



■ Unitat 0. Les magnituds físiques i la seva mesura

■ Activitats finals

□ Qüestions

1. L'alegria és una magnitud? I la força muscular del braç d'un atleta? I la intel·ligència? I la velocitat d'una línia ADSL? Raoneu-ne les respostes.

Les magnituds físiques són totes aquelles propietats d'un cos a les quals podem assignar un nombre, tot comparant-les amb les seves respectives unitats. Per tant, evidentment, l'alegria no pot ser una magnitud física, ja que no podem quantificar-la.

La força muscular sí que és una magnitud física, ja que es pot quantificar, per exemple mesurant-la amb un dinamòmetre.

La intel·ligència tampoc no és una magnitud física, ja que tot i que existeixen unes proves que permeten quantificar-la, aquesta quantificació només és una mera puntuació que sempre està subjecta a les condicions en què s'ha obtingut, i que poden variar.

La velocitat d'una línia ADSL és mesurable mitjançant sistemes electrònics i informàtics i perfectament quantificable. És una magnitud.

2. Tot allò que és mesurable té un patró?

Si tenim en compte que mesurar una magnitud física és assignar-li un valor tot comparant-la amb la unitat o patró al qual s'ha donat arbitràriament el valor 1, és evident que la resposta a aquesta pregunta és afirmativa. Per tant, tot allò que és mesurable ha de tenir un patró, o unitat, amb el qual es compara allò que es vol mesurar.

3. Busqueu en una enciclopèdia com es defineixen de manera estricta les unitats de longitud, de massa i de temps del sistema internacional.

Activitat oberta. Consulteu qualsevol enciclopèdia.

4. Per què és important la utilització del sistema internacional d'unitats quan es mesuren les magnituds? Expliqueu-ho detalladament.

Veure *Sistemes d'unitats*.

5. Citeu cinc magnituds escalars i cinc magnituds vectorials i digueu si són fonamentals o derivades.

En el text es donen exemples de magnituds escalars i vectorials.

Magnituds escalars.

- Fonamentals: la massa, el temps i la temperatura.
- Derivades: la pressió, el volum, la densitat, l'energia, etc.

Magnituds vectorials: la velocitat, l'acceleració, la força, la quantitat de moviment, l'impuls mecànic, el camp elèctric, etc. Totes són derivades.

6. Si bé es considera que la longitud és una magnitud fonamental, per què no podem dir el mateix de la superfície? I la velocitat, és una magnitud fonamental? Raoneu-ne les respostes.

Veure *Magnituds físiques fonamentals i magnituds suplementàries*.

7. La pressió es defineix com el quocient entre la projecció de la força en la direcció perpendicular a una determinada superfície i l'àrea d'aquesta superfície. Justifica perquè essent la força una magnitud vectorial, la pressió, en canvi, és una magnitud escalar.

La projecció d'una magnitud vectorial (com ara la força) és una magnitud escalar. La pressió és el quocient entre dues magnituds escalars i, en conseqüència, també és una magnitud escalar.

8. Si multipliquem la força que actua sobre un cos per la velocitat que porta en un instant determinat, quina magnitud física obtenim? Deduïu-ho a partir de l'anàlisi dimensional.

L'equació dimensional de la força és:

$$M \cdot L \cdot T^{-2}$$

i la de la velocitat:

$$L \cdot T^{-1}$$

Si les multipliquem:

$$M \cdot L \cdot T^{-2} \cdot L \cdot T^{-1} = M \cdot L^2 \cdot T^{-3}$$

Aquesta equació dimensional correspon a la unitat de watt, i per tan a la magnitud de potència.

9. Busqueu en una enciclopèdia el significat de les paraules *sensibilitat*, *precisió* i *exactitud*.

Activitat oberta. Consulteu qualsevol enciclopèdia.

10. Quantes xifres significatives podem escriure amb una proveta de capacitat 50 mL i amb dues divisions entre cada mL? Per què?

Si entre cada mil·lilitre tenim dues divisions, la sensibilitat o error instrumental de la proveta és 0,5 mL. Per tant, qualsevol mesura que es faci amb aquest aparell i que es doni en mL tindrà, en principi, tres xifres significatives: la xifra de les desenes, la xifra de les unitats i la xifra de les dècimes.

11. Quina és la sensibilitat d'una pipeta graduada en mil·lilitres amb cinc divisions entre cada mil·lilitre? Raoneu-ne la resposta.

Si per cada mil·lilitre hi ha 5 divisions, està clar que la sensibilitat de la pipeta és de $1/5 = 0,2$ mL.

12. Hem determinat la massa d'un cos amb dues balances diferents i els resultats han estat 2,32 i 2,318. Quina és la més precisa? Raoneu-ne la resposta.

La primera mesura té xifres significatives fins a la centèsima. Per tant, l'error instrumental és de 0,01.

La segona mesura té xifres significatives fins a la mil·lèsima. Per tant, l'error instrumental és de 0,001.



Per tant, la segona mesura és més precisa, ja que l'error instrumental és més petit.

13. Té sentit escriure 3,000 g o és preferible posar, per simplificar, 3 g? Per què?

Si escrivim 3,000 g estem suposant que el nostre aparell de mesura aprecia fins a la xifra de les mil·lèsimes de gram, mentre que si escrivim 3 g estem suposant que l'aparell aprecia fins a la xifra de les unitats de gram.

Per tant, té sentit escriure 3,000 g sempre que l'aparell aprecii fins a la mil·lèsima de gram. Si l'aparell només aprecia fins a les unitats de gram, escriure el valor anterior no tindria sentit, i hauríem d'escriure 3 g.

14. Donada l'operació $2,21 + 3,428$, quin resultat us sembla que és més correcte: 5,638 o bé 5,64? Raoneu-ne la resposta.

El primer valor ve donat fins a la xifra de les centèsimes, mentre que el segon valor ve donat fins a la xifra de les mil·lèsimes. Per tant, hem de donar el resultat de l'operació fins a la xifra de les centèsimes, una vegada arrodonit: 5,64.

15. Si un aparell mesura amb una precisió de mil·lèsimes de centímetre, quants decimals ha de portar si s'expressa en el SI?

La unitat de longitud en el SI és el m. Si la precisió de l'aparell és d'una mil·lèsima de cm, fent servir factors de conversió:

$$0,001 \text{ cm} \cdot \frac{0,01 \text{ m}}{1 \text{ cm}} = 10^{-5} \text{ m} = 0,00001 \text{ m}$$

Per tant, qualsevol mesura afectada amb aquest aparell i que s'expressi en unitats del SI ha de tenir 5 decimals.

16. Si mesurem el diàmetre d'un filferro amb un peu de rei i obtenim diferents mesures semblants, quins tipus d'errors tindrà associada la mesura? Raoneu-ne la resposta.

En primer lloc, tenim l'error instrumental de l'aparell, que en aquest cas, com que es tracta d'un peu de rei és de 0,01 cm. En segon lloc, tenim l'error de mesura que s'obté fent la mitjana aritmètica de totes les mesures obtingudes i comparant-la amb la mesura més petita i la mesura més gran.

L'error de mesura és l'error associat a aquesta mesura, ja que en principi ha de donar un valor més gran que l'error instrumental, i sempre ens hem de quedar amb l'error que sigui més gran.

17. Per què és decisiva la fase d'experimentació en el mètode científic?

Veure *El mètode científic*.

18. Consultant la bibliografia adient, apliqueu les fases del mètode científic a la teoria de la relativitat general.

Activitat oberta. Cal consultar bibliografia sobre la Teoria de la Relativitat General. Pateu la resposta d'aquesta activitat d'acord amb allò que estableix el mètode científic: observació, hipòtesi, experimentació, i establiment de la llei física.

Problemes

1. Escriuiu amb notació científica els nombres següents:

a) $2\,000\,000\,000 = 2 \cdot 10^9$

b) $765\,000 = 7,65 \cdot 10^5$

c) $0,000034 = 3,4 \cdot 10^{-5}$

d) $36\,000\,000\,000 = 3,6 \cdot 10^{10}$

e) $0,0000023 = 2,3 \cdot 10^{-6}$

f) $0,000000000152 = 1,52 \cdot 10^{-10}$

g) $1\,000\,000\,000 = 10^9$

h) $0,00000001 = 10^{-8}$

2. Calculeu les potències de 10:

a) $(10^4)^4 = 10^{16}$

b) $\frac{10^{-3}}{10^8 \cdot 10^{-2}} = 10^{-3-8+2} = 10^{-9}$

c) $(10^3 \cdot 10^{22})^4 = (10^{3+22})^4 = (10^{25})^4 = 10^{100}$

d) $\frac{(10^2 + 10^6)}{10} = \frac{10^2}{10} + \frac{10^6}{10} = 10^{2-1} + 10^{6-1} = 10 + 10^5$

3. Efectueu les operacions següents amb ajut de la calculadora científica, mantenint el mateix nombre de xifres significatives i arrodonint el resultat:

a) $(5,2 \cdot 10^{15}) (8,7 \cdot 10^5) = 4,5 \cdot 10^{21}$

b) $\frac{(2,4 \cdot 10^5)}{(8,2 \cdot 10^{-5})} = 2,9 \cdot 10^9$

c) $(7,3 \cdot 10^8) (2,5 \cdot 10^{-6}) = 1,8 \cdot 10^3$

d) $4,38 + 5,3 = 9,7$

e) $6,23 - 3,4 = 2,8$

f) $\frac{(3,6 \cdot 10^7) (1,2 \cdot 10^{-4})}{6,3 \cdot 10^{-3}} = 6,9 \cdot 10^5$

g) $\frac{(2,1 \cdot 10^8)}{(1,4 \cdot 10^{-6})} = 1,5 \cdot 10^{14}$

h) $(5,2 \cdot 10^{15}) (1,5 \cdot 10^{10}) = 7,8 \cdot 10^{25}$

i) $65,55 + 0,3 = 65,9$

4. Resoleu els exercicis d'operacions i unitats següents:

a) $(10 \text{ m})^2 = 10^2 \text{ m}^2$

b) $(6 \text{ m})^{-3} = \frac{1}{6^3} \text{ m}^{-3} = 4,63 \cdot 10^{-3} \text{ m}^{-3}$

c) $1 \text{ m/s/s} = 1 \text{ m/s}^2$

d) $0,00043 \text{ L} + 5,9 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 = 0,00043 \text{ L} + 0,59 \text{ L} = 0,59043 \text{ L}$



$$e) \frac{(10^3 \text{ m}) (10^2)}{10^4} = \frac{10^5 \text{ m}}{10^4} = 10 \text{ m}$$

$$f) 65\,400\,000 \text{ s} + 345\,104 \text{ ms} = 65\,400\,000 \text{ s} + 354,104 \text{ s} = 65\,400\,354 \text{ s}$$

5. Quin és el significat de les paraules següents?

a) Nanosegon (ns) = 10^{-9} s

b) Microgram (μg) = 10^{-6} g

c) Mil·lilitre (mL) = 10^{-3} L

d) Gigavolt (GV) = 10^9 V

e) Quilòmetre (km) = 10^3 m

f) Picofaraday (pF) = 10^{-12} F

g) Megavolt (MV) = 10^6 V

h) Àngstrom (Å) = 10^{-10} m

6. Efectueu els canvis d'unitats següents:

a) 200 g a kg

$$200 \text{ g} \cdot \frac{1 \text{ kg}}{10^3 \text{ g}} = 0,2 \text{ kg}$$

b) 0,25 m³ a cm³

$$0,25 \text{ m}^3 \cdot \frac{1 \text{ cm}^3}{10^{-6} \text{ m}^3} = \frac{2,5 \cdot 10^{-1}}{10^{-6}} \text{ cm}^3 = 2,5 \cdot 10^5 \text{ cm}^3$$

c) 70 000 m² a hm²

$$70\,000 \text{ m}^2 \cdot \frac{1 \text{ hm}^2}{10^4 \text{ m}^2} = \frac{7 \cdot 10^4}{10^4} \text{ hm}^2 = 7 \text{ hm}^2$$

d) 100 000 mm a km

$$100\,000 \text{ mm} \cdot \frac{10^{-3} \text{ m}}{1 \text{ mm}} \cdot \frac{1 \text{ km}}{10^3 \text{ m}} = \frac{10^5 \cdot 10^{-3}}{10^3} \text{ km} = 0,1 \text{ km}$$

e) $8 \cdot 10^5 \text{ mg}$ a Mg

$$8 \cdot 10^5 \text{ mg} \cdot \frac{1 \text{ Mg}}{10^9 \text{ mg}} = \frac{8 \cdot 10^5}{10^9} \text{ Mg} = 8 \cdot 10^{-4} \text{ Mg}$$

f) $6 \cdot 10^{-4} \text{ mL}$ a L

$$6 \cdot 10^{-4} \text{ mL} \cdot \frac{10^{-3} \text{ L}}{1 \text{ mL}} = 6 \cdot 10^{-4} \cdot 10^{-3} \text{ L} = 6 \cdot 10^{-7} \text{ L}$$

g) 28 mm³ a m³

$$28 \text{ mm}^3 \cdot \frac{10^{-9} \text{ m}^3}{1 \text{ mm}^3} = 28 \cdot 10^{-9} \text{ m}^3 = 2,8 \cdot 10^{-8} \text{ m}^3$$

h) 36 km/h a m/s

$$36 \frac{\text{km}}{\text{h}} \cdot \frac{10^3 \text{ m}}{1 \text{ km}} \cdot \frac{1 \text{ h}}{3,6 \cdot 10^3 \text{ s}} = 10 \text{ m/s}$$

i) 2,7 g/cm³ a kg/m³

$$2,7 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \cdot \frac{1 \text{ kg}}{10^3 \text{ g}} \cdot \frac{10^6 \text{ cm}^3}{1 \text{ m}^3} = 2,7 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$$

j) 7 kg·m/s a g·cm/s

$$7 \text{ kg} \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot \frac{10^3 \text{ g}}{1 \text{ kg}} \cdot \frac{10^2 \text{ cm}}{1 \text{ m}} = 7 \cdot 10^5 \text{ g} \cdot \text{cm/s}$$

7. Expresses en unitats del SI:

a) 1 L

$$1 \text{ L} \cdot \frac{1 \text{ m}^3}{10^3 \text{ L}} = 10^{-3} \text{ m}^3$$

b) 365 dies

$$365 \text{ dies} \cdot \frac{24 \text{ h}}{1 \text{ dia}} \cdot \frac{3\,600 \text{ s}}{1 \text{ h}} = 3,1536 \cdot 10^7 \text{ s}$$

c) $4,2 \cdot 10^{10} \mu\text{m}^2$

$$4,2 \cdot 10^{10} \mu\text{m}^2 \cdot \frac{10^{-12} \text{ m}^2}{1 \mu\text{m}^2} = 4,2 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$$

d) 300 pg

$$300 \text{ pg} \cdot \frac{10^{-12} \text{ g}}{1 \text{ pg}} \cdot \frac{1 \text{ kg}}{10^3 \text{ g}} = 3 \cdot 10^{-13} \text{ kg}$$

e) $3 \cdot 10^6 \text{ dam}^3$

$$3 \cdot 10^6 \text{ dam}^3 \cdot \frac{10^3 \text{ m}^3}{1 \text{ dam}^3} = 3 \cdot 10^9 \text{ m}^3$$

f) 1 km/h

$$1 \frac{\text{km}}{\text{h}} \cdot \frac{10^3 \text{ m}}{1 \text{ km}} \cdot \frac{1 \text{ h}}{3\,600 \text{ s}} = \frac{1 \cdot 10^3 \text{ m}}{3\,600 \text{ s}} = 0,27 \text{ m/s}$$

g) 36 m/min²

$$36 \frac{\text{m}}{\text{min}^2} \cdot \frac{1 \text{ min}^2}{60^2 \text{ s}^2} = \frac{36}{3\,600} \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 0,01 \text{ m/s}^2 = 10^{-2} \text{ m/s}^2$$

h) $10^3 \text{ hm} \cdot \text{h}^{-2}$

$$10^3 \text{ hm} \cdot \text{h}^{-2} = 10^3 \frac{\text{hm}}{\text{h}^2} \cdot \frac{10^2 \text{ m}}{1 \text{ hm}} \cdot \frac{1 \text{ h}^2}{3\,600^2 \text{ s}^2} = \frac{10^5}{1,296 \cdot 10^7} \text{ m/s}^2 = 7,7 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}^2$$

i) 100 mg/dm³

$$100 \frac{\text{mg}}{\text{dm}^3} \cdot \frac{10^{-6} \text{ kg}}{1 \text{ mg}} \cdot \frac{1 \text{ dm}^3}{10^{-3} \text{ m}^3} = \frac{100 \cdot 10^{-6}}{10^{-3}} \text{ kg/m}^3 = 0,1 \text{ kg/m}^3$$

j) $10^5 \text{ dg} \cdot \text{cm/h}$

$$10^5 \text{ dg} \cdot \frac{\text{cm}}{\text{h}} \cdot \frac{1 \text{ kg}}{10^4 \text{ dg}} \cdot \frac{10^{-2} \text{ m}}{1 \text{ cm}} \cdot \frac{1 \text{ h}}{3\,600 \text{ s}} = 2,78 \cdot 10^{-5} \text{ kg} \cdot \text{m/s}$$



8. Realitzeu els canvis d'unitats següents:

a) 36 km/h a m/s

$$36 \frac{\text{km}}{\text{h}} \cdot \frac{10^3 \text{ m}}{1 \text{ km}} \cdot \frac{1 \text{ h}}{3,6 \cdot 10^3 \text{ s}} = 10 \text{ m/s}$$

b) 60 km/h a cm/min

$$60 \frac{\text{km}}{\text{h}} \cdot \frac{10^5 \text{ cm}}{1 \text{ km}} \cdot \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}} = 10^5 \text{ cm/min}$$

c) 2,7 g/cm³ a kg/m³

$$2,7 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \cdot \frac{1 \text{ kg}}{10^3 \text{ g}} \cdot \frac{10^6 \text{ cm}^3}{1 \text{ m}^3} = 2,7 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$$

d) 20 m/s a km/h

$$20 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot \frac{1 \text{ km}}{10^3 \text{ m}} \cdot \frac{3,6 \cdot 10^3 \text{ s}}{1 \text{ h}} = 72 \text{ km/h}$$

e) 7 000 kg/m³ a g/cm³

$$7\,000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \frac{10^3 \text{ g}}{1 \text{ kg}} \cdot \frac{1 \text{ m}^3}{10^6 \text{ cm}^3} = 7 \text{ g/cm}^3$$

f) 7 kg·m/s a g·cm/s

$$7 \text{ kg} \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot \frac{10^3 \text{ g}}{1 \text{ kg}} \cdot \frac{10^2 \text{ cm}}{1 \text{ m}} = 7 \cdot 10^5 \text{ g} \cdot \text{cm/s}$$

9. Passeu al sistema internacional:

a) 1 km/h

$$1 \frac{\text{km}}{\text{h}} \cdot \frac{10^3 \text{ m}}{1 \text{ km}} \cdot \frac{1 \text{ h}}{3\,600 \text{ s}} = \frac{1 \cdot 10^3 \text{ m}}{3\,600 \text{ s}} = 0,27 \text{ m/s}$$

b) 6 · 10⁶ cm/min

$$6 \cdot 10^6 \frac{\text{cm}}{\text{min}} \cdot \frac{1 \text{ m}}{10^2 \text{ cm}} \cdot \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = \frac{6 \cdot 10^6 \text{ m}}{10^2 \cdot 60 \text{ s}} = 10^3 \text{ m/s}$$

c) 8 · 10⁻² dam/s

$$8 \cdot 10^{-2} \frac{\text{dam}}{\text{s}} \cdot \frac{10 \text{ m}}{1 \text{ dam}} = 8 \cdot 10^{-2} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 8 \cdot 10^{-1} \text{ m/s} = 0,8 \text{ m/s}$$

d) 10⁶ dm/dia

$$10^6 \frac{\text{dm}}{\text{dia}} \cdot \frac{10^{-1} \text{ m}}{1 \text{ dm}} \cdot \frac{1 \text{ dia}}{24 \text{ h}} \cdot \frac{1 \text{ h}}{3\,600 \text{ s}} = \frac{10^6 \cdot 10^{-1}}{24 \cdot 3\,600} \text{ m/s} = 1,16 \text{ m/s}$$

e) 10³ hm·h⁻²

$$10^3 \text{ hm} \cdot \text{h}^{-2} = 10^3 \frac{\text{hm}}{\text{h}^2} \cdot \frac{10^2 \text{ m}}{1 \text{ hm}} \cdot \frac{1 \text{ h}^2}{3\,600^2 \text{ s}^2} = \frac{10^5}{1,296 \cdot 10^7} \text{ m/s}^2 = 7,7 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}^2$$

f) 1,6 kg/m³

$$1,6 \text{ kg/m}^3$$

g) 0,02 dg·cm⁻³

$$0,02 \frac{\text{dg}}{\text{cm}^3} \cdot \frac{10^{-1} \text{ g}}{1 \text{ dg}} \cdot \frac{10^{-3} \text{ kg}}{1 \text{ g}} \cdot \frac{1 \text{ cm}^3}{10^{-6} \text{ m}^3} = \frac{0,02 \cdot 10^{-4}}{10^{-6}} \text{ kg/m}^3 = 2 \text{ kg/m}^3$$

h) 10⁵ dg·cm/h

$$10^5 \text{ dg} \frac{\text{cm}}{\text{h}} \cdot \frac{1 \text{ kg}}{10^4 \text{ dg}} \cdot \frac{10^{-2} \text{ m}}{1 \text{ cm}} \cdot \frac{1 \text{ h}}{3\,600 \text{ s}} = 2,78 \cdot 10^{-5} \text{ kg} \cdot \text{m/s}$$

10. Calculeu la densitat de l'aigua líquida en unitats del sistema internacional, sabent que 1 cm³ d'aigua té una massa d'1 gram.

$$1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \cdot \frac{10^{-3} \text{ kg}}{1 \text{ g}} \cdot \frac{1 \text{ cm}^3}{10^{-6} \text{ m}^3} = 10^3 \text{ kg/m}^3$$

11. Trobeu la massa de 62 hL de vi de densitat 0,97 g/cm³. Expressu-la en dag.

$$V = 62 \text{ hL} \cdot \frac{10^2 \text{ L}}{1 \text{ hL}} \cdot \frac{1 \text{ m}^3}{10^3 \text{ L}} = 6,2 \text{ m}^3$$

$$d = 0,97 \cdot \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \cdot \frac{1 \text{ kg}}{10^3 \text{ g}} \cdot \frac{10^6 \text{ cm}^3}{1 \text{ m}^3} = 970 \text{ kg/m}^3$$

$$d = \frac{m}{V} \rightarrow m = dV = 970 \cdot 6,2 = 6,014 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \frac{10^2 \text{ dag}}{1 \text{ kg}} = 6,014 \cdot 10^5 \text{ dag}$$

12. Un dipòsit de gas butà (densitat 0,02 g/cm³) té forma esfèrica de 20 m de radi. Determineu la massa de gas contingut en el dipòsit i expressu-la en tones mètriques.

$$V = \frac{4}{3} \pi r^3 = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot 20^3 = 3,351 \cdot 10^4 \text{ m}^3$$

$$d = 0,02 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \cdot \frac{1 \text{ kg}}{10^3 \text{ g}} \cdot \frac{10^6 \text{ cm}^3}{1 \text{ m}^3} = 20 \text{ kg/m}^3$$

$$d = \frac{m}{V} \rightarrow m = dV = 20 \cdot 3,351 \cdot 10^4 = 6,7021 \cdot 10^5 \text{ kg} \cdot \frac{1 \text{ Tm}}{10^3 \text{ kg}} = 6,7 \cdot 10^2 \text{ Tm}$$

13. La capacitat d'una cisterna de transport de forma cilíndrica és de 1 200 daL. Calculeu el seu volum en dam³.

$$V = 1\,200 \text{ daL} \cdot \frac{10 \text{ L}}{1 \text{ daL}} \cdot \frac{1 \text{ m}^3}{10^3 \text{ L}} \cdot \frac{1 \text{ dam}^3}{10^3 \text{ m}^3} = 1,2 \cdot 10^{-2} \text{ dam}^3 = 0,012 \text{ dam}^3$$



14. La Terra és a 150 000 000 km del Sol i l'estrella més propera és a una distància superior a 250 000 vegades la distància Terra-Sol.

a) Escriuiu aquestes quantitats en notació científica.

$$d_{T-S} = 1,5 \cdot 10^8 \text{ km}; 2,5 \cdot 10^5$$

b) Determineu la distància mínima en quilòmetres de la Terra a l'estrella més propera.

$$d_{T-E} = 2,5 \cdot 10^5 \cdot d_{T-S} = 2,5 \cdot 10^5 \cdot 1,5 \cdot 10^8 = 3,75 \cdot 10^{13} \text{ km}$$

15. a) La velocitat de la llum és de 300 000 km/s. Expressau aquesta quantitat en notació científica.

$$v = 300\,000 \text{ km/s} = 3 \cdot 10^5 \text{ km/s}$$

b) Es defineix l'any llum com la distància que recorre la llum en un any. Calculeu quants metres són un any llum.

$$1 \text{ any} = 365 \text{ dies} \cdot \frac{24 \text{ h}}{1 \text{ dia}} \cdot \frac{3\,600 \text{ s}}{1 \text{ h}} = 3,1536 \cdot 10^7 \text{ s}$$

$$d = vt = 3 \cdot 10^5 \cdot 3,1536 \cdot 10^7 = 9,4608 \cdot 10^{12} \text{ km} \cdot \frac{10^3 \text{ m}}{1 \text{ km}} = 9,4608 \cdot 10^{15} \text{ m}$$

c) Recordant el resultat obtingut en l'apartat b) del problema anterior sobre la distància a l'estrella més propera, expresseu-la ara en anys llum.

$$d_{T-E} = 3,75 \cdot 10^{13} \text{ km} \cdot \frac{1 \text{ any llum}}{9,4608 \cdot 10^{12} \text{ km}} = 3,96 \text{ anys llum}$$

16. La massa d'un protó és $1,67 \cdot 10^{-24} \text{ g}$, mentre que el seu radi és $1,2 \cdot 10^{-13} \text{ cm}$.

$$m = 1,67 \cdot 10^{-24} \text{ g} \cdot \frac{1 \text{ kg}}{10^3 \text{ g}} = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

$$r = 1,2 \cdot 10^{-13} \text{ cm} \cdot \frac{1 \text{ m}}{10^2 \text{ cm}} = 1,2 \cdot 10^{-15} \text{ m}$$

a) Suposant que el protó és esfèric i recordant que el volum d'una esfera és $\frac{4}{3} \pi r^3$, calculeu el volum i la densitat del protó.

$$V = \frac{4}{3} \pi r^3 = \frac{4}{3} \cdot \pi (1,2 \cdot 10^{-15})^3 = 7,24 \cdot 10^{-45} \text{ m}^3$$

$$d = \frac{m}{V} = \frac{1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}}{7,24 \cdot 10^{-45} \text{ m}^3} = 2,31 \cdot 10^{17} \text{ kg/m}^3$$

b) Trobeu, aproximadament, la massa d'1 cm³ d'un material que estigui format per protons, i compareu-lo, fent la relació, amb la massa d'1 cm³ d'aigua i d'1 cm³ de plom (el qual té una massa d'11,34 g).

$$d = 2,31 \cdot 10^{17} \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \frac{10^3 \text{ g}}{1 \text{ kg}} \cdot \frac{1 \text{ m}^3}{10^6 \text{ cm}^3} = 2,31 \cdot 10^{14} \text{ g/cm}^3$$

$$m = dV = 2,31 \cdot 10^{14} \cdot 1 = 2,31 \cdot 10^{14} \text{ g}$$

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = 1 \text{ g}$$

$$m_{\text{Pb}} = 11,34 \text{ g}$$

17. Un vaixell que es troba a 500 m d'un far veu la seva llum i toca la sirena. Calculeu el temps que tardarà la llum a anar del far al vaixell i el temps invertit pel so a anar del vaixell al far. Utilitzeu les unitats més adients per expressar els resultats.

Velocitat del so: 340 m/s.

Velocitat de la llum: $3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$.

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} \rightarrow$$

$$\begin{cases} \Delta t_{\text{llum}} = \frac{\Delta x}{v_{\text{llum}}} = \frac{500}{3 \cdot 10^8} = 1,67 \cdot 10^{-6} \text{ s} = 1,67 \mu\text{s} \\ \Delta t_{\text{so}} = \frac{\Delta x}{v_{\text{so}}} = \frac{500}{340} = 1,47 \text{ s} \end{cases}$$

18. Escriuiu l'equació dimensional de les magnituds següents:

a) Quantitat de moviment ($p = m v$)

$$p = m v \rightarrow \text{M} \cdot \frac{\text{L}}{\text{T}} = \text{M} \cdot \text{L} \cdot \text{T}^{-1}$$

b) Potència ($P = W/t$)

$$P = \frac{W}{t} \rightarrow \frac{\text{M} \cdot \text{L}^2 \cdot \text{T}^{-2}}{\text{T}} = \text{M} \cdot \text{L}^2 \cdot \text{T}^{-3}$$

c) Treball ($W = F \Delta x$)

$$W = F \Delta x \rightarrow \text{M} \cdot \text{L} \cdot \text{T}^{-2} \cdot \text{L} = \text{M} \cdot \text{L}^2 \cdot \text{T}^{-2}$$

19. Quina magnitud física correspon a l'expressió $F \cdot \Delta t$? Trieu la resposta correcta tot raonant l'elecció d'acord amb la seva equació de dimensions:

a) Pressió

b) Quantitat de moviment

c) Energia

d) Acceleració

Multipliquem l'equació dimensional de la força per la dimensió de temps:

$$\text{M} \cdot \text{L} \cdot \text{T}^{-2} \cdot \text{T} = \text{M} \cdot \text{L} \cdot \text{T}^{-1}$$

L'equació dimensional resultant és la corresponent a la quantitat de moviment. Per tan la resposta correcta és la b) Quantitat de moviment.

20. Donada l'expressió $\rho g h$, on ρ és la densitat, g l'acceleració de la gravetat, i h l'altura, trobeu-ne l'equació dimensional i trieu en conseqüència la magnitud a la qual correspon d'entre les següents:

a) Massa



b) Treball

c) Velocitat

d) Pressió

Les equacions dimensionals de la densitat i l'acceleració són:

Densitat: $M \cdot L^{-3}$

Acceleració: $L \cdot T^{-2}$

Multipliquem les dues equacions dimensionals entre elles i per la de longitud (altura) per veure quina equació dimensional resulta:

$$M \cdot L^{-3} \cdot L \cdot T^{-2} \cdot L = M \cdot L^{-1} \cdot T^{-2}$$

L'equació resultant correspon a pascals. Per tan la resposta correcta és la d) Pressió.

21. Quina magnitud representa l'expressió $\frac{p^2}{2m}$, on p és la quantitat de moviment i m la massa? Deduïu-la efectuant la seva equació de dimensions.

$$\frac{p^2}{2m} \rightarrow \frac{(M L T^{-1})^2}{M} = \frac{M^2 L^2 T^{-2}}{M} = M L^2 T^{-2}$$

L'expressió $\frac{p^2}{2m}$ representa l'energia.

22. Digueu quina és la sensibilitat dels aparells amb què s'han fet les mesures següents: 120 cm^3 , $1,2 \cdot 10^2 \text{ cm}^3$, $1,120 \text{ cm}^3$.

$120 \text{ cm}^3 \rightarrow 1 \text{ cm}^3$, o bé 10 cm^3

$1,2 \cdot 10^2 \text{ cm}^3 \rightarrow 0,1 \cdot 10^2 \text{ cm}^3$, o bé $0,2 \cdot 10^2 \text{ cm}^3$

$1,120 \text{ cm}^3 \rightarrow 0,001 \text{ cm}^3$

23. Suposeu que mesurem 12 cm^3 d'un líquid amb instruments de sensibilitat 1 cm^3 i $0,1 \text{ cm}^3$, respectivament. Expressau el resultat de la mesura amb el nombre correcte de xifres significatives. Quin dels dos aparells és més precís? Raoneu la resposta.

Instrument sensibilitat 1 cm^3 : $V = 12 \text{ cm}^3$

Instrument sensibilitat $0,1 \text{ cm}^3$: $V = 12,0 \text{ cm}^3$

És més precís el segon instrument perquè té una sensibilitat més petita i permet apreciar volums més petits.

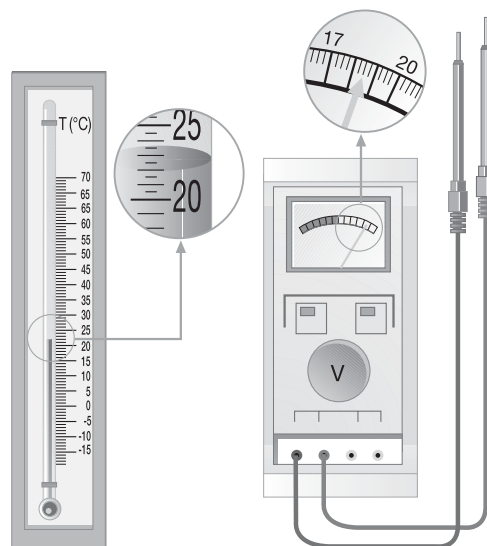
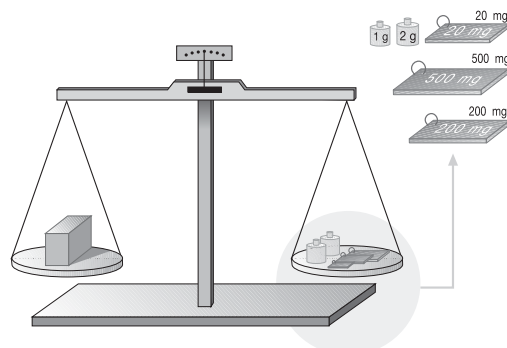
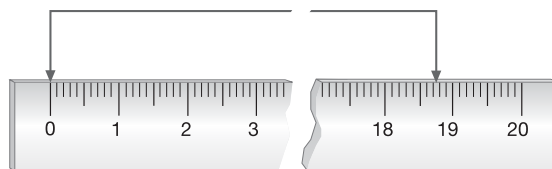
24. Expressau la quantitat 140 cm^3 en dm^3 , en m^3 i en mm^3 , mantenint el mateix nombre de xifres significatives.

$$140 \text{ cm}^3 \cdot \frac{1 \text{ dm}^3}{10^3 \text{ cm}^3} = 0,140 \text{ dm}^3$$

$$140 \text{ cm}^3 \cdot \frac{1 \text{ m}^3}{10^6 \text{ cm}^3} = 1,40 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$140 \text{ cm}^3 \cdot \frac{10^3 \text{ mm}^3}{1 \text{ cm}^3} = 1,40 \cdot 10^5 \text{ mm}^3$$

25. De les figures següents, indiqueu quina magnitud física s'ha mesurat, quin aparell s'ha emprat i escriviu els resultats de les mesures amb el seu error absolut i relatiu:



- a) Magnitud: longitud.

Aparell: regla.

Mesura: $l = (18,7 \pm 0,1) \text{ cm} = 18,7 \text{ cm} \pm 5,3 \%$

$$\left(e_r = \frac{0,1}{18,7} \cdot 100 = 5,3 \% \right)$$

- b) Magnitud: massa.

Aparell: balança.

Mesura: $m = (3,72 \pm 0,02) \text{ g} = 3,72 \text{ g} \pm 0,5 \%$

$$\left(e_r = \frac{0,02}{3,72} \cdot 100 = 0,5 \% \right)$$

- c) Magnitud: temperatura.

Aparell: termòmetre.

Mesura: $T = (22,0 \pm 0,5) ^\circ\text{C} = 22,0 ^\circ\text{C} \pm 2,3 \%$

$$\left(e_r = \frac{0,5}{22,0} \cdot 100 = 2,3 \% \right)$$



d) Magnitud: diferència de potencial.

Aparell: voltímetre.

Mesura: $V = (18,5 \pm 0,25)$ $V = 18,5 \text{ V} \pm 1,4 \%$

$$\left(e_r = \frac{0,25}{18,5} \cdot 100 = 1,4 \% \right)$$

26. El nombre π utilitzat en matemàtiques val, aproximadament en mil·lèsimes, 3,141. Si en un problema agafem un valor de 3,14, quin és l'error absolut i quin és l'error relatiu?

$$e_a = |3,14 - 3,141| = 0,001$$

$$e_r = \frac{0,001}{3,14} \cdot 100 = 0,032 \%$$

27. Amb una cinta mètrica que té deu divisions entre cada centímetre, s'han fet algunes mesures de diferents objectes, expressades de la manera següent: 17,453 cm, 13,8 mm, 4 cm, 15 m, 15,35 cm.

Raoneu quines d'aquestes expressions són correctes, i escribiu correctament les que no ho són.

Com que té 10 divisions entre cada cm, la sensibilitat (error instrumental) val $1 \text{ mm} = 0,1 \text{ cm}$. Per tant:

■ 17,453 cm → Incorrecta.

Expressió correcta: 17,4 cm

■ 13,8 mm → Incorrecta.

Expressió correcta: 13 mm

■ 4 cm → Incorrecta.

Expressió correcta: 4,0 cm

■ 15 m → Incorrecta.

Expressió correcta: 15,000 m

■ 15,35 cm → Incorrecta.

Expressió correcta: 15,3 cm

28. Una alumna mesura un volum de 10 cm^3 d'aigua amb una pipeta graduada en cm^3 i amb deu divisions entre cada cm^3 . Raoneu com s'expressarà el resultat de la mesura.

Com que la pipeta té 10 divisions entre cada cm^3 , la sensibilitat és de $0,1 \text{ cm}^3$. Per tant, el resultat de la mesura és:

$$V = (10,0 \pm 0,1) \text{ cm}^3$$

29. El valor de la gravetat en un punt de la Terra és de $9,81 \text{ m/s}^2$. Si fem servir el valor aproximat 10, quin error absolut i quin error relatiu tenim associat?

$$e_a = |10 - 9,81| = 0,19 \text{ m/s}^2$$

$$e_r = \frac{0,19}{9,81} \cdot 100 = 1,94 \%$$

30. Una balança té una càrrega màxima de 100 g i aprecia el mil·ligram. Calculeu l'error absolut i el relatiu de les pesades següents: 20 g, 10 g, 5 dg, 4 cg, 3 mg.

$e_a = 0,001 \text{ g}$, en tots els casos.

$$\blacksquare \frac{0,001}{20} \cdot 100 = 5 \cdot 10^{-3} \%$$

$$\blacksquare \frac{0,001}{10} \cdot 100 = 0,01 \%$$

$$\blacksquare \frac{0,001}{0,5} \cdot 100 = 0,2 \%$$

$$\blacksquare \frac{0,001}{0,04} \cdot 100 = 2,5 \%$$

$$\blacksquare \frac{0,001}{0,003} \cdot 100 = 33,3 \%$$

31. [Curs 03-04] Supposeu que s'han mesurat les distàncies de la Terra al Sol (R_{TS}) i de Mart al Sol (R_{MS}), i que els resultats obtinguts són $R_{TS} = (1,5 \pm 0,4) \cdot 10^8 \text{ km}$, $R_{MS} = (22,8 \pm 0,4) \cdot 10^8 \text{ km}$. Quina mesura és més precisa? Raoneu-ne la resposta.

$$\left\{ \begin{array}{l} R_{TS}: E_r = \frac{0,4}{1,5} \cdot 100 = 26,7 \% \\ R_{MS}: E_r = \frac{0,4}{22,8} \cdot 100 = 1,8 \% \end{array} \right.$$

És més precisa la mesura de R_{MS} , perquè té un error relatiu més petit, 1,8.

32. Per a les mesures de longitud següents i els seus errors, justifiqueu quina és la més precisa:

$(4,3 \pm 0,4) \text{ cm}$, $(51 \pm 1) \text{ km}$,

$(15,5 \pm 0,5) \text{ m}$, $(2,4 \pm 0,1) \text{ mm}$

Per comprovar quines de les mesures és la més precisa hem de comparar els seus errors relatius.

$$e_r = \frac{0,4}{4,3} \cdot 100 = 9,30 \%$$

$$e_r = \frac{1}{51} \cdot 100 = 1,96 \%$$

$$e_r = \frac{0,5}{15,5} \cdot 100 = 3,23 \%$$

$$e_r = \frac{0,1}{2,4} \cdot 100 = 4,17 \%$$

La mesura més precisa serà la (51 ± 1) ja que té un error relatiu més petit que les altres tot i tenir un error absolut més gran.

33. Amb un peu de rei hem efectuat diverses mesures del diàmetre d'un conductor elèctric de coure, tot obtenint els resultats següents expressats en cm: 2,23; 2,25; 2,21; 2,23; 2,24; 2,26; 2,24; 2,22.

Calculeu els errors absolut i relatiu, i doneu el resultat de la mesura tenint en compte aquests errors.



$$\bar{d} = \frac{2,21 + 2,22 + 2,23 + 2,23 + 2,24 + 2,24 + 2,25 + 2,26}{8} =$$

$$= 2,24 \text{ cm}$$

$$e_a = |2,24 - 2,21| = 0,03 \text{ cm}$$

$$e_r = \frac{0,03}{2,24} \cdot 100 = 1,3 \%$$

$$d = (2,24 \pm 0,03) \text{ cm} = 2,24 \text{ cm} \pm 1,3 \%$$

34. La massa d'un cos petit s'ha mesurat per sis persones diferents amb una balança de precisió. Els valors que han obtingut, expressats en g, són els següents: 1,34; 1,36; 1,33; 1,33; 1,35; 1,37. Com hem de donar el valor de la mesura, tant amb un error absolut com amb error relatiu?

$$\bar{m} = \frac{1,33 + 1,33 + 1,34 + 1,35 + 1,36 + 1,37}{6} = 1,35 \text{ g}$$

$$e_a = |1,35 - 1,37| = 0,02 \text{ g}$$

$$e_r = \frac{0,02}{1,35} \cdot 100 = 1,5 \%$$

$$m = (1,35 \pm 0,02) \text{ g} = 1,35 \text{ g} \pm 1,5 \%$$

35. [Curs 00-01] S'ha mesurat el temps de caiguda de tres pedres per un precipici amb un cronòmetre manual i s'hi han llegit els valors: $t_1 = 3,42 \text{ s}$, $t_2 = 3,50 \text{ s}$, $t_3 = 3,57 \text{ s}$. Quin és el resultat d'aquesta mesura de t ? Expressa-lo com: (valor de t) $\pm$ (incertesa de t).

Busquem el valor mitjà de temps:

$$\bar{t} = \frac{3,42 + 3,50 + 3,57}{3} = 3,50$$

Calculem l'error particular associat als valors de mesura més petit i més gran:

$$e_1 = |3,42 - 3,50| = 0,08$$

$$e_3 = |3,57 - 3,50| = 0,07$$

L'error absolut és el valor més gran dels dos valors anteriors:

$$e_a = \max\{0,08; 0,07\} = 0,08$$

Aquest serà el valor de la incertesa i donarem el resultat amb la mateixa precisió que la incertesa. Per tant:

$$t = (3,50 \pm 0,08) \text{ s}$$

36. Un grup de vuit alumnes han mesurat, amb una balança de braços iguals i cada un per separat, la massa d'una mostra de mineral i han obtingut els valors següents expressats en grams: 12,43, 12,45, 12,44, 14,32, 12,43, 12,44, 12,42, 12,45.

Algú ha efectuat una mesura errònia?

$$14,32.$$

Si s'han de posar d'acord per donar un valor per a la massa de la mostra mesurada, quin serà?

$$(12,44 \pm 0,02) \text{ g}$$

37. Per tal de mesurar la velocitat angular d'una roda, deu alumnes han mesurat alhora, amb sengles cronòmetres, el temps que aquesta roda triga a fer 5 voltes i han obtingut els valors següents, expressats en s: 14,34; 14,25; 14,31; 14,29; 14,32; 14,31; 14,33; 14,29; 14,32; 14,30. Quin valor han d'assignar a la mesura?

El valor que hem d'assignar a la mesura és la mitjana dels valors obtinguts pels diferents alumnes:

$$\bar{t} = \frac{14,34 + 14,25 + 14,31 + 14,29 + 14,32 + 14,31 + 14,33 + 14,29 + 14,32 + 14,30}{10} = 14,31 \text{ s}$$

Ara calculem l'error relatiu i l'error absolut:

$$e_a = |14,31 - 14,25| = 0,06 \text{ s}$$

$$e_r = \frac{0,06}{14,31} = 0,004 = 0,4 \%$$

El valor de la mesura serà doncs:

$$t = (14,31 \pm 0,06) \text{ s} = 14,31 \text{ s} \pm 0,4 \%$$

38. La massa d'un cos petit l'han mesurada sis persones diferents amb una balança de precisió. Els valors obtinguts, expressats en grams, són: 1,34, 1,36, 1,33, 1,33, 1,35, 1,37. Quin és el valor de la mesura, tant amb error absolut com amb error relatiu?

$$\bar{m} = \frac{1,33 + 1,33 + 1,34 + 1,35 + 1,36 + 1,37}{6} = 1,35 \text{ g}$$

$$e_a = |1,35 - 1,37| = 0,02 \text{ g}$$

$$e_r = \frac{0,02}{1,35} \cdot 100 = 1,5 \%$$

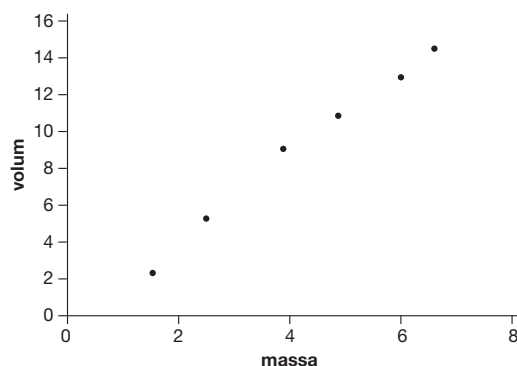
$$m = (1,35 \pm 0,02) \text{ g} = 1,35 \text{ g} \pm 1,5 \%$$

39. Per tal de determinar la densitat d'un mineral hem mesurat la massa i el volum de 6 mostres del mineral, i hem obtingut els valors següents:

$m \text{ (g)}$	2,70	5,15	8,93	10,62	12,7	14,24
$V \text{ (cm}^3\text{)}$	1,2	2,3	3,9	4,7	5,6	6,3

- a) Representeu gràficament les masses en abscisses i els volums en ordenades. Què se n'obté?

Representem les parelles de valors i observem que formen aproximadament una recta.





b) Podem establir una relació matemàtica entre la massa i el volum? En cas afirmatiu, quina?

Com que formen una recta podem dir que la massa i el volum són proporcionals. Per tant hem de trobar la raó de proporció dividint la massa entre el volum, que és la fórmula de la densitat.

c) Doneu el valor de la densitat del mineral amb 3 xifres significatives i amb el seu error.

Primer calcularem la densitat de cada parella de valors amb l'ajuda d'una taula:

m (g)	2,70	5,15	8,93	10,62	12,7	14,24
V (cm ³)	1,2	2,3	3,9	4,7	5,6	6,3
d (g·cm ⁻³)	0,444	0,447	0,437	0,443	0,441	0,442

$$\bar{d} = \frac{0,444 + 0,447 + 0,437 + 0,443 + 0,441 + 0,442}{6} =$$

$$= 0,442 \text{ g/cm}^3$$

$$e_a = |0,442 - 0,447| = 0,005 \text{ g/cm}^3$$

$$e_r = \frac{0,005}{0,442} \cdot 100 = 1,04 \%$$

La densitat del material serà:

$$d = (0,442 \pm 0,005) \text{ g/cm}^3 =$$

$$= 0,442 \text{ g/cm}^3 + 1,04 \%$$