Foglio di esercizi
Conversione di unità di misura e notazione scientifica

Alessio Del Vigna

25 giugno 2022

Esercizio 1. Si eseguano le seguenti conversioni di unità di misura, specificando quale grandezza fisica viene espressa da ciascuna misura.

(i) Convertire 38700 mA in A.

(ii) Convertire 0.001302 ms in μs.

(iii) Convertire 37590 s in h.

(iv) Convertire 830.3 dam in km.

(v) Convertire 130 km/h in m/s.

(vi) Convertire 7.8 g/cm^3 in kg/m^3.

Esercizio 2. Si eseguano le seguenti conversioni di unità di misura, avendo cura di esprimere il risultato in notazione scientifica.

(i) Convertire 384000 km in m.

(ii) Convertire 2.3×10^4 s in ms.

(iii) Convertire 41.3 hm^2 in Gm^2.

Esercizio 3. L'età della Terra è di circa 4.6×10^9 y. Si esprima l'età della Terra in secondi, scrivendo il risultato per mezzo della notazione scientifica.

Esercizio 4. Il diametro di una sfera è $d = 4.2$ cm. Si calcoli il volume della sfera e si esprima il risultato in m^3 e in L.

Esercizio 5. La luce violetta di un arcobaleno ha una lunghezza d'onda $\lambda = 435$ nm.

(i) Si esprima λ in metri.

(ii) Quante lunghezze d'onda sono contenute in 1 m?

Esercizio 6. La massa e il raggio della Terra sono rispettivamente $m = 6 \times 10^{24}$ kg e $r = 6378$ km. Si calcoli la densità della Terra, esprimendola in kg/m^3.

Soluzione degli esercizi

Esercizio 1. Si eseguano le seguenti conversioni di unità di misura, specificando quale grandezza fisica viene espressa da ciascuna misura.

(i) Convertire 38700 mA in A.

(ii) Convertire 0.001302 ms in μs.

(iii) Convertire 37590 s in h.

(iv) Convertire 830.3 dam in km.

(v) Convertire 130 km/h in m/s.

(vi) Convertire 7.8 g/cm^3 in kg/m^3.

Soluzione.

(i) Si ha 38700 mA = 38.7 A. La grandezza misurata è un'intensità di corrente elettrica.

(ii) Si ha 0.001302 ms = 1.302 μs. La grandezza misurata è un intervallo di tempo.

(iii) Poiché 1 h = 3600 s si ha

$$37590 \text{ s} = 37590/3600 \text{ h} = 10.4 \text{ h}.$$

La grandezza misurata è un intervallo di tempo.

(iv) Si ha 830.3 dam = 8.033 km. La grandezza misurata è una lunghezza.

(v) Si ha

$$130 \text{ km/h} = \frac{130 \times 10^3}{3600} \text{ m/s} = 36.1 \text{ m/s}.$$

La grandezza misurata è una velocità.

(vi) Si ha

$$7.8 \text{ g/cm}^3 = \frac{7.8 \times 10^{-3}}{10^{-6}} \text{ kg/m}^3 = 7.8 \times 10^3 \text{ kg/m}^3 = 7800 \text{ kg/m}^3.$$

La grandezza misurata è una densità. □

Esercizio 2. Si eseguano le seguenti conversioni di unità di misura, avendo cura di esprimere il risultato in notazione scientifica.

(i) Convertire 384000 km in m.

(ii) Convertire 2.3×10^4 s in ms.

(iii) Convertire 41.3 hm^2 in Gm^2.

Soluzione.

(i) Si ha 384400 km = 3.844×10^5 km = 3.844×10^8 m.

(ii) Si ha 2.3×10^4 s = $2.3 \times 10^4 \times 10^3$ ms = 2.3×10^7 ms.

(iii) Si ha 41.3 hm^2 = 41.3×10^{-14} Gm^2 = 4.13×10^{-13} Gm^2. □

Esercizio 3. L'età della Terra è di circa 4.6×10^9 y. Si esprima l'età della Terra in secondi, scrivendo il risultato per mezzo della notazione scientifica.

Soluzione. Poiché 1 y = 365 day = 8750 h = 525600 min = 31536000 s segue che l'eta e della Terra è $e = 4.6 \times 10^9$ y $= 4.6 \times 10^9 \times 31536000$ s $= 145065600 \times 10^9$ s $= 1.45 \times 10^{17}$ s. □

Esercizio 4. Il diametro di una sfera è $d = 4.2$ cm. Si calcoli il volume della sfera e si esprima il risultato in m^3 e in L.

Soluzione. Il raggio della sfera misura $r = \frac{d}{2} = 2.1$ cm, pertanto il volume della sfera risulta

$$V = \frac{4}{3}\pi r^3 = \frac{4}{3}\pi \cdot 2.1^3 = 38.8 \text{ cm}^3.$$

Convertendo in m^3 si ottiene $V = 38.8 \times 10^{-6}$ m^3. Per esprimere il volume in litri ricordiamo che 1 dm^3 = 1 L, dunque $V = 38.8 \times 10^{-3}$ $dm^3 = 0.0388$ $dm^3 = 0.0388$ L. □

Esercizio 5. La luce violetta di un arcobaleno ha una lunghezza d'onda $\lambda = 435$ nm.

(i) Si esprima λ in metri.

(ii) Quante lunghezze d'onda sono contenute in 1 m?

Soluzione.

(i) Si ha $\lambda = 435$ nm $= 435 \times 10^{-9}$ m $= 4.35 \times 10^{-7}$ m.

(ii) Il numero di lunghezze d'onda contenute in 1 m è

$$\frac{1 \text{ m}}{4.35 \times 10^{-7} \text{ m}} = 2298850.$$

□

Esercizio 6. La massa e il raggio della Terra sono rispettivamente $m = 6 \times 10^{24}$ kg e $r = 6378$ km. Si calcoli la densità della Terra, esprimendola in kg/m^3.

Soluzione. La densità della Terra si calcola come rapporto tra la massa della Terra e il volume della Terra. Il volume della Terra, qui supposta sferica, è

$$V = \frac{4}{3}\pi r^3 = \frac{4}{3}\pi \cdot 6378000^3 \text{ m}^3 = 1.09 \times 10^{21} \text{ m}^3.$$

Dunque la densità della Terra è

$$d = \frac{m}{V} = \frac{6 \times 10^{24} \text{ kg}}{1.09 \times 10^{21} \text{ m}^3} = 5521 \text{ kg/m}^3.$$

□

Esercizi svolti sulla notazione scientifica

Prima di proseguire sarebbe il caso di ripassare velocemente cos'è la notazione scientifica - click!

1) Dire se i seguenti numeri sono scritti correttamente in notazione scientifica e, in caso di risposta negativa, spiegarne il motivo e scriverne la forma corretta.

$\text{a)}\ \ 1,7 \times 10^8$

$\text{b)}\ \ 0,83 \times 10^2$

$\text{c)}\ \ 7,21 \times 10^{-4}$

$\text{d)}\ \ 82,52 \times 10^4$

$\text{e)}\ \ 7,200 \times 10^3$

$\text{f)}\ \ 1,002 \times 10^{-9}$

Soluzione

In a), c) e f) la forma è corretta. Per quanto riguarda le rimanenti:

$\text{b)}\ \ 0,83 \times 10^2$ non è corretta in quanto prima della virgola abbiamo uno zero e non un numero compreso tra 1 e 9. La forma corretta è $8,3 \times 10$

$\text{d)}\ \ 82,52 \times 10^4$ non è in notazione scientifica in quanto prima della virgola abbiamo un numero maggiore di 9. Il modo corretto in cui scriverlo è $8,252 \times 10^5$

$\text{e)}\ \ 7,200 \times 10^3$ non va bene in quanto, anche se ininfluenti, non vanno scritti gli ultimi due zeri.

---

2) Scrivere i numeri proposti in notazione scientifica. (Le soluzioni sono in rosso)

$8000\ ;\ 702000000\ ;\ 0,153\ ;\ 0,000000203\ ;\ 823,25\ ;\ 138000000000000$

Soluzioni

$8 \times 10^3\ ;\ 7,02 \times 10^8\ ;\ 1,53 \times 10^{-1}\ ;\ 2,03 \times 10^{-7}\ ;\ 8,2325 \times 10^2\ ;\ 1,38 \times 10^{14}$

---

3) Dalla notazione scientifica alla notazione standard: scrivere i seguenti numeri in forma standard. (Soluzioni in blu)

$7,23 \times 10^4\ ;\ 1,5 \times 10^{-6}\ ;\ 6,231 \times 10^8\ ;\ 8,2 \times 10^{-8}\ ;\ 1,4 \times 10^{12}\ ;\ 5,02 \times 10^6$

Soluzioni

$72300\ ;\ 0,0000015\ ;\ 623100000\ ;\ 0,000000082\ ;\ 1400000000000\ ;\ 5020000$

4) Per ogni numero scegli, tra le alternative proposte, la sua giusta rappresentazione in notazione scientifica.

I) 1200000

a) 12×10^5
b) $1,2 \times 10^6$
c) $1,2 \times 10^5$
d) $0,12 \times 10^7$

II) $0,000011$

a) $1,1 \times 10^5$
b) $1,1 \times 10^{-6}$
c) $1,1 \times 10^{-5}$
d) $0,11 \times 10^{-6}$

III) 67000000000

a) $6,7 \times 10^{10}$
b) 67×10^9
c) $0,67 \times 10^{11}$
d) $6,7 \times 10^{-10}$

IV) $0,00802$

a) $8,2 \times 10^3$
b) $8,2 \times 10^{-3}$
c) $8,02 \times 10^{-3}$
d) $8,02 \times 10^3$

V) 8807000

a) $8,87 \times 10^6$
b) $8,807 \times 10^{-6}$
c) $88,07 \times 10^{-5}$
d) $8,807 \times 10^6$

VI) $16,4 \times 10^3$

a) e' gia' in notazione scientifica
b) $0,164 \times 10^2$
c) $1,64 \times 10^{-1}$
d) $1,64 \times 10^4$

VII) $8,203 \times 10^8$

a) e' gia' in notazione scientifica
b) $0,8203 \times 10^{-9}$
c) $0,8203 \times 10^7$
d) $0,8203 \times 10^{-1}$

Soluzioni

I): b) - II): c) - III): a) - IV): c) - V): d) - VI): d) - VII): a)

5) Per ognuno dei seguenti numeri scritto in notazione scientifica scegli, tra le alternative proposte, la corretta rappresentazione in forma normale.

I) $1,02 \times 10^{-3}$

a) $0,00102$
b) $0,0102$
c) 102
d) 1020

II) $8,64 \times 10^{6}$

a) 864000000
b) 86400
c) $0,000864$
d) 8640000

III) $9,203 \times 10^{8}$

a) 920300000000
b) 9203×10^{3}
c) 920300000
d) $0,000000009203$

IV) $3,05 \times 10^{-5}$

a) $0,00000305$
b) $0,0000305$
c) 30500000
d) 305000

V) $4,605 \times 10^{3}$

a) 4605
b) 46050
c) $0,004605$
d) $0,0004605$

Soluzioni

I): a) - II): d) - III): c) - IV): b) - V): a)

In caso di dubbi date un'occhiata alla lezione correlata (click sull'immagine in basso). Se non dovesse bastare utilizzate la barra di ricerca e, in caso di dubbi o problemi vari non esitate a contattarci ;)

Cos'è la notazione scientifica e a cosa serve

La notazione scientifica, o esponenziale, permette di scrivere un numero in cui compare una sequenza molto lunga di zeri in forma compatta, e si presenta nella forma:

$$\textbf{coefficiente x }\mathbf{10}^{\text{esponente}}$$

Cerchiamo di essere più precisi, e per semplicità facciamo riferimento ai numeri positivi (per quelli negativi valgono considerazioni del tutto analoghe).

Un numero è espresso in notazione scientifica se è scritto come prodotto tra:

1) un coefficiente, intero o decimale, compreso tra 1 (incluso) e 10 (escluso);

2) una potenza di 10 con esponente dato da un qualsiasi numero intero (positivo, nullo o negativo).

Esempi sulla notazione scientifica

Vediamo qualche esempio:

$1,2 \times 10^5$ è in notazione scientifica, infatti il coefficiente 1,2 è compreso tra 1 (incluso) e 10 (escluso) e non termina con zero, e l'esponente 5 è un numero intero;

$54,1 \times 10^3$ non è in notazione esponenziale, perché il coefficiente non rispetta la regola 1);

$3,7 \times 10^{1,2}$ non è in notazione scientifica, perché l'esponente non soddisfa la regola 2);

$9,99 \times 10^{-45}$ è in forma esponenziale, infatti il coefficiente rispetta la regola 1) e l'esponente soddisfa la regola 2).

Altri esempi di numeri in forma esponenziale sono:

$4,9 \times 10^5 \quad 4,991 \times 10^{-45} \quad 5,786 \times 10^{13}$

Mentre i seguenti non sono in notazione scientifica:

$6,80 \times 10^6 \quad 0,9 \times 10^{-23} \quad 17,762 \times 10^{-3}$

Livello di difficoltà: medio-basso

1.

Per ogni numero riportato di seguito individuare il corretto numero di cifre significative:

a) 1,24582

b) 2,003

c) 186,6780

d) 0,0035

e) 124000

f) 0,0000100

g) $3,5 \cdot 10^4$

h) $0,08976 \cdot 10^3$

Lo svolgimento dell'esercizio lo trovi qui: assegnare il corretto numero di cifre significative.

2.

Approssimare i numeri seguenti a due cifre significative:

a) 1,243

b) 2,004

c) 330,064

d) 0,00010

e) 0,01203

f) $0,777 \cdot 10^3$

g) $0,0000128 \cdot 10^3$

h) 0

Lo svolgimento dell'esercizio lo trovi qui: esercizio sull'approssimazione.

12. ARROTONDAMENTI E CIFRE SIGNIFICATIVE

E' assai comune nella vita quotidiana fare uso di *approssimazioni* di un valore "vero": quando dico "il mio appartamento è di $70\,m^2$", oppure "sono le 11 di sera", o "vado in ferie in un paesino di 200 abitanti", io per l'appunto "approssimo", "arrotondo", e in tutti questi esempi è evidente che lo faccio perché, in simili contesti, non ho bisogno di una precisione più elevata.
Ma anche nelle Scienze sperimentali, ad esempio in Fisica, l'approssimazione di valori numerici è la norma.

LA REGOLA PER ARROTONDARE

La **REGOLA** che si applica per l'arrotondamento di un numero è la seguente.

♪ **Se vengono trasformate in "0" tutte le cifre a partire da una certa cifra e verso destra, quando la prima cifra da trasformare in "0" è 0, 1, 2, 3 o 4, allora nell'arrotondamento la cifra precedente resta invariata;**

♫ **se invece la prima cifra da trasformare in "0" è 5 (ma vedi NOTA), 6, 7, 8 o 9, allora nell'arrotondamento la cifra precedente viene aumentata di un'unità.**

Esempi: l'arrotondamento di 12328 alle centinaia è 12300; quello di 0,1372 ai centesimi è 0,14

NOTA: l'arrotondamento "del banchiere" (banker's rounding, o round-to-even method)

Se la **prima cifra da mutare in 0** è **5**, e tale cifra è **l'ultima del numero**, oppure è **seguita solo da zeri**, allora il passaggio al "valore più vicino" potrebbe essere fatto indifferentemente per difetto o per eccesso, perché ad esempio il numero 1,235 ha la stessa distanza sia da 1,23 che da 1,24;
per questo motivo, nel caso in cui i numeri da sottoporre ad arrotondamento siano tanti, c'è chi preferisce procedere in modo un poco diverso dalla *regola* che abbiamo illustrato, ossia:

se la cifra che precede il 5 è pari, la si lascia invariata, mentre se è dispari, la si aumenta di un'unità.

In tal modo le approssimazioni per difetto e per eccesso così effettuate tenderanno a "bilanciarsi" (sui valori arrotondati secondo questa convenzione, metà circa lo saranno per difetto e metà per eccesso), e l'insieme di dati risentirà il meno possibile, globalmente, delle modifiche apportate.

Per esempio, volendo arrotondare ai centesimi	3,875	3,645	3,735	3,865
si scriverà rispettivamente	3,88	3,64	3,74	3,86

Col "banker's rounding", **l'ultima cifra del numero arrotondato sarà sempre pari**! (*even* = pari)

LE CIFRE SIGNIFICATIVE NELLE SCIENZE SPERIMENTALI

Nelle scienze sperimentali è frequentissimo avere a che fare con numeri dei quali conosciamo con certezza alcune cifre (le prime a sinistra), ma non tutte.

Sono allora "significative" tutte le cifre certe del numero, più la prima cifra incerta.
Questo come idea generale: occhio tuttavia alle specificazioni che seguono.

- Tutte le cifre diverse da 0 sono significative. Ad es., la misura di tempo $11{,}27\ s$ ha 4 cifre significative.
- Gli 0 iniziali NON sono significativi. Ad esempio, la lunghezza $0{,}0000245\ m$ ha 3 cifre significative.
- Gli 0 compresi fra cifre non nulle sono significativi.
  $4{,}05\ m/s$ è una velocità espressa con 3 cifre significative.
- Gli 0 finali vanno scritti soltanto se sono significativi, cioè corrispondono alla precisione effettivamente raggiungibile dallo strumento di misura.

  Mi spiego: cm 15,7 può denotare una misura rilevata con uno strumento che ha la precisione dei millimetri, mentre cm 15,70 significherà che lo strumento usato è in grado di apprezzare anche i decimi di millimetro.

  Ancora:
  scrivendo m 1350 per indicare una profondità marina, sottintendo che anche lo 0 finale sia significativo, ossia dichiaro di aver utilizzato una tecnica di misura che mi permetteva di valutare anche il singolo metro.
  Supponiamo invece che già la cifra 5 sia incerta
  (cioè, che le misurazioni effettuate non andassero oltre la precisione dei 10 metri):
  bene, dovrei allora scrivere $1{,}35\cdot 10^3$ metri.
- Scrivere il numero in **NOTAZIONE ESPONENZIALE** permette di vedere bene le cifre significative (sono tutte e sole quelle del moltiplicatore della potenza di 10).

  Esempi:
  $0{,}000107 = 1{,}07\cdot 10^{-4}$ (3 *cifre significative*) $\quad$ $5{,}4\cdot 10^6$ (2 *cifre significative*)
  $5{,}40\cdot 10^6$ (3 *cifre sign.*; *scrivendo così, si evidenzia che anche lo* 0 *è significativo* : 4 *è certa*, 0 *è incerto*)

QUALORA SI SIA FATTO UN CERTO NUMERO DI MISURE PER UNA DATA QUANTITÀ, IL VALORE DELLA QUANTITÀ IN ESAME SI ESPRIMERÀ FACENDO LA MEDIA $\overline{x}$ DELLE MISURE TROVATE, POI SCRIVENDO CHE LA GRANDEZZA IN GIOCO VALE $\overline{x} \pm \Delta x$, dove quel Δx è l'INCERTEZZA (di solito si trova scritto impropriamente: l'ERRORE) che associamo al valore $\overline{x}$, incertezza data dalla semidispersione, oppure dallo scarto quadratico medio o da un suo multiplo, ecc., come abbiamo spiegato nel paragrafo precedente.

Il simbolo Δ ("delta") è sovente utilizzato, in matematica, per indicare "differenza".
Ad es., fra due persone che hanno risp. 15 anni e 47 anni, c'è una differenza di età "delta *e*": $\Delta e = 47 - 15 = 32$.
Se considero, in Fisica, due istanti di tempo successivi t_1 e t_2 , nei quali la velocità di un corpo è risp. v_1 e v_2 , allora nell'intervallo di tempo $\Delta t = t_2 - t_1$ l'incremento di velocità $(>, < \text{ o } = 0)$ è dato da $\Delta v = v_2 - v_1$.

D'altra parte, **sia la media che l'incertezza subiscono sempre un ARROTONDAMENTO. Vediamo come**.
Andiamo a riprendere i dati sul periodo del pendolo. Le 40 rilevazioni avevano fornito i valori (in secondi):

4,80	4,82	4,84	4,83	4,79	4,83	4,86	4,86	4,82	4,83	4,87	4,88	4,87	4,89
4,83	4,75	4,86	4,82	4,84	4,87	4,81	4,78	4,85	4,86	4,84	4,79	4,84	4,88
4,85	4,80	4,84	4,85	4,89	4,85	4,83	4,79	4,84	4,81	4,85	4,84		

E' evidente che si era utilizzato un dispositivo in grado di apprezzare i *centesimi di secondo*.
La media di queste misure è 4,83625 , e lo scarto quadratico medio 0,0309586... . Bene!

Nelle scienze sperimentali di solito si osserva la prassi seguente:

a) L'INCERTEZZA Δx VIENE SEMPRE ARROTONDATA IN MODO CHE CONSERVI UNA CIFRA SIGNIFICATIVA SOLTANTO O AL MASSIMO DUE CIFRE SIGNIFICATIVE SE LA PRIMA DI ESSE È 1 (NOTA)

b) DOPODICHE' LA MEDIA DELLE MISURE SI ARROTONDA IN MODO CHE LA SUA CIFRA PIÙ A DESTRA (= LA CIFRA MENO SIGNIFICATIVA) ABBIA LO STESSO POSTO DECIMALE DELLA CIFRA MENO SIGNIFICATIVA PRESENTE NELL'INCERTEZZA Δx

Insomma, vanno bene $25{,}7 \pm 0{,}3$; 178 ± 4 ; $8{,}54 \pm 0{,}07$;
$0{,}483 \pm 0{,}016$ (*notare qui la cifra in più nell'incertezza*!)
ma *non* andrebbe bene invece $4{,}197 \pm 0{,}05$ oppure $27 \pm 0{,}4$

Di conseguenza, nel caso del pendolo da noi considerato,
a) **arrotonderemo l'incertezza**: $0{,}0309586... \to 0{,}03$ **in modo che conservi una sola cifra non nulla**;
b) **poi arrotonderemo la media** $4{,}83625 \to 4{,}84$ **in modo che la sua cifra più a destra abbia la stessa posizione decimale della cifra più a destra dell'incertezza** (nel nostro caso, i centesimi).
E scriveremo in definitiva che il periodo del nostro pendolo è di secondi $\mathrm{T} = 4{,}84 \pm 0{,}03$.
Ribadiamolo: 0,03 è qui lo scarto quadratico medio, e il suo significato è di affermare che circa il 68% delle misure effettuate si trova nell'intervallo che ha centro la media e raggio 0,03 e che … ecc. ecc.

- Trovo come media $42{,}625$ e come scarto quadratico medio $0{,}418$?
  Bene, allora arrotondo lo scarto quadratico medio a 0,4 (in modo che rimanga 1 sola cifra significativa) e a questo punto arrotondo pure la media a $42{,}6$ scrivendo il valore della grandezza come $42{,}6 \pm 0{,}4$
- Trovo come media $528{,}25$ e come scarto quadratico medio $2{,}781$?
  Bene, allora arrotondo lo scarto quadratico medio a 3 (in modo che rimanga 1 sola cifra significativa) e a questo punto arrotondo pure la media a 528 scrivendo il valore della grandezza come 528 ± 3
- Trovo come media $2{,}208$ e come scarto quadratico medio $0{,}0331$?
  Arrotondo allora lo scarto quadratico medio a $0{,}03$ (in modo che rimanga 1 sola cifra significativa) e a questo punto arrotondo pure la media a $2{,}21$ scrivendo il valore della grandezza come $2{,}21 \pm 0{,}03$
- Trovo come media $1{,}5257$ e come scarto quadratico medio $0{,}0143$?
  Arrotondo lo sc. q. m. a $0{,}014$ (ho deciso di tenere 2 cifre significative perché la prima di esse è 1) e a questo punto arrotondo pure la media a $1{,}526$ scrivendo il valore della grandezza come $1{,}526 \pm 0{,}014$
- Ho fatto poche misure. La loro media è 10584 e la loro semidispersione è $30 = 3 \cdot 10$.
  La semidispersione ha già una cifra significativa soltanto: va bene così com'è. Ma allora devo arrotondare la media alle decine, e scrivere il valore come 10580 ± 30 o meglio come $(1058 \pm 3) \cdot 10$

NOTA - *Non tutti sono concordi. Noi faremo così, ma alcuni accettano nell'incertezza fino a 2 cifre significative. Altri suggeriscono di usare due cifre significative se la prima cifra è bassa (c'è chi dice 1 o 2, c'è chi dice 1, 2, 3 o 4), altrimenti una. In effetti, se la prima cifra è piccola, eliminare con l'arrotondamento la seconda porterebbe ad una perdita di precisione ritenuta eccessiva anche per un'incertezza. Ma occorre trovare sempre un buon compromesso fra una ragionevole precisione, da una parte, e l'immediata leggibilità della scrittura, dall'altra.*

Supponiamo che un dato sperimentale *non* venga presentato sotto la forma $x \pm \Delta x$, ossia che **non venga specificata nessuna incertezza**: allora si intende che l'**incertezza** sia **implicita nell'ultima cifra**.
Il guaio è che tutto ciò non viene interpretato universalmente allo stesso modo!
Ad esempio, per alcuni $12,3$ è da leggersi come $12,3 \pm 0,05$ ossia $12,25 < x < 12,35$;
per altri, $12,3$ va letto come $12,3 \pm 0,1$ ossia $12,2 < x < 12,4$ ☹

ALTRI ESEMPI

$2,47 \pm 0,03241$ Qui l'incertezza non va bene, va riscritta con una sola cifra significativa: $2,47 \pm 0,03$

$48,57 \pm 0,3$ Qui è il valore che va riscritto. La scrittura dev'essere corretta in $48,6 \pm 0,3$ in maniera che l'ultima cifra della grandezza e l'ultima cifra dell'incertezza abbiano lo stesso posto decimale.

$3831,7 \pm 20$ Non va. L'incertezza è alle decine, quindi il valore va a sua volta arrotondato alle decine:
3830 ± 20 o meglio $(383 \pm 2) \cdot 10$

$18,79 \pm 0,33$ L'incertezza non va, dobbiamo ridurla a una sola cifra significativa.
Scriveremo $18,8 \pm 0,3$ arrotondando anche il valore della grandezza in modo che la sua ultima cifra a destra abbia ugual posto dell'analoga per l'incertezza.

$18,79 \pm 0,13$ Qui possiamo lasciare l'incertezza così com'è, con 2 cifre significative (quindi la scrittura va bene):
"l'incertezza Δx viene sempre arrotondata in modo che conservi 1 cifra significativa soltanto, *o al massimo due cifre sign. se la prima di esse è 1* (c'è chi dice: se la prima di esse è 'piccola')".
Questa eccezione viene accettata perché, se non si facesse così, in casi simili l'arrotondamento dell'incertezza sarebbe troppo "pesante" se rapportato con l'incertezza stessa.

ESERCIZIO (risposte a pag. 75)

1) Prendi in esame ciascuna delle seguenti scritture, per stabilire se è corretta o no.
In quest'ultimo caso, apporta le modifiche appropriate.

a) $x = 27,88 \pm 0,4$ b) $x = 35,73 \pm 0,42$ c) $x = 2,3 \pm 0,0531$ d) $x = 3,25 \pm 0,14$
e) $x = 7,342 \pm 0,079$ f) $x = 4532 \pm 50$ g) $x = 91,3 \pm 2$ h) $x = 0,50 \pm 0,01$

QUANTE CIFRE LASCIARE NEL RISULTATO DI UN CALCOLO SU DATI INCERTI?

Quando si fa una ADDIZIONE o una SOTTRAZIONE fra numeri che derivano da misurazioni affette da incertezza, il risultato dovrà contenere lo stesso numero di CIFRE DOPO LA VIRGOLA dell'addendo che ne contiene di meno.

Facciamo qualche esempio.

- ❑ $9,57 + 12,3 + 2,001 = 23,871$ ma siccome l'addendo con meno cifre dopo la virgola ne contiene 1 sola, la somma $23,871$ dev'essere arrotondata a $23,9$
- ❑ $9,57 + 12 + 2,001 = 23,571$ però qui l'addendo con meno cifre dopo la virgola non ne ha nessuna per cui dobbiamo arrotondare la somma ottenuta alle unità e scriverla come 24
- ❑ $3,2 + 8,77 = 11,97$ che però dev'essere arrotondato a $12,0$
(e il ",0" va conservato perché comunque la cifra 0 dopo la virgola è significativa)

Quando si fa una MOLTIPLICAZIONE o una DIVISIONE fra numeri che derivano da misurazioni affette da incertezza, il risultato dovrà contenere lo stesso numero di CIFRE SIGNIFICATIVE del termine che ne contiene di meno.

Esempi.

- ❑ $7,081 \cdot 4,32 = 30,58992$
ma per conservare solo 3 cifre significative (quante ne ha il 2° fattore), siamo costretti ad arrotondare a $30,6$
- ❑ $7,4 \cdot 1,43 = 10,582$
e tuttavia dovremo arrotondare in modo che le cifre significative siano solo 2 … scrivendo perciò 11
- ❑ $58,4 : 0,023 = 2539,13...$
… però il risultato non potrà essere scritto con più di 2 cifre significative (quante ne ha il divisore) quindi andrebbe arrotondato a 2500, che tuttavia, scritto così, di cifre significative pare averne quattro …
… risolviamo l'inghippo scrivendo il quoziente in notazione esponenziale, come $2,5 \cdot 10^3$
- ❑ $4,02 \cdot 0,49754 = 2,0001108$ ma qui occorre fare in modo che nel risultato le cifre significative siano soltanto tre, come nel primo fattore. Bene: il risultato andrà allora scritto come $2,00$

ESERCIZIO (risposte a pag. 75)

2) Considera le coppie *x, y* di dati seguenti. L'ultima cifra a destra è incerta.

a)	b)	c)	d)
$x=9{,}5$	$x=32{,}6$	$x=54{,}3$	$x=2{,}355$
$y=2{,}37$	$y=43$	$y=0{,}24$	$y=3{,}2$

E' richiesto di scrivere col numero corretto di cifre I) $x+y$ II) $x-y$ III) xy IV) $\frac{x}{y}$

LA "PROPAGAZIONE" DEGLI ERRORI, O MEGLIO: DELLE "INCERTEZZE"

NOTA

SULLA DISTINZIONE FRA "ERRORE" E "INCERTEZZA"

Cos'è l' ERRORE? E' la differenza (presa in valore assoluto) fra il valore approssimato, o il valore ricavato da una misura, e il valore vero.

Occhio … SI È PURTROPPO AFFERMATA L'INFELICE CONSUETUDINE DI CHIAMARE SBRIGATIVAMENTE E IMPROPRIAMENTE "ERRORE" ANCHE CIÒ CHE IN REALTÀ DOVREBBE ESSERE DENOMINATO "INCERTEZZA". ☹

Il termine "INCERTEZZA" denota

- **in senso stretto,**
  una "maggiorazione dell'errore":
  se il valore approssimato o rilevato è x, insomma,
  e l'incertezza, intesa in questo modo, è k,
  allora il vero valore sarà compreso fra $x-k$ e $x+k$;
- **in un'accezione più generale, il grado di indeterminazione cui è soggetto il valore che viene attribuito a una data quantità.**

Siano a, b due grandezze, e sia G una terza grandezza che derivi da un'operazione aritmetica su a, b. Allora:

- **L' incertezza della SOMMA $G = a + b$**
  è la somma delle incertezze da cui sono affetti gli addendi: $\boxed{\Delta G = \Delta a + \Delta b \quad \text{se } G = a + b}$

  Di solito questa regola viene enunciata impropriamente così ☹ :
  L'errore della somma è uguale alla somma degli errori degli addendi

- **La stessa identica regola vale per la differenza: l' incertezza della DIFFERENZA $G = a - b$**
  è la somma delle incertezze da cui sono affetti i termini: $\boxed{\Delta G = \Delta a + \Delta b \quad \text{se } G = a - b}$

- **L'incertezza del PRODOTTO $G = ca$ DI UN NUMERO COSTANTE $c > 0$ PER UNA GRANDEZZA**
  è il prodotto del numero fisso per l'incertezza della grandezza: $\boxed{\Delta G = c\Delta a \quad \text{se } G = ca}$

- **L' *incertezza relativa* (OCCHIO! RELATIVA, questa volta, non assoluta!) del PRODOTTO $G = a \cdot b$**
  è la somma delle *incertezze relative* dei fattori: $\boxed{\frac{\Delta G}{G} = \frac{\Delta a}{a} + \frac{\Delta b}{b} \quad \text{se } G = a \cdot b}$

  Di solito questa regola viene enunciata impropriamente così ☹ :
  L'errore *relativo* del *prodotto* è la *somma* degli errori *relativi* dei fattori

- **Del tutto analoga a quella sul prodotto, e come essa basata sulle incertezze *relative*,**
  è la regola per il QUOZIENTE $G = \frac{a}{b}$: $\boxed{\frac{\Delta G}{G} = \frac{\Delta a}{a} + \frac{\Delta b}{b} \quad \text{se } G = \frac{a}{b}}$

- **Per la POTENZA $G = a^n$:** $\boxed{\frac{\Delta G}{G} = n\frac{\Delta a}{a} \quad \text{se } G = a^n}$ valida anche se n è frazionario, ossia con le radici! $\sqrt[3]{x^2} = x^{\frac{2}{3}}$ $\sqrt{x} = x^{\frac{1}{2}}$

ESERCIZIO (risposte a pag. 75)

3) Considera le coppie *x, y* di dati seguenti; per ciascun dato è specificata l'incertezza da cui è affetto.

a)	b)	c)	d)
$x=9{,}5\pm0{,}5$	$x=32{,}6\pm0{,}4$	$x=54{,}3\pm0{,}8$	$x=2{,}355\pm0{,}006$
$y=2{,}37\pm0{,}03$	$y=43\pm1$	$y=0{,}24\pm0{,}02$	$y=3{,}2\pm0{,}1$

Determina le incertezze *assoluta* e *relativa* di: I) $x+y$ II) $x-y$ III) xy IV) x/y V) x^4 VI) $\sqrt{x}$

NOTA - In casi come questi, si fanno i calcoli intermedi con la totalità delle cifre; *soltanto alla fine* si arrotonda.