Elementi di matematica

Moltiplicazione La moltiplicazione è un procedimento che consiste nel sommare a sé stesso un numero (o una grandezza) per un certo numero di volte. Per esempio, «4 per 2» corrisponde a «4 sommato due volte» o «2 sommato quattro volte» e dà come prodotto 8. Per la moltiplicazione sono in uso varie notazioni

$$ab \qquad a \times b \qquad a \cdot b \qquad a(b) \qquad (a)(b)$$

Ciascuna di queste espressioni significa «a per b» o anche «a moltiplicato b», ed è equivalente a «b per a».

Se $a = 16$ e $b = 24$, si ottiene $16 \times 24 = 384$.

L'espressione °F $= (1{,}8 \times$ °C$) + 32$ significa che i gradi Fahrenheit si ricavano moltiplicando i gradi Celsius per 1,8 e sommando 32 al prodotto ottenuto. Se °C $= 50$,

$$°\mathrm{F} = (1{,}8 \times 50) + 32 = 90 + 32 = 122\ °\mathrm{F}$$

Il risultato della moltiplicazione fra due o più numeri si chiama *prodotto*.

Divisione In generale, il termine *divisione* ha vari significati. In matematica la divisione è un'operazione che consiste nel determinare quante volte un numero (o una grandezza) è contenuto in un altro.
Alcune notazioni usate per la divisione sono

$$a \div b \qquad \frac{a}{b} \qquad a/b$$

Ciascuna di queste espressioni significa «a diviso b».

Per $a = 15$ e $b = 3$, $\frac{15}{3} = 5$.

Il numero che si trova sopra la linea è detto *numeratore*, quello che sta sotto la linea è il *denominatore*. Sia la linea orizzontale che quella obliqua (/) usate come simboli della divisione si leggono anche «per». Per esempio, nell'espressione per la densità si determina la «massa per unità di volume»:

$$\text{densità} = \text{massa/volume} = \frac{\text{massa}}{\text{volume}} = \text{g/ml}$$

La linea diagonale indica anche qui una divisione, in questo caso fra una massa espressa in grammi e il volume in millilitri occupato da tale massa. Il risultato ottenuto dividendo un numero per un altro è detto *quoziente*.

Frazioni e numeri decimali Una frazione rappresenta una divisione in cui il numeratore viene diviso per il denominatore. Se il numeratore è minore del denominatore si parla di *frazione propria*, se è maggiore, la frazione è detta *impropria*. Un numero decimale, o frazione decimale, è una frazione propria il

frazioni e numeri decimali

cui denominatore è una potenza di 10; il valore della frazione decimale si ricava effettuando la divisione della frazione propria. Nella tabella A sono riportati alcuni esempi di frazione propria, con le corrispondenti frazioni decimali.

Tabella A Frazioni proprie e frazioni decimali.

Frazione propria	Frazione decimale	Frazione propria
$\frac{1}{8}$	$= 0{,}125$	$= \frac{125}{100}$
$\frac{1}{10}$	$= 0{,}1$	$= \frac{1}{10}$
$\frac{3}{4}$	$= 0{,}75$	$= \frac{75}{100}$
$\frac{1}{100}$	$= 0{,}01$	$= \frac{1}{100}$
$\frac{1}{4}$	$= 0{,}25$	$= \frac{25}{100}$

Addizione di numeri decimali Per addizionare due o più numeri decimali si procede come nel caso dei numeri interi, facendo però attenzione ad allineare la virgola decimale degli addendi. A titolo di esempio, proviamo a sommare 8,21 + 143,1 + 0,325:

$$\begin{array}{r} 8{,}21 \\ +\ 143{,}1 \\ +\ \ \ \ 0{,}325 \\ \hline 151{,}635 \end{array}$$

Quando i numeri da addizionare sono il risultato di una misura, bisogna accertarsi che siano espressi nelle stesse unità. Per esempio, qual è la lunghezza totale di tre pezzi di tubo di vetro lunghi 10,0 cm, 125 mm e 8,4 cm? Limitandoci a sommare i numeri otteniamo un valore di 143,4, ma non è chiaro quale sia l'unità di misura. Per sommare correttamente queste lunghezze, occorre prima convertire 125 mm in 12,5 cm; quando tutte le lunghezze sono espresse nelle stesse unità di misura, è possibile effettuare l'addizione:

$$\begin{array}{r} 10{,}0\ \text{cm} \\ +\ 12{,}5\ \text{cm} \\ +\ \ 8{,}4\ \text{cm} \\ \hline 30{,}9\ \text{cm} \end{array}$$

Sottrazione di numeri decimali Per sottrarre un numero decimale da un altro si procede come nel caso dei numeri interi, ricordandosi di allineare sempre la virgola decimale dei numeri coinvolti. Come esempio, sottraiamo 20,6 da 182,49:

$$\begin{array}{r} 182{,}49 \\ -\ 20{,}60 \\ \hline 161{,}89 \end{array}$$

Quando la sottrazione riguarda numeri dotati di unità di misura, queste ultime devono essere uguali in tutti i casi. Se si vuole sottrarre 22 cm da 0,62 m, per esempio, prima di effettuare l'operazione bisogna convertire i metri in centimetri:

$$(0{,}62\ \text{m}) \times \left(\frac{100\ \text{cm}}{\text{m}}\right) = 62\ \text{cm}$$

$$\begin{array}{r} 62\ \text{cm} \\ -\ 22\ \text{cm} \\ \hline 40{,}0\ \text{cm} \end{array}$$

Moltiplicazione di numeri decimali Per moltiplicare fra loro due o più numeri decimali, si effettua l'operazione come se fossero numeri interi e poi si inserisce la virgola decimale nel prodotto: il numero di cifre a destra della virgola è dato dalla somma del numero di cifre decimali di tutti i fattori della moltiplicazione.

Per esempio, $2{,}05 \times 2{,}05 = 4{,}2025$ (quattro cifre a destra della virgola).
Vediamo qualche altro esempio:
$14{,}25 \times 6{,}01 \times 0{,}75 = 64{,}231875$ (sei cifre a destra della virgola)
$39{,}26 \times 60 = 23455{,}60$ (due cifre a destra della virgola)

Se un numero rappresenta un valore misurato, il risultato del calcolo deve essere espresso con il numero di cifre significative corretto.

Divisione di numeri decimali Per effettuare una divisione fra numeri decimali, in primo luogo si sposta verso destra la virgola decimale del numeratore e del denominatore del numero di posizioni (uguale nei due casi) necessarie per trasformare il denominatore in un numero intero. Per esempio,

$$\frac{136{,}94}{4{,}1} = \frac{1369{,}44}{41}.$$

Spostare la virgola equivale a moltiplicare sia il numeratore che il denominatore per 10.

Questi esempi illustrano i principi da seguire per effettuare le operazioni matematiche in questione. In chimica capita spesso di dover svolgere calcoli che richiedono l'uso di una calcolatrice, perciò chiunque ne intraprenda lo studio dovrebbe imparare a utilizzarla. Dopo aver svolto un esercizio, è buona norma accertarsi di non aver commesso errori di calcolo e valutare criticamente il risultato ottenuto per verificare che sia logico e coerente con i dati forniti.

Equazioni algebriche Molti problemi matematici che si incontrano in chimica assumono la forma di una delle seguenti equazioni algebriche. Per semplificare la risoluzione del problema, si applicano le stesse operazioni aritmetiche o algebriche a entrambi i membri dell'equazione fino a isolare in uno dei due il termine di interesse.

(a) $a = \dfrac{b}{c}$

Risolviamo in funzione di b, moltiplicando entrambi i membri dell'equazione per c:

$$a \times c = \frac{b}{\cancel{c}} \times \cancel{c}$$

$$b = a \times c$$

Risolviamo in funzione di c, moltiplicando entrambi i membri dell'equazione per $\dfrac{c}{a}$:

$$\cancel{a} \times \frac{c}{\cancel{a}} = \frac{b}{\cancel{c}} \times \frac{\cancel{c}}{a}$$

$$c = \frac{b}{a}$$

(b) $\dfrac{a}{b} = \dfrac{c}{d}$

Risolviamo in funzione di a, moltiplicando entrambi i membri dell'equazione per b:

$$\frac{a}{\cancel{b}} \times \cancel{b} = \frac{c}{d} \times b$$

$$a = \frac{c \times b}{d}$$

Risolviamo in funzione di b, moltiplicando entrambi i membri dell'equazione per $\dfrac{b \times d}{c}$:

$$\frac{a}{\cancel{b}} \times \frac{\cancel{b} \times d}{c} = \frac{\cancel{c}}{\cancel{d}} \times \frac{b \times \cancel{d}}{\cancel{c}}$$

$$\frac{a \times d}{c} = b$$

(c) $a \times b = c \times d$

Risolviamo in funzione di a, moltiplicando entrambi i membri dell'equazione per b:

$$\frac{a \times \cancel{b}}{\cancel{b}} = \frac{c \times d}{b}$$

$$a = \frac{c \times d}{b}$$

(d) $\dfrac{b - c}{a} = d$

Risolviamo in funzione di b, moltiplicando entrambi i membri dell'equazione per a:

$$\frac{\cancel{a} \times (b - c)}{\cancel{a}} = d \times a$$

$$b = (d \times a) + c$$

A questo punto sommiamo c a entrambi i membri dell'equazione:

$$b - \cancel{c} + \cancel{c} = d \times a + c$$
$$b = (d \times a) + c$$

Per $a = 1{,}8$, $c = 32$ e $d = 35$
$b = (35 \times 1{,}8) + 32 = 63 + 32 = 95$

Espressione di numeri molto grandi o molto piccoli Quando si effettuano misure e calcoli scientifici, capita spesso di avere a che fare con numeri molto grandi o molto piccoli, come 0,00000384 e 602 000 000 000 000 000 000 000. I numeri di questo tipo sono lunghi da scrivere e scomodi da maneggiare, soprattutto nei calcoli, perciò in genere conviene esprimerli nella cosiddetta **notazione scientifica** (o **esponenziale**), una forma semplificata basata sulle potenze in base 10.

notazione scientifica

L'**esponente** è il numero che indica quante volte la base di un numero *elevato a potenza* deve essere moltiplicata per sé stessa e viene scritto come apice a destra della base. In 10^2, per esempio, 2 costituisce l'esponente e significa «10 al quadrato» o «10 alla seconda», ovvero $10 \times 10 = 100$. Altri tre esempi sono:

esponente

$$3^2 = 3 \times 3 = 9$$
$$3^4 = 3 \times 3 \times 3 \times 3 = 81$$
$$10^3 = 10 \times 10 \times 10 = 1000$$

Per comodità, numeri molto grandi e molto piccoli vengono espressi come potenze di 10. Il vantaggio della base decimale è che per moltiplicare o dividere un numero per 10 basta spostare di una posizione la virgola decimale: quando si moltiplica un numero per 10^1 si spostata la virgola di una posizione verso destra, quando si moltiplica per 10^2 si sposta di due posizioni verso destra, quando si moltiplica per 10^{-2} di due posizioni verso sinistra. Per esprimere un numero sotto forma di potenze di 10, si sposta la virgola in modo da trasformarlo in un valore compreso fra 1 e 10, quindi si moltiplica il numero decimale così ottenuto per 10 elevato alla potenza opportuna. Per esempio, per scrivere il numero 42 389 in forma esponenziale si colloca la virgola decimale fra il 4 e il 2 (4,2389) e si moltiplica il numero per 10^4, ottenendo $4{,}2389 \times 10^4$:

$$42\,389 = 4{,}2389 \times 10^4$$

L'esponente del 10 (che in questo caso è 4) corrisponde al numero di posizioni di cui si è spostata la virgola. Se lo spostamento è avvenuto verso sinistra l'esponente è positivo, se è avvenuto verso destra è negativo. Per esprimere il numero 0,00248 in notazione esponenziale (come potenza di 10), si sposta la virgola decimale di tre posizioni verso destra, perciò l'esponente di 10 è -3 e il numero risultante è $2{,}48 \times 10^{-3}$.

$$0{,}00248 = 2{,}48 \times 10^{-3}$$

Esaminiamo i seguenti esempi relativi all'espressione di un numero in notazione scientifica.

$$1237 = 1{,}237 \times 10^3$$
$$988 = 9{,}88 \times 10^2$$
$$147{,}2 = 1{,}472 \times 10^2$$
$$2\,200\,000 = 2{,}2 \times 10^6$$
$$0{,}0123 = 1{,}23 \times 10^{-2}$$
$$0{,}00005 = 5 \times 10^{-5}$$
$$0{,}000368 = 3{,}68 \times 10^{-4}$$

Moltiplicazione e divisione di numeri in forma esponenziale Esprimendo i fattori di una moltiplicazione o di una divisione come potenze in base 10 diventa molto più facile stabilire quale posizione deve occupare la virgola nel risultato. Quando si effettua una moltiplicazione, prima si esprimono tutti i fattori in notazione esponenziale, poi si moltiplicano le basi delle potenze nel modo consueto e infine si ricava l'esponente della potenza di 10 del prodotto sommando algebricamente gli esponenti dei fattori.

$$10^2 \times 10^3 = 10^{(2+3)} = 10^5$$
$$10^2 \times 10^2 \times 10^{-1} = 10^{(2+2-1)} = 10^3$$

Moltiplicazione:	$(40\,000)(4200)$
Trasformare in potenze di 10:	$(4 \times 10^4)(4{,}2 \times 10^3)$
Raccogliendo diversamente i fattori:	$(4 \times 4{,}2)(10^4 \times 10^3)$
	$16{,}8 \times 10^{(4+3)}$
	$16{,}8 \times 10^7 = 1{,}68 \times 10^8$ (risultato finale)

Moltiplicazione:	$(380)(0{,}00020)$
	$(3{,}80 \times 10^2) \times (2{,}0 \times 10^{-4})$
	$(3{,}80 \times 2{,}0) \times (10^2 \times 10^{-4})$
	$7{,}6 \times 10^{-2} = 0{,}076$ (risultato finale)
Moltiplicazione:	$(125)(284)(0{,}150)$
	$(1{,}25 \times 10^2) \times (2{,}84 \times 10^2) \times (1{,}50 \times 10^{-1})$
	$(1{,}25) \times (2{,}84) \times (1{,}50) \times (10^2 \times 10^2 \times 10^{-1})$
	$5{,}325 \times 10^{(2+2-1)}$
	$5{,}33 \times 10^3$ (risultato finale)

Quando si ha a che fare con una divisione, si esprimono i numeri coinvolti in forma esponenziale e si spostano dal denominatore al numeratore il 10 e il suo esponente, cambiandolo di segno. Si effettua poi la divisione come al solito e si ricava il valore dell'esponente del 10 nel prodotto sommando algebricamente tutti gli esponenti che compaiono al numeratore. Per esempio

$$\frac{10^5}{10^3} = 10^5 \times 10^{-3} = 10^{(5-3)} = 10^2$$

$$\frac{10^3 \times 10^4}{10^{-2}} = 10^3 \times 10^4 \times 10^2 = 10^{(3+4+2)} = 10^9$$

Cifre significative nei calcoli Il risultato di un calcolo basato su misure sperimentali non può essere più preciso della misura affetta dall'incertezza maggiore.

Addizione e sottrazione Il risultato di un'addizione o di una sottrazione non dovrebbe contenere più cifre a destra della virgola di quelle presenti nella misura con il minor numero di cifre decimali.

Effettuiamo ora le operazioni indicate, arrotondando il risultato al numero opportuno di cifre significative.

$$\text{(a)}\quad \begin{array}{r l} 142{,}8 & \text{g} \\ +\ 18{,}843 & \text{g} \\ +\ 36{,}42 & \text{g} \\ \hline 198{,}063 & \text{g} \\ 198{,}1 & \text{g} \quad \text{(risultato)} \end{array} \qquad \text{(b)}\quad \begin{array}{r l} 93{,}45 & \text{mL} \\ -\ 18{,}0 & \text{mL} \\ \hline 75{,}45 & \text{mL} \\ 75{,}5 & \text{mL} \quad \text{(risultato)} \end{array}$$

(a) 142,8 contiene una sola cifra decimale, perciò deve valere lo stesso anche per il risultato.

(b) 18,0 contiene una sola cifra decimale, perciò deve valere lo stesso anche per il risultato.

Moltiplicazione e divisione Nei calcoli che implicano moltiplicazioni e divisioni, il risultato dovrebbe contenere lo stesso numero di cifre significative della misura che ne possiede di meno. Notiamo che la posizione della virgola è indipendente dal numero di cifre significative del risultato, come illustrano i seguenti esempi:

	arrotondato a
$(2{,}05) \times (2{,}05) = 4{,}2025$	$4{,}20$
$(18{,}48) \times (5{,}2) = 96{,}096$	96
$(0{,}0126) \times (0{,}020) = 0{,}000252$ o	
$(1{,}26 \times 10^{-2}) \times (2{,}0 \times 10^{-2}) = 2{,}520 \times 10^{-4}$	$2{,}5 \times 10^{-4}$
$\dfrac{1369{,}4}{41} = 33{,}4$	33
$\dfrac{2268}{4{,}20} = 540$	540

Analisi dimensionale Molti problemi chimici possono essere risolti facilmente per mezzo dell'analisi dimensionale, usando il metodo dei fattori di conversione. L'analisi dimensionale consiste nell'utilizzare le corrette «dimensioni» per tutti i fattori che vengono moltiplicati, divisi, sommati o sottratti nel corso dell'impostazione o della risoluzione di un problema. Le dimensioni sono grandezze fisiche, come la lunghezza, la massa e il tempo, e sono espresse in unità di misura come i centimetri, i grammi e i secondi, rispettivamente. Nello svolgimento di un problema le unità di misura vengono trattate come se fossero numeri, in modo da ottenere un risultato con le unità dimensionali corrette.

Il valore di una grandezza espresso in una certa unità di misura può essere convertito in un'unità di tipo diverso (dotata delle stesse dimensioni) per mezzo di un opportuno fattore di conversione: il punto fondamentale del procedimento consiste nella scelta del fattore giusto. Vediamo come funziona questo metodo generale, facendo riferimento ad alcuni esempi.

Supponiamo di voler convertire 5 m in mm. In questo caso bisogna moltiplicare 5 m per un fattore di conversione che contenga sia metri che millimetri. I fattori che collegano queste due unità di misura sono due:

1000 mm/1 m   1m/1000 mm

Il fattore da utilizzare è quello che farà scomparire i metri, producendo un risultato espresso in millimetri (notiamo che si trattano le unità di misura come se fossero numeri, moltiplicandole o dividendole a seconda delle esigenze). Quindi, per convertire 5 m in mm, esistono due possibilità:

$$(5\ \cancel{\text{m}})(1000\ \text{mm}/1\ \cancel{\text{m}}) \qquad \text{oppure} \quad (5\ \text{m})(1\text{m}/1000\ \text{mm})$$

Nel primo caso (che è quello corretto), i metri presenti al numeratore e al denominatore si semplificano e il prodotto è uguale a 5000 mm, mentre nel secondo caso il risultato è 5 m^2/mm. Il primo risultato è ragionevole, perché è espresso in unità di misura dotate delle dimensioni opportune: la lunghezza espressa in metri è stata convertita in una lunghezza in millimetri secondo l'espressione matematica

$$\text{m} \times \text{mm/m} = \text{mm}$$

Le unità ottenute nel secondo caso (m^2/mm) non corrispondono a un'unità di misura di lunghezza, perciò questo risultato non è accettabile. Quindi l'analisi dimensionale costituisce un criterio-guida per effettuare correttamente la conversione.

Il motivo per cui è lecito moltiplicare 5 m per 1000 mm/m è che il fattore di conversione è dato dal rapporto fra due quantità equivalenti e quindi 1000 mm/1 m = 1. Com'è noto, moltiplicando un qualsiasi numero per 1 il suo valore resta invariato:

$$1000\ \text{mm} = 1\ \text{m} \qquad \frac{1000\ \text{mm}}{1\ \text{m}}$$

Convertiamo ora 16 kg in milligrammi. In questo caso, conviene scomporre la risoluzione del problema in vari passaggi:

$$\text{kg} \rightarrow \text{g} \rightarrow \text{mg}$$

I possibili fattori di conversione sono

$$\frac{1000\ \text{g}}{1\ \text{kg}} \ \text{o}\ \frac{1\ \text{kg}}{1000\ \text{g}}$$

$$\frac{1000\ \text{mg}}{1\ \text{g}} \ \text{o}\ \frac{1\ \text{g}}{1000\ \text{mg}}$$

Per ogni passaggio, si sceglie il fattore di conversione che produce l'unità di misura opportuna per la conversione successiva. Il calcolo completo è

$$(16\ \text{kg}) \times \left(\frac{1000\ \text{g}}{1\ \text{kg}}\right) \times \left(\frac{1000\ \text{mg}}{1\ \text{g}}\right) = 1{,}6 \times 10^7\ \text{mg}$$

Indipendentemente dall'ambito di applicazione, l'analisi dimensionale si basa sulla scelta dei fattori di conversione più opportuni per arrivare, mediante una serie di passaggi, all'unità di misura desiderata per la grandezza in questione.

Rappresentazione in grafico dei dati In molti casi, il modo più comodo per rappresentare un insieme di dati consiste nel costruire un grafico. Fra le varie tipologie di grafico, la più diffusa è quella che illustra la relazione esistente fra due variabili per mezzo di una coppia di coordinate (una orizzontale e una verticale). Un grafico di questo tipo è detto «grafico *x*-*y*», perché i dati di una variabile vengono rappresentati sull'asse orizzontale o asse *x* (ascissa), quelli dell'altra sull'asse verticale o asse *y* (ordinata), come si vede in figura.

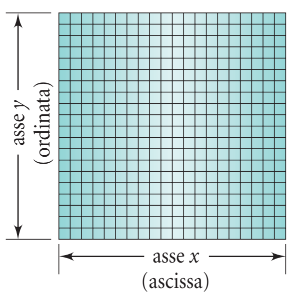


Figura 1

Un grafico molto semplice, per esempio, è quello che esprime la relazione fra le scale di temperatura Celsius e Fahrenheit. Ammettiamo che inizialmente siano noti solo i dati riportati nella tabella B.

In un sistema di coordinate orizzontali e verticali (carta millimetrata), costruiamo una scala di almeno 100 gradi Celsius sull'asse x e almeno 212 gradi Fahrenheit sull'asse y. Dopo aver indicato nel grafico i punti corrispondenti alle temperature note, tracciamo la retta passante da tutti e tre (figura 2).

Tabella B

0° C	°F
0	32
50	122
100	212

Relazione tra le scale Celsius e Fahrenheit.

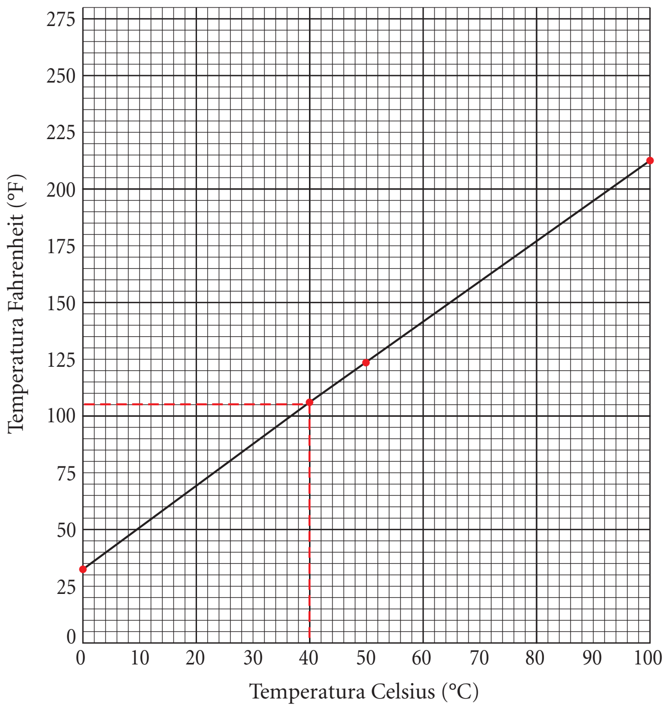


Figura 2

Vediamo come si procede per determinare la posizione di un punto di cui si conoscono le coordinate o, come si dice, per «riportarlo in grafico». Se i dati sono (50 °C, 122 °F), basta tracciare una retta verticale a partire da 50 °C sull'asse x e una orizzontale da 122 °F sull'asse y: il punto desiderato corrisponde all'intersezione fra queste due rette. Gli altri due punti vengono riportati in grafico nello stesso modo. (*Nota*: Il numero di gradi per divisione della scala è stato scelto in modo da creare un grafico di dimensioni opportune. In questo caso si hanno 5 gradi Fahrenheit per divisione e 2 gradi Celsius per divisione).

Il grafico della figura 2 mostra che le due scale di temperature sono collegate da una relazione lineare e consente di ricavare la temperatura Fahrenheit corrispondente a qualunque temperatura Celsius compresa fra 0 e 100. Per trovare la temperatura Fahrenheit equivalente a 40 °C, per esempio, tracciamo la perpendicolare all'asse x nel punto $x = 40$ °C fino a intersecare la retta costruita sulla base dei tre punti iniziali. Da qui tracciamo una retta orizzontale, il cui punto di intersezione con l'asse y corrisponde al valore di temperatura Fahrenheit desiderato (104 °F). Questo procedimento è illustrato dalle rette tratteggiate in figura 2. Inversamente, è possibile determinare la temperatura Celsius corrispondente a qualunque temperatura Fahrenheit compresa fra 32 e 212 gradi tracciando una retta orizzontale che va dalla temperatura

Fahrenheit alla retta riportata in grafico e leggendo poi sulla scala Celsius la temperatura situata esattamente sotto il punto di intersezione.

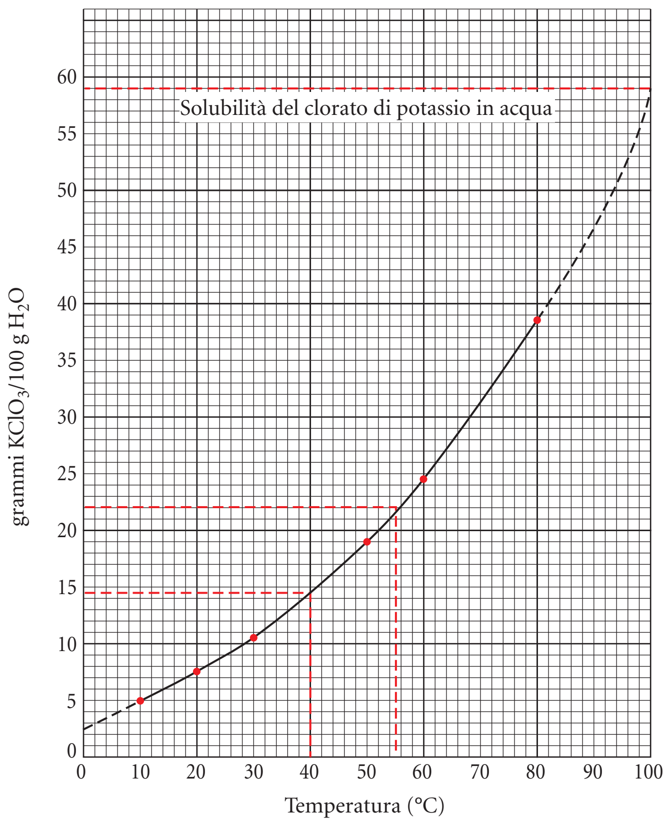
La relazione matematica che collega le due scale di temperatura è espressa dall'equazione °F = (1,8 × °C) + 32, di cui la figura 2 rappresenta il grafico. Essendo una retta, il grafico può essere prolungato indefinitamente in entrambe le direzioni, perciò è possibile riportare in grafico qualunque temperatura Celsius in funzione della corrispondente temperatura Fahrenheit: basta estendere la scala di entrambi gli assi in base delle quantità opportune.

La figura 3 rappresenta il grafico della solubilità del clorato di potassio in acqua a varie temperature. Questa curva di solubilità è stata ottenuta riportando in grafico i dati della tabella C a margine.

Tabella C Solubilità di $KClO_3$ a diverse temperature

Temperatura (°C)	Solubilità (g $KClO_3$ 100 g acqua)
10	5,0
20	7,4
30	10,5
50	19,3
60	24,5
80	38,5

Figura 3



A differenza del caso delle temperature Celsius e Fahrenheit, non esiste nessuna equazione matematica semplice in grado di descrivere in modo esatto la relazione esistente fra la solubilità del clorato di potassio e la temperatura. Il grafico della figura 3 è stato costruito a partire dalle solubilità determinate sperimentalmente alle sei temperature indicate (tabella C), che si trovano tutte sulla porzione del grafico descritta dalla curva continua; quindi i punti di questa parte della curva costituiranno una buona approssimazione della solubilità del clorato di potassio nell'intervallo di temperature comprese fra 10 e 80 °C. Ogni punto sulla curva rappresenta la composizione di una soluzione satura, ogni punto al di sotto della curva corrisponde a quella di una soluzione insatura.

Le porzioni tratteggiate della curva sono *estrapolazioni*, cioè estendono la curva al di fuori dell'intervallo di temperatura descritto dai dati sperimentali.

È prassi comune estrapolare le curve di questo tipo per brevi tratti oltre l'ambito dei dati noti, ma non è detto che le informazioni ricavate dall'estrapolazione siano accurate, perciò questa operazione è giustificata solo in assenza di dati più affidabili.

Dal grafico della figura 3 si possono ricavare valori affidabili per la solubilità di $KClO_3$ per temperature comprese fra 10 °C e 80 °C, ma i valori corrispondenti agli intervalli 0 - 10 °C e 80 - 100 °C sono più dubbi. Per esempio, qual è la solubilità di $KClO_3$ a 55 °C, 40 °C e 100 °C?

A partire da ciascuna temperatura (asse *x*) tracciamo una retta verticale fino a intersecare la curva di solubilità, poi da ogni punto di intersezione disegniamo una retta orizzontale la cui intersezione con l'asse della solubilità (asse *y*) fornisce i valori desiderati:

40 °C	14,2 g $KClO_3$/100 g acqua
55 °C	22,0 g $KClO_3$/100 g acqua
100 °C	59 g $KClO_3$/100 g acqua

Fra questi dati, il più affidabile è quello corrispondente a 55 °C, perché è compreso fra due punti sperimentali misurati a 50 e a 60 °C. Il valore di solubilità a 40 °C è un po' meno affidabile (i punti sperimentali più vicini si trovano a 30 e 50 °C), mentre la solubilità a 100 °C è la più dubbia, perché è stata ottenuta dalla porzione di retta estrapolata e il punto sperimentale più vicino si trova a 80 °C. I valori di solubilità sperimentali riportati nei manuali per il $KClO_3$ a 40 e a 100 °C sono, rispettivamente, 14,00 e 57,0 g di $KClO_3$/100 g di acqua.

Il grafico della figura consente anche di stabilire se una determinata soluzione è satura o meno. Consideriamo, per esempio, una soluzione costituita da 15 g di $KClO_3$/100 g di acqua a una temperatura di 55 °C: è satura o insatura? *Risposta*: è insatura, perché il punto corrispondente a 15 g e 55 °C sul grafico si trova al di sotto della curva di solubilità e, come abbiamo detto, tutti i punti sottostanti alla curva rappresentano soluzioni insature.