



DOMANDE SUI CONCETTI

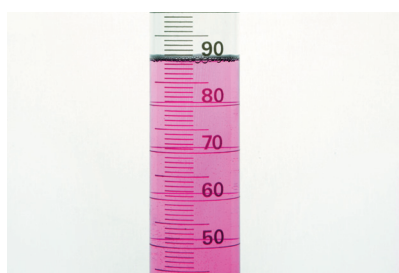
1 Un orologio atomico compie un errore di un secondo ogni milione di anni. Calcola l'anticipo, o il ritardo, di un simile orologio che avesse cominciato a funzionare quando ha avuto origine il Sistema Solare.

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 cm³; 1 cm³]



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; $(0,6 \pm 0,2)$ s]

- 4**  ★★★ Consider the values of the measurement obtained in the exercise number 3.

- ▶ Find the relative and the percent error.

[0.33; 33%]

- 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; $(15,0 \pm 0,6)$ 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) × 10⁻² 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) × 10⁻⁴ m²]

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

★★★

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

[(5,0 ± 0,2) × 10⁻⁴ m³]

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]

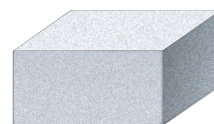
13 PROBLEMA SVOLTO

★★★

Per calcolare la densità di un blocchetto di granito misuriamo la sua massa, che risulta $m = (2,35 \pm 0,03)$ kg, e il suo volume, che risulta $V = (8,62 \pm 0,07) \times 10^{-4}$ m³.

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

$m = (2,35 \pm 0,03)$ kg
 $v = (8,62 \pm 0,07) \times 10^{-4}$ m³



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

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

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 Δd .

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 Δd 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 ± 60) kg/m³.

- ▶ 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
π	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.

- ▶ $2 \times \pi \times 5,0 \text{ cm}$ [31 cm]
 ▶ $65,3 \text{ cm} - 5,3 \text{ cm}$ [60,0 cm]
 ▶ $39,0 : (5 \text{ cm}^3/\text{g})$ [8 g/cm³]
 ▶ $32,32 \text{ m} + 8 \text{ cm}$ [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	$6,37 \times 10^3 \text{ km}$	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
Dati	Età		14-15 anni	
	Battiti cardiaci al minuto		da 60 a 140	
Incognite	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: $365 \frac{\text{d}}{\text{anno}} \times 24 \frac{\text{h}}{\text{d}} \times 60 \frac{\text{min}}{\text{h}} = 525\,600 \text{ min}$

• L'ordine di grandezza del risultato ottenuto è: 10^6 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.

$$\begin{array}{ccc} \text{età in anni} & & \text{minuti in un anno} \\ & \underbrace{\hspace{10em}} & \\ & 10^1 \times 10^6 \times 10^2 = 10^9 & \\ & & \underbrace{\hspace{10em}} \\ & & \text{battiti al minuto} \end{array}$$

■ 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

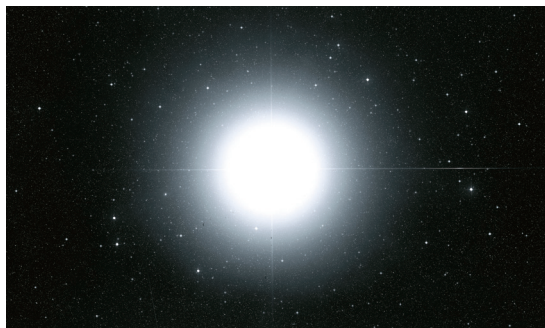
$$\underbrace{15 \times 365 \times 24 \times 60 \times 100}_{\text{numero di minuti}} = 788\,400\,000.$$

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 pc = $3,0857 \times 10^{16}$ 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 $M = 1,99 \times 10^{30}$ kg e la massa di un protone è $m = 1,673 \times 10^{-27}$ kg.

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

24 La massa della Terra vale $5,9742 \times 10^{24}$ kg e quella della Luna è $7,37 \times 10^{22}$ 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 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 ± 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; $5,39 \times 10^3$ m²; 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.

[$6,40 \times 10^{16}$ m²; $1,25 \times 10^3$ kg/m³]

4 ★★★ Una cellula dell'epidermide ha un diametro medio di 0,000025 m. Una porzione di tessuto cutaneo ha un'area di 1,00 cm² 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.

[$8,2 \times 10^{-15}$ m³; $1,0 \times 10^6$]

5 ★★★ Gli *azulejos* sono piastrelle decorative molto usate in Portogallo per rivestire le pareti degli edifici. Supponiamo di dovere ricoprire una superficie di 24 m² 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)