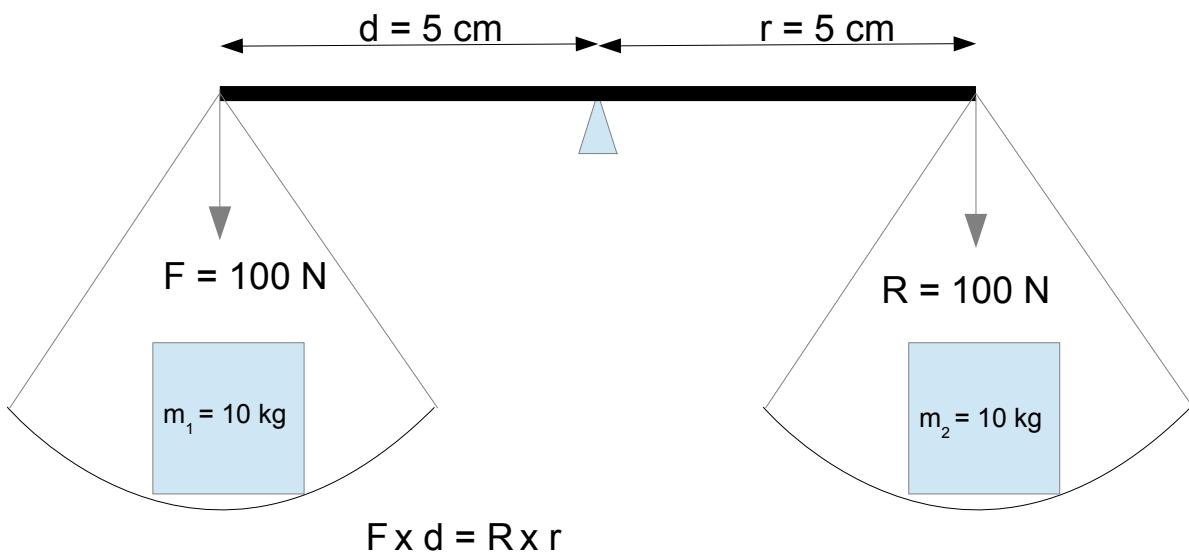
La palanca és una barra rígida que gira entorn d'un punt de suport o articulació (fulcre). En un punt de la barra s'aplica una força ***F*** amb la finalitat de vèncer una resistència ***R***, que actua en un altre punt de la barra.

La palanca es troba en equilibri, quan el producte de la força ***F*** per la seva distància ***d*** al punt de suport, és igual al producte de la resistència ***R*** per la seva distància ***r*** al punt de suport. Aquesta és la denominada llei de la palanca, que matemàticament s'expressa

$$F \times d = R \times r$$

### Exemple 1

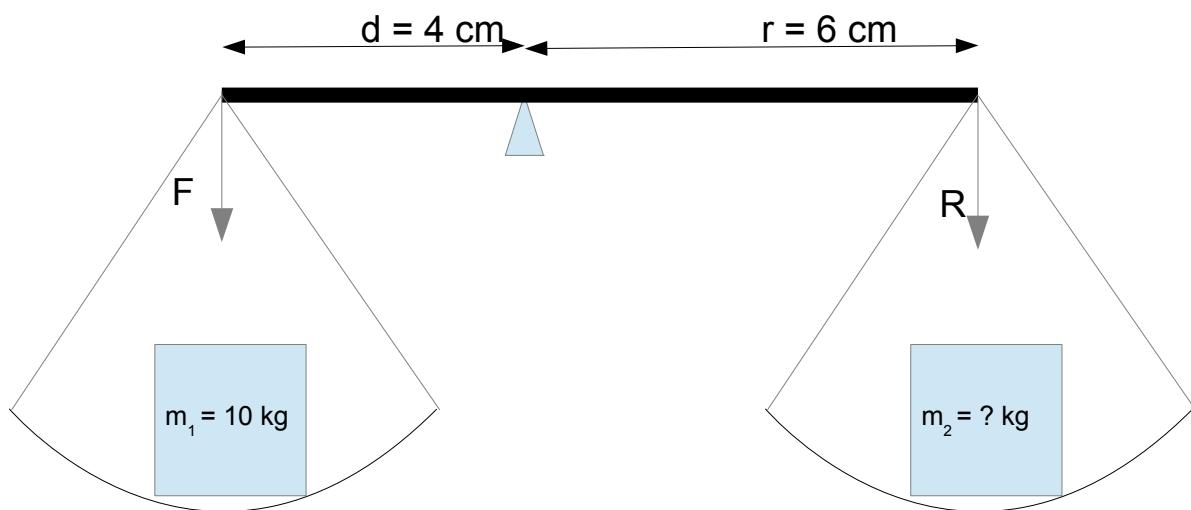
Amb una balança s'aplica el principi de la palanca per comparar el pes de dos objectes. En aquest cas la distància de la força ***F*** = 100 N al punt de suport és de 5 cm i igual a la distància ***r*** de la força ***R***. Perquè la balança estigui en equilibri la càrrega ***R*** haurà de ser igual la força ***F***, és a dir, 100 N.



$$100 \text{ N} \times 5 \text{ cm} = 100 \text{ N} \times 5 \text{ cm}$$

**Exercici 3.8.2.1-3**

Calcula la força  $R$ , perquè la balança quedi en equilibri.



Exemples d'aplicació de la palanca



### Exemple 2

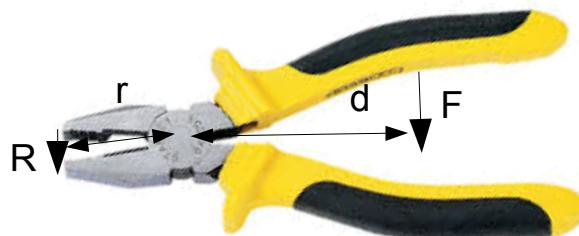
Els alicates multipliquen la força amb la qual els estrenyem en la seva boca.

Si la distància  $r$  és 4 cm i la distància  $d$  de 8 cm, la relació entre les forces  $R$  i  $F$  es calcula amb  $F \times d = R \times r$ . Per conèixer la relació de forces es poden dividir els

membres de l'equació entre  $d$  i resulta que  $F \times \frac{d}{d} = R \times \frac{r}{d}$ . Com  $\frac{d}{d} = 1$ , resulta

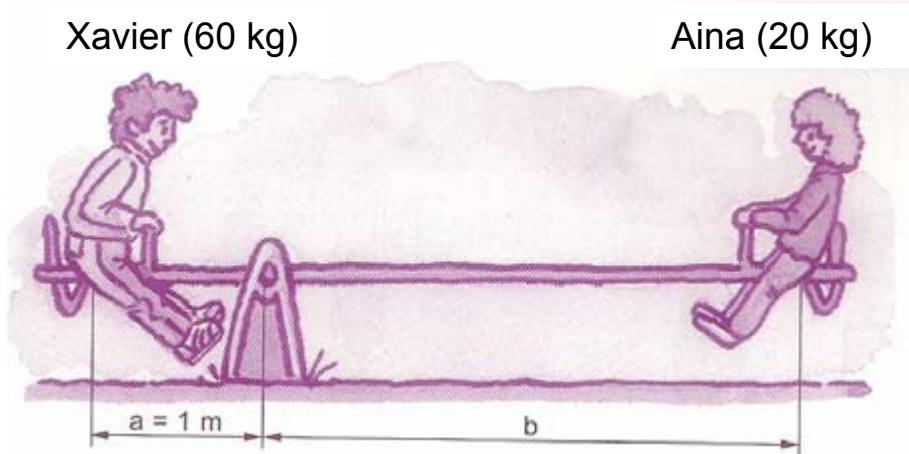
$$F = \frac{R \times r}{d} = R \times \frac{r}{d} = R \times \frac{4 \text{ cm}}{8 \text{ cm}} = R \times \frac{1}{2} = \frac{R}{2} \quad \rightarrow 2F = R$$

La força  $R$  en la boca és el doble de la força  $F$  que es fa amb la mà.

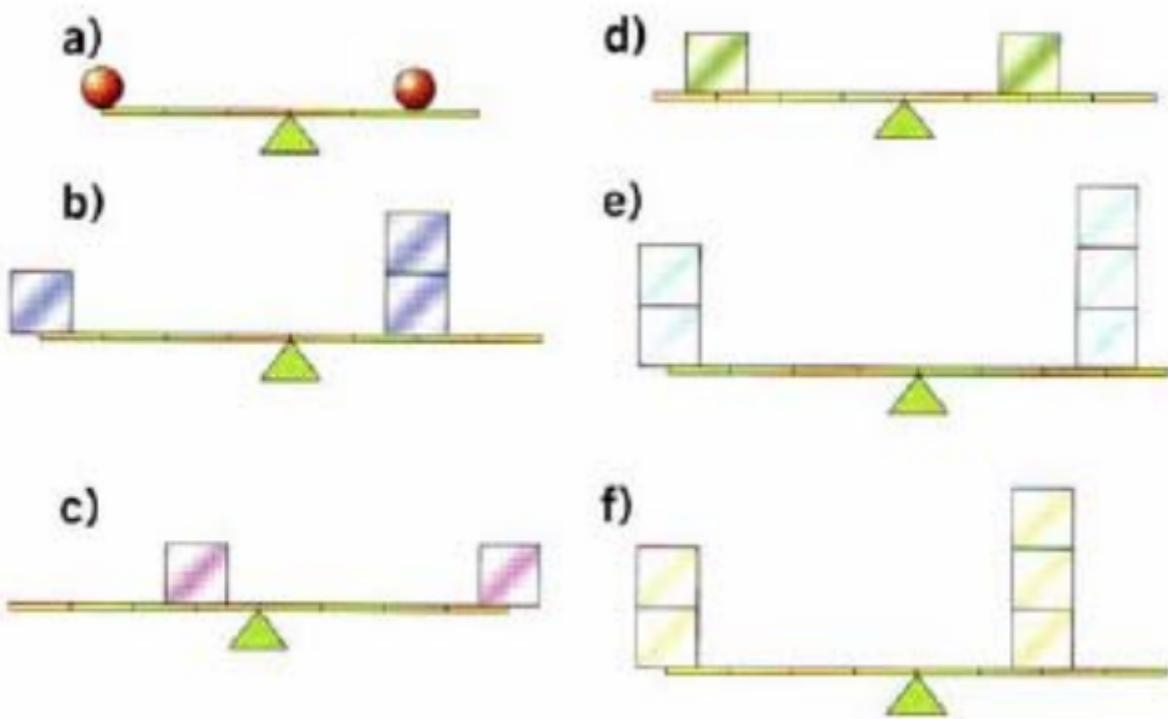


**Exercici 3.8.2.1-4**

A quina distància  $b$  ha de seure Aina per compensar el pes del seu germà Xavier?

**Exercici 3.8.2.1-5**

Indica cap a on s'inclina la balança, o si queda en equilibri. Justifica cada cas.

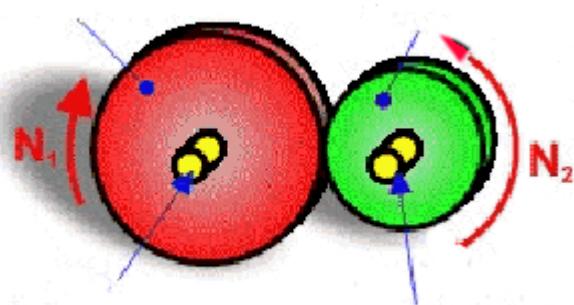


### 3.8.2.2 Transmissió circular

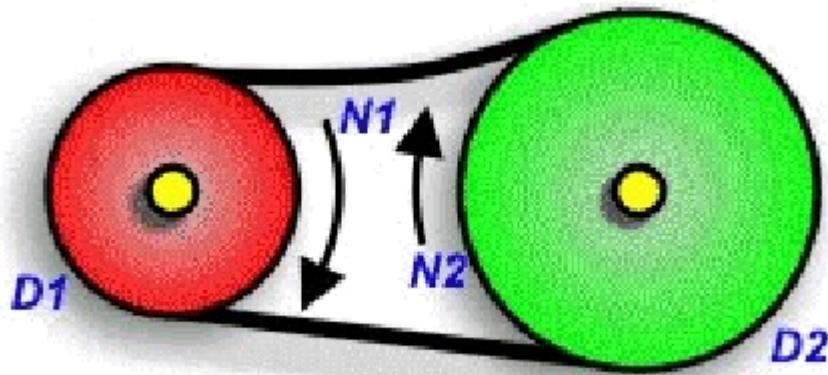
#### Rodes

Són sistemes de dos o més rodes que es troben en contacte ben directament o a través de corretges.

Les rodes de fricció són que es troben en contacte directe. Una de les rodes es diu motriu o conductora i en girar provoca el moviment de la roda de sortida o conduïda, en sentit contrari.



En els sistemes amb corretges les rodes, situades a certa distància, giren simultàniament per efecte d'una corretja. En aquests mecanismes, les rodes s'anomenen corrioles.



$N_1$  és la velocitat de gir de la corriola amb el diàmetre  $D_1$ . La velocitat de gir normalment s'expressa en revolucions, és dir, girs, per minut (rpm) i indica quants girs fa la corriola en un minut.

Suposant que els diàmetres siguin  $D_1 = 10 \text{ cm}$  i  $D_2 = 20 \text{ cm}$  i la velocitat de gir  $N_1$  sigui 6 rpm, es vol calcular la velocitat de gir de la corriola 2.

En primer lloc es calcula el perímetre de la corriola 1

$$P_1 = \pi \times D_1 = 3,14 \times 10 \text{ cm} = 31,4 \text{ cm}$$

Amb la velocitat de gir es pot calcular el camí  $S$  que fa la corriola en un minut.

$$S = 6 \text{ rpm} \times P_1 = 6 \text{ rpm} \times 31,4 \text{ cm} = 188,4 \frac{\text{cm}}{\text{minut}}$$

El camí que recorre la corriola 2 és igual al que recorre la corriola 1, per això podem escriure

$$S = 188,4 \frac{\text{cm}}{\text{minut}} = N_2 \times P_2 = N_2 \times D_2 \times \pi = N_2 \times 20 \text{ cm} \times 3,14$$

i calcular

$$N_2 = \frac{188,4 \frac{\text{cm}}{\text{minut}}}{20 \text{ cm} \times 3,14} = 3 \text{ rpm}$$

De forma general, es pot expressar la relació entre les velocitats de gir i els diàmetres com

$$S = \pi \times D_1 \times N_1 = \pi \times D_2 \times N_2 \rightarrow D_1 \times N_1 = D_2 \times N_2$$

La relació de la velocitat de la corriola conduïda a la de la corriola conductora s'anomena relació de transmissió  $i$ .

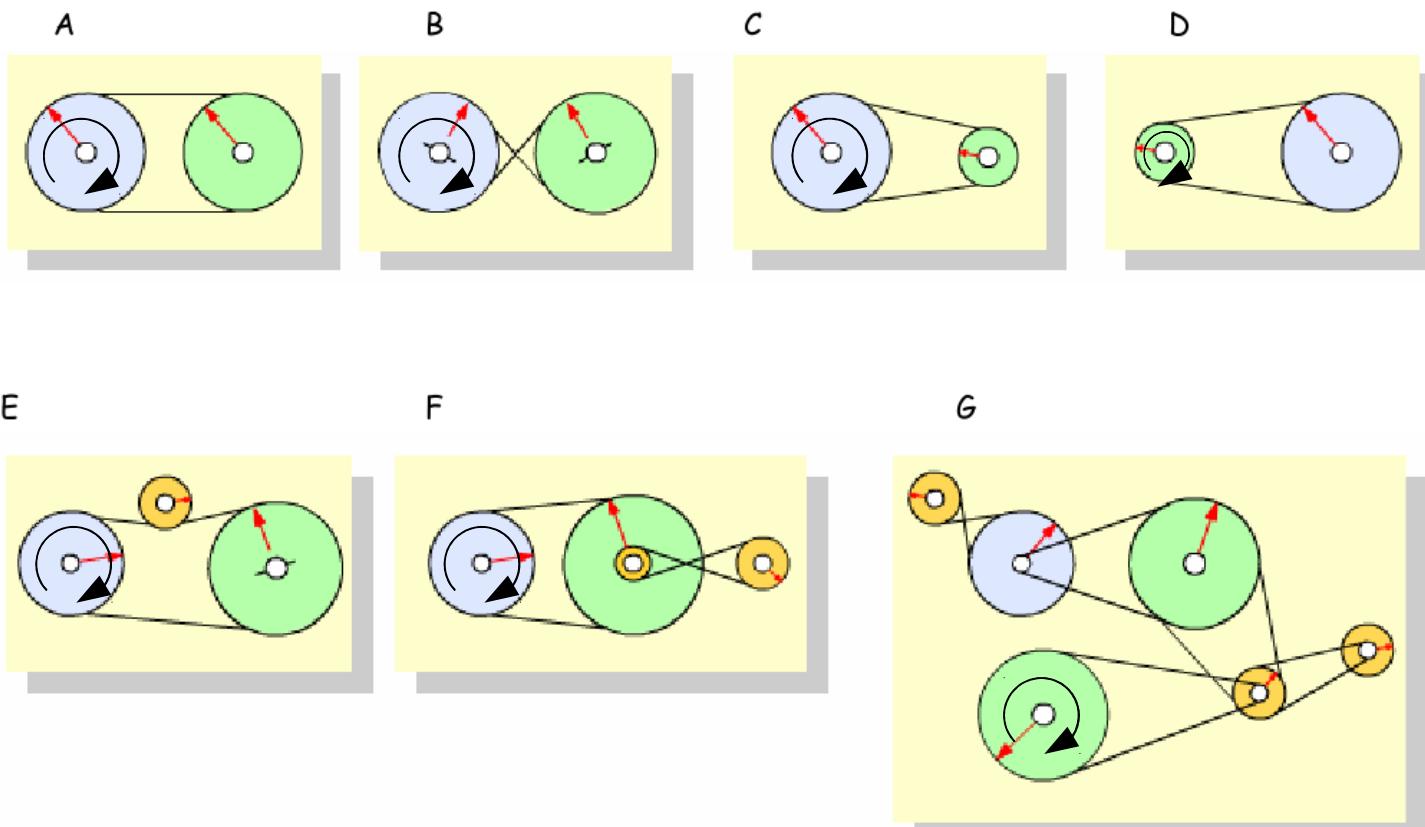
$$i = \frac{N_2}{N_1} = \frac{D_1}{D_2}$$

Si la corriola conductora és més petita que la conduïda, la conduïda gira més lentament que la conductora. Es diu llavors que el mecanisme és reductor.

Quan la corriola motriu és més gran que la conduïda, la conduïda gira més ràpida que la conductora i s'anomena un mecanisme multiplicador.

**Exercici 3.8.2.2-1**

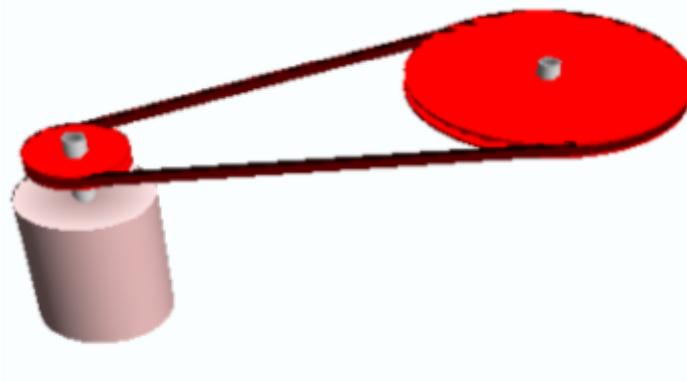
Indica el sentit de gir de les corrioles i si es tracta de mecanismes reductors o multiplicadors de la velocitat.



**Exercici 3.8.2.2-2**

Un motor gira amb una velocitat de 1000 rpm. El motor duu unida al seu eix una corriola conductora de 20 cm de diàmetre. Una corretja transmet el moviment de la corriola conductora a la conduïda, que té un diàmetre de 60 cm.

- a) Representa el sistema de corrioles en dues dimensions, indicant la corriola conductora i conduïda, i el sentit de gir de cada una.
- b) Quina és la relació de transmissió  $i$ ?
- c) Quina és la velocitat de la corriola conduïda?
- d) Es tracta d'un mecanisme reductor o multiplicador de la velocitat?



## Engranatges

Són jocs de rodes dentades, que encaixen entre si, de manera que unes rodes arrosseguen a les altres. Totes les dents han de tenir la mateixa forma i grandària.



En aquest cas, la relació de transmissió  $i$ , depèn del nombre de dents de cada roda, al que denominem amb  $Z$ .

$$i = \frac{N_2}{N_1} = \frac{Z_1}{Z_2}$$

## Exemple

Suposant que el nombre de dents de la roda conductora d'un engranatge és de 42 i el de la roda conduïda de 14, la relació de transmissió és

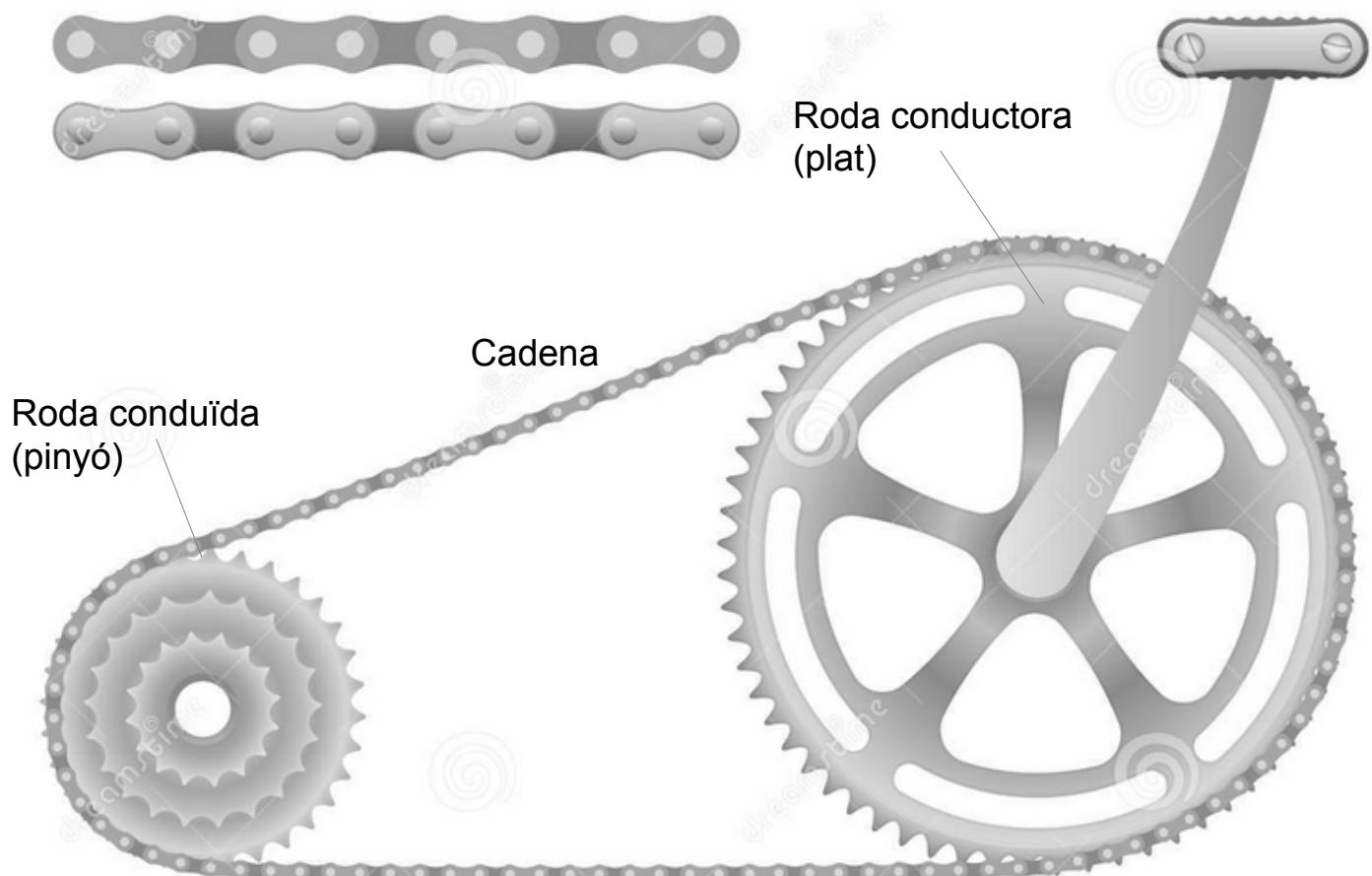
$$i = \frac{Z_1}{Z_2} = \frac{42}{14} = 3$$

Si la velocitat de gir de la roda conductora  $N_1$  és de 6 rpm, resulta que la velocitat de gir de la roda conduïda és de

$$i = \frac{N_2}{N_1} = 3 \rightarrow 3 \times 6 \text{ rpm} = 18 \text{ rpm}$$

## Transmissió per cadena

La transmissió per cadena, igual que una corretja, permet separar les rodes en moviment i augmentar la força transmesa, ja que les dents de les rodes eviten que la cadena patini.



### Exercici 3.8.2.2-3

Calcula el perímetre de la roda.

Utilitzant el pinyó P3 amb 21 dents, quina és la distància que recorre la bici amb una volta completa de pedal?

Quina és la distància màxima que podem avançar amb una volta de pedal utilitzant un dels pinyons P1 a P4? En quin cas utilitzaries el pinyó amb el que més s'avança?

Quina és la distància mínima que podem avançar amb una volta de pedal utilitzant un dels pinyons P1 a P4? En quin cas utilitzaries el pinyó amb el que menys s'avança?

