



## DOMANDE SUI CONCETTI

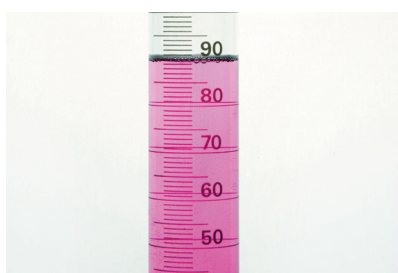
**1** Un orologio atomico compie un errore di un secondo ogni milione di anni. Calcola l'anticipo, o il ritardo, di un simile orologio che avesse cominciato a funzionare quando ha avuto origine il Sistema Solare.

**2** Completa la tabella.

Strumento	A = analogico D = digitale	Portata	Sensibilità
Bilancia pesapersona	A, D		
Orologio del telefono	D		
Righello	A		
Contatore del gas	D		
Metro da sarta			
Cronometro			
Tachimetro del motorino			
Termometro a mercurio			
Bicchiere graduato da cucina			

**3** Indica la portata e la sensibilità del cilindro della figura, tarato in centimetri cubi.

[100 cm<sup>3</sup>; 1 cm<sup>3</sup>]



**4** Chiedi a cinque persone di misurare la lunghezza di un tavolo con un righello.

► Riporta le misure nella tabella.

Nome	Valore (m)

► Quali errori sono stati commessi?

► Che cosa si potrebbe fare per ridurre gli errori?

**5** Un orologio va avanti di 10 min al giorno. Quale errore si compie misurando con questo orologio, subito dopo averlo regolato, una durata di 3 h? Si tratta di un errore sistematico o casuale?

**6** Cosa potrebbe succedere se per misurare i tempi di una gara olimpionica dei 100 m utilizzassimo un cronometro con una sensibilità di 1 s?

**7** Qual è l'unità di misura dell'incertezza relativa su una rilevazione di un intervallo di tempo? E di una lunghezza?

**8** Perché la precisione con cui conosciamo una grandezza ottenuta come prodotto, o quoziente, è sempre minore di quella con cui conosciamo i valori misurati direttamente?

## ESERCIZI

- 9** Esegui le seguenti operazioni, facendo in modo che le cifre significative del risultato siano corrette:
- ▶  $2 \times (6,4 \text{ s})$ ;
  - ▶  $(15,8 \text{ m}^2) : (4,756 \text{ m})$ ;
  - ▶  $12,2 \text{ kg} + 3,37 \text{ kg}$ .
- 10** Quando si effettua la somma tra due grandezze con due cifre significative, il risultato ha sempre due cifre significative?
- 11** Fai una stima dell'ordine di grandezza della lunghezza in metri di ciascuno dei seguenti oggetti:
- ▶ la tua borsa di scuola;
  - ▶ il tuo braccio;
  - ▶ la torre Eiffel.
- 12** Calcola l'ordine di grandezza del numero dei respiri da quando sei nato.  
(Suggerimento: quanti respiri fai al minuto?)

## PROBLEMI

### 2 L'INCERTEZZA DELLE MISURE

- 1** ★★★ Per controllare il funzionamento di una bilancia misuri più volte una massa il cui valore ti è già noto ed è di 50,00 g. I risultati delle misure sono: 51,02 g; 51,00 g; 50,98 g.
- ▶ Da quali errori sono affette le misure?
- 2** ★★★ La massa delle confezioni ortofruitticole dal «peso meccanicamente predeterminato» è garantita all'origine dal produttore. Esamina un sacco di arance che ha una massa dichiarata di 2 kg. Con la bilancia del supermercato, di sensibilità 1 g, verifichi la massa di diverse confezioni di quelle arance e ottieni i seguenti risultati: 2,050 kg, 2,005 kg, 1,980 kg, 1,970 kg.
- ▶ Sulla base dei dati raccolti ritieni che la bilancia del produttore sia tarata male? Motiva la risposta.


### 3 IL VALORE MEDIO E L'INCERTEZZA

- 3** ★★★ Una pallina di gomma viene lasciata cadere da un'altezza di 2 m. Un gruppo di studenti misura con un cronometro l'intervallo di tempo che la pallina impiega ad arrivare a terra. Ecco i valori trovati:

Misura	Valore (s)
1	0,75
2	0,57
3	0,69
4	0,48
5	0,82
6	0,55
7	0,65
8	0,62
9	0,59
10	0,42

- ▶ Calcola il valore medio e l'errore massimo delle misure.
- ▶ La sensibilità del cronometro è 0,01 s. Come esprimi in modo corretto il risultato della misura?

[0,61 s; 0,20 s;  $(0,6 \pm 0,2) \text{ s}$ ]

- 4**  ★★★ Consider the values of the measurement obtained in the exercise number 3.
- ▶ Find the relative and the percent error.
- 5** ★★★ La misura del periodo di oscillazione di un pendolo ha dato come risultato 15,0 s con un errore percentuale del 4%.
- ▶ Calcola l'errore della misura.
  - ▶ La sensibilità del cronometro utilizzato è di 0,3 s. Come puoi scrivere il risultato?

[0,6 s;  $(15,0 \pm 0,6) \text{ s}$ ]

**6** Con il righello si misura ripetutamente la lunghezza di una corda, ottenendo i seguenti risultati: 3,84 m; 3,79 m; 3,85 m; 3,76 m; 3,80 m; 3,86 m; 3,80 m; 3,78 m.

- ▶ Qual è il valore medio di queste misure?
- ▶ Calcola l'errore massimo.
- ▶ Quanto valgono l'errore relativo e l'errore percentuale?
- ▶ Come deve essere scritto il risultato della misura?

[3,81 m; 0,05 m; 0,01; 1%; (3,81 ± 0,05) m]

**7** Una tua amica misura la lunghezza dell'aula e comunica il risultato dicendo: «la lunghezza dell'aula è compresa fra 890 e 900 cm.»

- ▶ Qual è l'incertezza associata alla misura?
- ▶ Quanto vale l'incertezza percentuale della misura?

[5 cm; 0,6 %]

#### 4 L'INCERTEZZA DELLE MISURE INDIRETTE

**8** Le lunghezze dei lati di un tavolo sono

★★★

(15,4 ± 0,1) cm e (10,7 ± 0,1) cm.

- ▶ Calcola il valore più plausibile del semiperimetro e la corrispondente incertezza.

[(26,1 ± 0,2) × 10<sup>-2</sup> m]

**9** La lunghezza del lato di un blocco quadrato di alluminio è (12,1 ± 0,1) cm.

★★★

- ▶ Calcola il valore più plausibile dell'area e la corrispondente incertezza.

[(146 ± 2) × 10<sup>-4</sup> m<sup>2</sup>]

**10** Le misure sperimentali dei lati di un parallelepipedo sono  $a = (5,4 ± 0,1)$  cm,  $b = (7,9 ± 0,1)$  cm e  $c = (11,7 ± 0,1)$  cm.

★★★

- ▶ Qual è il valore più plausibile del volume del parallelepipedo?
- ▶ Calcola la corrispondente incertezza.

[(5,0 ± 0,2) × 10<sup>-4</sup> m<sup>3</sup>]

**11** L'escursione termica giornaliera è la differenza tra la temperatura massima e quella minima registrate nella giornata. Misuri le due temperature e ottieni rispettivamente i valori di (8,0 ± 0,2)°C e (25,4 ± 0,2)°C.

★★★

- ▶ Calcola l'escursione termica con la sua incertezza.

[(17,4 ± 0,4) °C]

**12** Per conoscere il volume di un sasso, lo immergi in un cilindro graduato in cui hai già versato (30 ± 1) mL di acqua. Il livello dell'acqua sale fino a un volume totale di (37 ± 1) mL.

★★★

- ▶ Calcola il volume dell'acqua con la corrispondente incertezza.
- ▶ Calcola l'incertezza relativa.
- ▶ Confrontalo con l'incertezza relativa sui volumi corrispondenti ai due livelli raggiunti dall'acqua.

[(7 ± 2) mL; 0,3; 0,03]

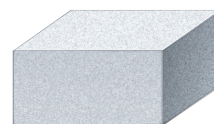
#### 13 PROBLEMA SVOLTO

★★★

Per calcolare la densità di un blocchetto di granito misuriamo la sua massa, che risulta  $m = (2,35 ± 0,03)$  kg, e il suo volume, che risulta  $V = (8,62 ± 0,07) × 10^{-4}$  m<sup>3</sup>.

- ▶ Calcola il valore sperimentale  $\bar{d}$  della densità così ottenuto.
- ▶ Calcola l'incertezza  $\Delta d$  su tale valore.
- ▶ Esprimi il risultato della misura in maniera corretta.

$m = (2,35 ± 0,03)$  kg  
 $v = (8,62 ± 0,07) × 10^{-4}$  m<sup>3</sup>



$\bar{d} = ?$   
 $\Delta d = ?$

	Grandezze	Simboli	Valori	Commenti
Dati	Massa	$m$	2,35 kg	
	Incertezza sulla massa	$\Delta m$	0,03 kg	
	Volume	$V$	$8,62 \times 10^{-4} \text{ m}^3$	
	Incertezza sul volume	$\Delta V$	$0,07 \times 10^{-4} \text{ m}^3$	
Incognite	Densità	$\bar{d}$	?	Valore sperimentale
	Incertezza sulla densità	$\Delta d$	?	

## Strategia

- La densità è data dalla formula  $d = m/V$ .
- La densità è un quoziente tra due valori. Quindi si calcola prima l'incertezza relativa su  $d$  con la formula  $\frac{\Delta(a/b)}{a/b} = \frac{\Delta a}{a} + \frac{\Delta b}{b}$  e da questo si ricava l'incertezza  $\Delta d$ .

## Soluzione

- Il valore sperimentale della densità è dato dalla formula  $d = m/V$ :

$$\bar{d} = \frac{\bar{m}}{\bar{V}} = \frac{2,35 \text{ kg}}{8,62 \times 10^{-4} \text{ m}^3} = 2,726 \times 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

- L'incertezza relativa per la densità si calcola con la formula precedente con  $a = m$  e  $b = V$ :

$$\frac{\Delta d}{\bar{d}} = \frac{\Delta m}{\bar{m}} + \frac{\Delta V}{\bar{V}} = \frac{0,03 \text{ kg}}{2,35 \text{ kg}} + \frac{0,07 \times 10^{-4} \text{ m}^3}{8,62 \times 10^{-4} \text{ m}^3} = 0,013 + 0,008 = 0,021$$

- Per isolare  $\Delta d$  si moltiplicano il primo e l'ultimo passaggio del calcolo precedente per  $\bar{d}$ :

$$\Delta d = 0,021 \times \bar{d} = 0,021 \times \left( 2,726 \times 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) = 0,057 \times 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

## Discussione

Visto che l'incertezza cade già sulla seconda cifra dopo la virgola, non ha senso scrivere il risultato dell'esperimento con tre decimali. La maniera corretta per esprimere il risultato ottenuto è:

$$d = (2,73 \pm 0,06) \times 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}.$$

- 14** ★★★ Un cubetto di alluminio viene utilizzato per costruire un dado da incastro. La lunghezza del lato del dado è  $(3,05 \pm 0,05)$  cm. La densità dell'alluminio vale  $(2960 \pm 60)$  kg/m<sup>3</sup>.

- ▶ Calcola il valore della massa del dado.
- ▶ Calcola la sua incertezza.
- ▶ Esprimi correttamente il risultato ottenuto.

$$[84 \times 10^{-3} \text{ kg}; 6 \times 10^{-3} \text{ kg}; (84 \pm 6) \times 10^{-3} \text{ kg}]$$

## 5 LE CIFRE SIGNIFICATIVE

- 15** Inserisci il numero di cifre significative.

Numero	Cifre significative
0,001	1
1000	
1350	
10,010	
0,0100	

**16** Scrivi i numeri in forma decimale arrotondando al numero di cifre significative indicato.

Numero	Cifre significative	Numero decimale
$\pi$	4	3,142
$1/3$	3	
$7/3$	3	
$7/6$	4	
$1/153$	2	

**17** Esegui le operazioni scrivendo il risultato con il numero di cifre significative corretto.

- ▶  $2 \times \pi \times 5,0$  cm [31 cm]
- ▶  $65,3$  cm  $-$   $5,3$  cm [60,0 cm]
- ▶  $39,0 : (5 \text{ cm}^3/\text{g})$  [8 g/cm<sup>3</sup>]
- ▶  $32,32$  m  $+$   $8$  cm [32,40 m]

**18**  The side of a square measures 0.135 m.

▶ Find the length of its diagonal with the correct number of significant digits.

[0.191 m]

## 6 LA NOTAZIONE SCIENTIFICA

**19** Scrivi in notazione scientifica i numeri nella tabella e indicane l'ordine di grandezza.

Grandezza	Valore	Notazione scientifica	Ordine di grandezza
Raggio equatoriale della Terra	6370 km	$6,37 \times 10^3$ km	$10^4$ km
Altezza del monte Everest	8848 m		
Velocità di una tartaruga	0,076 m/s		
Massa di una balena	178000 kg		
Diametro della molecola di DNA	0,000000002 m		
Numero di secondi in un anno (365 giorni)	31 536 000 s		

## 20 PROBLEMA SVOLTO

★★★

▶ Calcola l'ordine di grandezza del numero di battiti cardiaci da quando sei nato. (Suggerimento: quanti battiti fa il tuo cuore al minuto?)

	Grandezze	Simboli	Valori	Commenti
<b>Dati</b>	Età		14-15 anni	
	Battiti cardiaci al minuto		da 60 a 140	
<b>Incognite</b>	Battiti cardiaci al minuto		?	Valore sperimentale

### ■ Strategia

- In età e condizioni diverse, le persone possono avere da 60 a 140 battiti al minuto. Nell'ordine di grandezza:  $10^2$  battiti al minuto.
- Uno studente ha un'età che è dell'ordine di grandezza di  $10^1 = 10$  anni.

## Soluzione

• Il numero di minuti in un anno (365 d) è:  $365 \frac{\text{d}}{\text{a}} \times 24 \frac{\text{h}}{\text{d}} \times 60 \frac{\text{min}}{\text{h}} = 525\,600 \text{ min}$

• L'ordine di grandezza del risultato ottenuto è:  $10^6 \text{ min}$

• Il risultato cercato è il prodotto di tre ordini di grandezza: dell'età, del numero di minuti in un anno, dei battiti per minuto.

$$\begin{array}{c} \text{età in anni} \quad \text{minuti in un anno} \\ \text{ } \quad \quad \quad \text{ } \\ 10^1 \times 10^6 \times 10^2 = 10^9 \\ \text{ } \quad \quad \quad \text{battiti al minuto} \end{array}$$

## Discussione

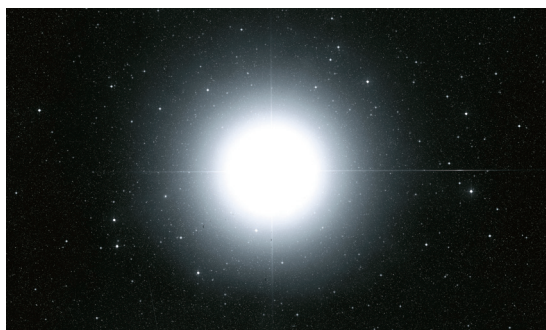
Un lattante può avere fino a 140 battiti al minuto, un bambino ne può avere 100-120, un adulto 60-70. Se assumiamo una media di 100 battiti cardiaci al minuto, per una persona di 15 anni possiamo calcolare un numero di battiti pari a

$$\underbrace{15 \times 365 \times 24 \times 60 \times 100}_{\text{numero di minuti}} = 788\,400\,000.$$

L'ordine di grandezza di questo numero è in accordo con il risultato precedente.

**21** In astronomia, le distanze si esprimono spesso in **★****★****★** *parsec* ( $1 \text{ pc} = 3,0857 \times 10^{16} \text{ m}$ ). La stella Sirio si trova a una distanza di 2,690 pc dal Sistema Solare.

► Qual è il valore in metri di questa lunghezza?  
[ $8,301 \times 10^{16} \text{ m}$ ]



Davide De Martin/Espresso/Alamy

**22** **★****★****★** Scientists think that the Universe began to exist approximately  $10^{10}$  years ago.

► Express the numerical value of this time in seconds.

[ $3 \times 10^{17} \text{ s}$ ]

**23** **★****★****★** La massa del Sole è  $M = 1,99 \times 10^{30} \text{ kg}$  e la massa di un protone è  $m = 1,673 \times 10^{-27} \text{ kg}$ .

► Qual è l'ordine di grandezza del rapporto  $M/m$ ?  
[ $10^{57}$ ]

**24** **★****★****★** La massa della Terra vale  $5,9742 \times 10^{24} \text{ kg}$  e quella della Luna è  $7,37 \times 10^{22} \text{ kg}$ .

► Determina la massa totale del sistema Terra-Luna.

[ $6,0479 \times 10^{24} \text{ kg}$ ]

**25** **★****★****★** Un container per il trasporto delle merci, che ha un volume di  $3,83 \times 10^7 \text{ cm}^3$  e una massa di  $2,45 \times 10^6 \text{ g}$ , viene riempito con  $1,525 \times 10^7 \text{ g}$  di merce.

► Calcola la densità media del container in  $\text{g/cm}^3$ .

[ $4,62 \times 10^{-1} \text{ g/cm}^3$ ]

## PROBLEMI GENERALI

**1** **★****★****★** Un gruppo di studenti misura otto volte l'intervallo di tempo impiegato da un pendolo per compiere un'oscillazione completa. Il cronometro utilizzato ha una sensibilità di 0,1 s.

Le misure ottenute sono:

Misura	Valore (s)
1	25,8
2	24,0
3	21,0
4	23,2
5	23,8
6	23,0
7	20,2
8	20,8

► Calcola il valore medio e l'errore massimo delle misure.

► Esprimi il risultato della misura con il corretto numero di cifre significative.

► Calcola l'errore percentuale.

[22,7 s; 2,8 s;  $23 \pm 3$  s; 12%]

**2** ★★★ Durante un rilievo topografico la misura del lato maggiore di un appezzamento rettangolare di terreno ha fornito il valore  $(90,8 \pm 0,3)$  m. Il fosso che corre lungo due lati consecutivi del terreno è lungo  $(150,2 \pm 0,5)$  m.

► Calcola il valore più plausibile per la lunghezza del lato minore e l'incertezza corrispondente.

► Calcola l'area dell'appezzamento.

► Calcola l'incertezza percentuale associata all'area.

[ $(59,4 \pm 0,8)$  m;  $5,39 \times 10^3$  m<sup>2</sup>; 1,7%]

**3** ★★★ Il raggio del pianeta Giove è  $7,14 \times 10^7$  m, e la sua massa vale  $1,900 \times 10^{27}$  kg.

► Calcola l'area della superficie di Giove, considerandolo di forma sferica.

► Calcola la densità di Giove, considerandolo di forma sferica.

Esprimi i risultati con il corretto numero di cifre significative.

[ $6,40 \times 10^{16}$  m<sup>2</sup>;  $1,25 \times 10^3$  kg/m<sup>3</sup>]

**4** ★★★ Una cellula dell'epidermide ha un diametro medio di 0,000025 m. Una porzione di tessuto cutaneo ha un'area di 1,00 cm<sup>2</sup> ed è spessa 0,10 mm.

► Esprimi il volume di una cellula utilizzando la notazione scientifica.

► Calcola l'ordine di grandezza del numero di cellule che occupano la porzione di tessuto.

[ $8,2 \times 10^{-15}$  m<sup>3</sup>;  $1,0 \times 10^6$ ]

**5** ★★★ Gli *azulejos* sono piastrelle decorative molto usate in Portogallo per rivestire le pareti degli edifici. Supponiamo di dovere ricoprire una superficie di 24 m<sup>2</sup> con *azulejos* di forma quadrata. La misura del lato della piastrella fornisce il valore  $(15,0 \pm 0,5)$  cm.

► Calcola il numero minimo e il numero massimo di piastrelle necessarie per rivestire la parete considerando l'incertezza sperimentale.

[1000; 1143]

## QUESITI PER L'ESAME DI STATO

Rispondi ai quesiti in un massimo di 10 righe.

**1** Tra gli errori sperimentali, quali si dicono casuali e quali sistematici?

**2** Come è definito il valore medio di una serie di misure? Qual è il suo significato?

**3** Come si determinano le cifre significative con cui è scritto il risultato di una misura o di un calcolo?

## STUDY ABROAD

**1** A teacher measures and records her own mass to an accuracy of better than  $\frac{1}{2}$  percent. Which of the following is most likely the mass that she recorded?

A 6,43 kg

B 60 kg

C 64,3 kg

D 600 kg

E 643 kg

(Scholastic Aptitude Test (SAT), USA)