



Eeguire le misure di massa richieste nell' esperimento, e nel secondo esperimento in cui vengono confrontate due differenti bilance. Quindi rispondere alle domande proposte.

RICHIAMI DI TEORIA: LA MASSA

I termini massa e peso vengono spesso usati in chimica in modo intercambiabile, ma in realtà indicano proprietà diverse della materia. La *massa* corrisponde alla *quantità di sostanza* presente in un campione, mentre il *peso* è la misura della forza con cui questa sostanza è attratta verso la Terra per gravità (accelerazione di gravità media a livello del mare $g = 9,806 \text{ m/s}^2$). Il peso infatti è la misura della forza con cui si attraggono la Terra e il campione in questione e tale forza cambia quando varia la distanza dal centro della Terra. Inoltre sulla Luna, dove l'accelerazione gravitazionale superficiale vale $1,62 \text{ m/s}^2$, lo stesso campione di materia conserverebbe la stessa massa, ma avrebbe un peso minore e, precisamente, 1/6 di quello medio misurato sulla Terra a livello del mare. Nella chimica è molto importante misurare con accuratezza la quantità di materia di un campione di sostanza, cioè la sua massa, che si è appena visto non varia con il luogo in cui si effettua tale misurazione. Ne segue però, in base alle considerazioni precedenti, che solo la precisa conoscenza del valore dell'accelerazione gravitazionale locale g permette di ricavare con accuratezza da una misura di forza (il peso P) la massa m di un campione di sostanza; si ha infatti

$$m = P/g.$$

L'unità di misura della massa è un cilindro di platino – iridio conservato nell'Istituto Internazionale di Pesi e Misure a Sèvres, in Francia. Questo oggetto è denominato “chilogrammo prototipo internazionale” e la sua massa è definita come 1 chilogrammo, kg, (con la lettera **k minuscola**!). Il chilogrammo è l'unità di misura della massa nel Sistema Internazionale. In chimica, più che il chilogrammo, troppo grande, si usa un suo sottomultiplo: il grammo, pari a 1/1000 di kg. Un altro sottomultiplo del kg molto usato (medicinali, analisi chimiche) è il milligrammo, mg, pari a 1/1000 di grammo. Il modo più semplice per misurare la massa di un campione prevede di *confrontarlo con*

l'unità di misura e tale operazione si effettua con una bilancia: infatti la bilancia è uno *strumento usato per determinare la massa di un campione per confronto con un massa conosciuta* (più propriamente con una somma di masse note, i cosiddetti "pesi"). Così in una bilancia a due piatti su uno si mette il campione e sull'altro si depositano un certo numero di masse note fino a quando le due masse non sono uguali o, meglio, fino a quando le due masse si possono considerare uguali in base alla sensibilità della bilancia utilizzata. La sensibilità della bilancia è la minima variazione di massa che può essere rilevata dallo strumento di misura.

Si osservi che con una bilancia a due piatti non ha importanza conoscere con precisione l'accelerazione g ed è quindi corretto parlare di confronto tra masse e non di pesi. Ciò è facilmente comprensibile osservando che questo tipo di bilancia opera in base al principio della leva (qui a bracci b uguali). La misura avviene infatti equilibrando il momento prodotto dal campione di sostanza di cui si deve determinare la massa e che fa ruotare il giogo con un momento uguale e opposto generato da un certo quantitativo di "pesi" posti sull'altro piatto. All'equilibrio (giogo orizzontale) si ha:

$$(\text{forza peso del campione}) \times b = (\text{forza peso della massa di riferimento}) \times b.$$

Ma: $P = mg$

e allora si può scrivere:

$$(\text{massa del campione})g \times b = (\text{massa di riferimento})g \times b.$$

Appare evidente che il fattore g può essere semplificato, come volevasi dimostrare. Si noti inoltre che anche b può essere semplificato e da ciò si ottiene appunto che all'equilibrio:

$$\text{massa del campione} = \text{massa di riferimento}.$$

Spesso il processo di confronto tra masse (una incognita e le altre note) è chiamato erroneamente pesata e inoltre molti termini usati nelle misurazioni di peso vengono impropriamente utilizzati per quelle di massa, tant'è che le masse di riferimento sono chiamate scorrettamente "pesi".

Esperienza 1

Misurare con la bilancia analitica assegnata al proprio tavolo più volte di seguito (almeno 10) la tara e la massa del campione A (sale da cucina, cloruro di sodio) prelevato a piacere dal contenitore. Riportare quindi i valori nella tabella sottostante. Elaborare poi statisticamente i dati ottenuti, presentandoli in due diagrammi di dispersione, calcolando la media e lo scarto quadratico medio m per la tara e per il campione A.

Si accetta qualsiasi diagramma (su carta semplice, quadrettata, su carta millimetrata, ottenuto per mezzo di un foglio di calcolo) purché dotato dei minimi requisiti di correttezza (titolo, unità di misura, scala dei valori, ecc.).

USO DELLA BILANCIA ANALITICA

Per impostare la tara, collocarla sul piatto, prendere nota del valore che compare sul display, e quindi premere “ZERO/TARE”, mentre per tarare la bilancia a piatto vuoto premere sempre il tasto “ZERO/TARE”.

Ottenimento dei dati.

Prima di descrivere le semplici operazioni necessarie per acquisire i dati da elaborare, è importante sottolineare che la massa del campione A risulta essere formata dalla somma della massa di sostanza A vera e propria e da quella (tara) della vaschetta di plastica che la ospita. Ne segue che per ottenere la massa effettiva del campione A, si deve sottrarre al valor medio di massa ottenuto elaborando i dati del sistema A + tara la massa media della vaschetta usata nella prova e ricavata dalle varie misure di massa relative ad essa. Qui di seguito si descrive il modo per ottenere i dati sia sulla tara che sul campione A.

N	Tara [mg]	Massa [g]
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		

1. Premere il bottone “ZERO/TARE” per tarare la bilancia;
2. Collocare la vaschetta sul piatto della bilancia analitica e riportare il dato con tutte le tre cifre decimali in tabella;
3. Togliere la vaschetta dal piatto. A questo punto:
 1. se il display dello strumento segna “0,000” ripetere il punto 2) fino a raccogliere un numero sufficientemente alto di misure;
 2. altrimenti procedere secondo i punti dall'1) al 3).

Per ricavare i dati sul campione A basta seguire la stessa procedura sostituendo alla parola tara la parola vaschetta con la sostanza A.

D1) Che cos'è la tara, come la si imposta sulla bilancia e perché se ne deve tener sempre conto.

D2) A cosa sono dovute le leggere variazioni di massa rilevate dalla bilancia analitica?

Elaborazione dei dati raccolti.

Il valore per così dire “vero” della massa del campione A resta sempre e comunque incognito, indipendentemente dal fatto che è presente la tara. Tuttavia si può avere un'indicazione più o meno attendibile di tale valore andando a calcolarne il valore medio, ovvero la massa media $[\bar{x}]$, pari alla somma di tutte le misure di massa divisa per il numero delle misure stesse. Generalmente si ottiene un valore che non coincide con nessuno di quelli ricavati sperimentalmente.

Dati e media si possono rappresentare in un diagramma (detto di dispersione) con in ascissa il numero delle misure e in ordinata i valori misurati. Esso dà un'idea visiva di come si dispongono (ovvero si disperdono) intorno al loro valor medio $[\bar{x}]$.

Tuttavia la media $[\bar{x}]$ di per sé non è significativa se non accompagnata da una stima dell'oscillazione o, meglio, variazione media dei dati intorno al valor medio $[\bar{x}]$. Per questo motivo si elaborano i dati andando a calcolare lo scarto quadratico medio μ associato al campione statistico, poiché è proprio questo parametro che indica di quanto mediamente i valori si discostano dalla media. Ecco allora che il valor medio si può esprimere nel modo seguente: $[\bar{x}] \pm \mu$ in cui è espressa in un'unica notazione il valor medio e l'oscillazione media di dati intorno ad esso.

Ad esempio:

$$23,542 \pm 0,059 \text{ g}$$

indica che il campione A ha una massa media di 23,542 g

e che i valori del campione oscillano mediamente intorno alla media di 0,059g.

D3) Commentare i propri diagrammi di dispersione alla luce delle elaborazioni statistiche.

Esperienza 2

Determinare la massa del campione B (limatura di ferro) di sostanza assegnato al tavolo e ospitato entro una vaschetta per mezzo di una bilancia a giogo mobile e di una bilancia analitica. Annotare i valori ottenuti nell'apposita tabella. Assumere come valore della tara _____ mg ottenuto per mezzo di opportune elaborazioni statistiche su 50 misure (esperienza 1).

USO DELLA BILANCIA A GIOGO MOBILE

Lo strumento assegnato al tavolo è una versione migliorata dei modelli di bilance utilizzati da Lavoisier, Proust, Dalton. Ne segue che esse hanno una notevole importanza storica, tuttavia la difficoltà con cui si ottengono le misure di massa hanno spinto i chimici ad impiegare bilance più affidabili, precise e con maggiore sensibilità di queste.

Per effettuare la misura si colloca su uno dei due piatti il campione B e nell'altro le masse di confronto. La tecnica da seguire si basa su un metodo iterativo per tentativi successivi. Infatti si stima approssimativamente la massa del campione (20 g) e si colloca sull'altro piatto una massa identica (20 g). Se la massa di riferimento è insufficiente, il giogo penderà dalla parte del campione, altrimenti accadrà il contrario. Si stima nuovamente la massa da aggiungere o da sottrarre a seconda dei due casi e si prosegue fino a quando il giogo della bilancia non manifesta più alcuna inclinazione o da una parte o dall'altra. La somma delle masse di riferimento dà allora il valore incognito della massa del campione.

Attenzione! Non essere frettolosi nel rimuovere o aggiungere masse, dal momento che il giogo della bilancia oscilla più volte prima di stabilizzarsi.

Sostanza: _____	Bilancia a giogo mobile	Bilancia analitica
Tara	_____ mg	_____ mg
Massa in grammi misurata	_____ g	_____ g
Massa in grammi del campione B	_____ g	_____ g

D4) Descrivere sinteticamente le principali differenze tra la bilancia a giogo mobile e quella analitica usate nell'esperienza di laboratorio.

D5) Quali possono essere le cause d'errore nella misura di massa con una bilancia a giogo mobile?

D6) 30.000 kg di carbone C equivalgono a

- $3 \times 10^3 \text{ kg}$
 $3 \times 10^6 \text{ g}$
 $30 \times 10^7 \text{ mg}$
 $3 \times 10^{10} \text{ mg}$

D7) 0,350 mg di cloruro di sodio NaCl equivalgono a

- $0,35 \times 10^{-2} \text{ g}$
 $3,50 \times 10^{-4} \text{ g}$
 $3,50 \times 10^{-7} \text{ g}$
 $0,35 \times 10^{-9} \text{ g}$

D8) $0,8 \times 10^8 \text{ mg}$ di nitrato V di potassio KNO_3 equivalgono a

- 8000 kg
 80 kg
 0,8 kg
 80 g

D9) $4,25 \times 10^{-7} \text{ kg}$ di nitrato V di calcio $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ equivalgono a

- 0,425 mg
 4,25 mg
 0,425 g
 42,5 g

LA MASSA

Obiettivo dell'esperimento

Scopo dell'esperienza di laboratorio è la raccolta di due campioni di misure di massa, uno riguardante la tara e l'altro relativo alla massa lorda di un composto (cloruro di sodio), e la loro elaborazione statistica al fine di ottenere gli ideogrammi dei dati e la massa media netta del sale.

Materiale utilizzato

Una bilancia analitica di precisione con sensibilità di 0,005 g

Una vaschetta di plastica (tara)

Una certa quantità di sale da cucina, NaCl (massa netta)

Procedimento di raccolta dei dati

Per ottenere il campione relativo alla tara si è proceduto come segue.

1. Prima di iniziare la raccolta dei dati, a piatto vuoto si è premuto il bottone "ZERO/TARE" per tarare la bilancia, ovvero per fare in modo che il suo display segnasse 0,000;
2. Si è collocata la tara (vaschetta) sul piatto della bilancia analitica per dieci volte di seguito;
3. Se nel togliere la vaschetta dal piatto della bilancia analitica:
 1. il suo display segnava "0,000", si ricollocava la massa sul piatto per ottenere il dato seguente;
 2. altrimenti si premeva prima di effettuare la successiva misura il bottone "ZERO/TARE".

Collocata nella vaschetta una certa quantità di sale da cucina, si è poi seguita la procedura appena illustrata per ottenere i dati relativi a questa massa. E' importante sottolineare, al fine anche di evitare equivoci, che la massa costituita dalla massa della vaschetta (tara) e da quella del sale verrà da questo punto in poi indicata con il termine di "massa lorda" del sale da cucina per distinguerla da quella "netta" che è ovviamente al netto della tara.

Valori delle misure

I dati raccolti sono riportati nella tabella 1.

N	Tara [mg]	Massa [mg]	N	Tara [mg]	Massa [mg]
1	5415	86610	6	5400	86625
2	5410	86605	7	5405	86625
3	5395	86610	8	5405	86625
4	5390	86620	9	5405	86630
5	5405	86630	10	5405	86625

Tabella 1 - Dati relativi alla massa della vaschetta (tara) e alla massa lorda del sale da cucina

Elaborazione dei dati

Raccolti i dati, si è proceduto a rappresentarli nei due ideogrammi che seguono e a calcolare per ciascun campione la media $\langle x \rangle$ e lo scarto quadratico medio μ (spesso indicato anche con la lettera s) secondo le due formule

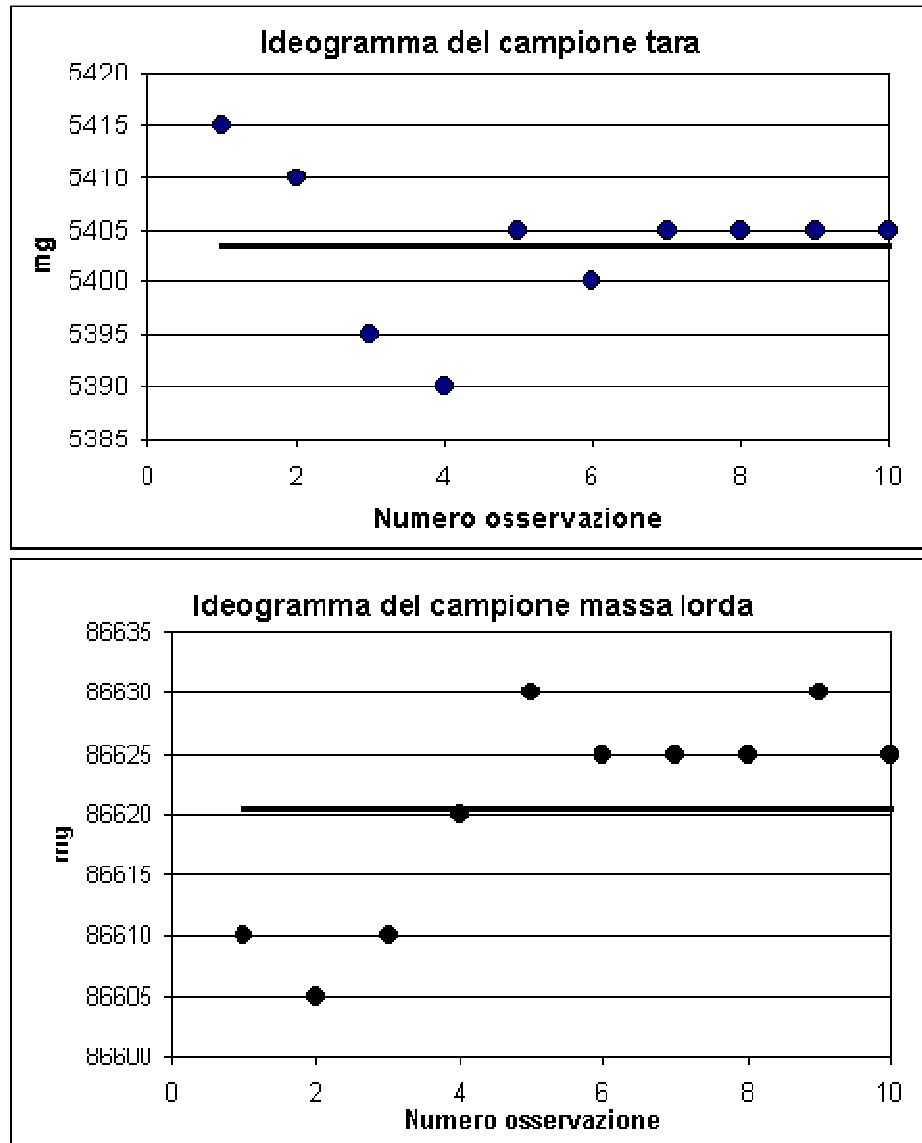
$$\langle x \rangle = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \langle x \rangle)^2}{N-1}}$$

se con x_i si indica l' i -esimo dato e con N il numero delle misure. La tabella 2 si riportano i calcoli eseguiti sui dati di ciascun campione.

	Elaborazione dei dati della tara				Elaborazione dei dati della massa lorda		
	Dati [mg]	Z_i [mg]	Z_i^2 [mg ²]		Dati [mg]	Z_i [mg]	Z_i^2 [mg ²]
	5415	11,5	132,25		86610	-10,5	110,25
	5410	6,5	42,25		86605	-15,5	240,25
	5395	-8,5	72,25		86610	-10,5	110,25
	5390	-13,5	182,25		86620	-0,5	90,25
	5405	1,5	2,25		86630	9,5	0,25
	5400	-3,5	12,25		86625	4,5	20,25
	5405	1,5	2,25		86625	4,5	20,25
	5405	1,5	2,25		86625	4,5	20,25
	5405	1,5	2,25		86630	9,5	90,25
	5405	1,5	2,25		86625	4,5	20,25
somma	54035	0	452,5	somma	866205	0	722,5
somma/10	5403,5	0	50,278	somma/10	86620,5	0	80,278
Media tara $\langle x \rangle_T = 5403,5$ mg			Media tara $\langle x \rangle_L = 86620,5$ mg				
Scarto quadratico medio $\mu = \text{radq}(50,278) = 7$ mg			Scarto quadratico medio $\mu = \text{radq}(80,278) = 9$ mg				
Risultati tara: $\langle x \rangle_T \pm \mu = 5403,5 \pm 7$ mg			Risultati massa lorda: $\langle x \rangle_L \pm \mu = 86620,5$ mg ± 9 mg				

Tabella 2 - Elaborazioni numeriche dei dati appartenenti al campione tara e a quello della massa media del sale da cucina per calcolare la media $\langle x \rangle$ e lo scarto quadratico medio μ di ogni singolo campione assunto come incertezza sul dato medio



Il valore medio netto della massa di cloruro di sodio ospitata nella vaschetta (tara) è quindi di $86620,5 - 5403,5 = 81217 \text{ mg} = 81,217 \text{ g}$.

Discussione dei risultati

Le elaborazioni numeriche effettuate sui due campioni di massa hanno prodotto i seguenti risultati. Per quanto riguarda la massa media della tara si ha $5403,5 \pm 7 \text{ mg}$, mentre per la massa lorda media si è ottenuto $86620,5 \pm 9 \text{ mg}$. Ne segue che in base al significato dello scarto quadratico medio i dati appartenenti al campione della tara presentano una oscillazione media intorno alla media di $0,007 \text{ g}$, mentre i dati del campione della massa lorda del sale da cucina manifestano una oscillazione media intorno alla relativa media di $0,009 \text{ g}$. Si osservi che l'assunzione di un numero maggiore di cifre dopo la virgola nei valori dello scarto quadratico

medio non avrebbe avuto senso, dal momento che si sarebbe superata la sensibilità della bilancia.

Un rapido sguardo ai diagrammi di dispersione dei dati mette in evidenza come, pur essendoci per la tara ben 5 valori che si discostano dalla media di appena 1,5 mg ed uno di 3,5 e per la massa lorda del cloruro di sodio 1 valore che si discosta dalla media di solo 0,5 mg e 4 di 4,5 mg, in entrambi i campioni il peso dei valori che si discostano maggiormente dalla media è notevole, dato i valori che si ottengono per gli scarti quadratici medi. Un numero decisamente maggiore di osservazioni avrebbe potuto indicare se i valori che si discostano maggiormente dalla media sia nella tara che nella massa lorda del sale rientrino nel campo di oscillazione dei dati dovuto agli errori casuali o siano piuttosto imputabili ad una iniziale insufficiente padronanza nell'uso dello strumento di misura essendo le maggiori oscillazioni presenti tra i primi dati in entrambi i campioni.

Alcune osservazioni

Poiché i valori medi di massa sia della tara che di quella lorda del sale da cucina sono accompagnati dalla propria incertezza ($\pm \mu$) è logico aspettarsi che anche la massa media netta del campione di sostanza sia seguita da una certa incertezza. Tuttavia, dato che non si è affrontato questo problema dal punto di vista teorico, è per questo motivo che si sono accettati valori senza incertezza. Per completezza si tenga allora presente che la teoria della propagazione dell'incertezza afferma che se con μ_A e con μ_B si indicano rispettivamente l'incertezza associata al dato A e al dato B, l'incertezza μ_{A-B} del dato ottenuto facendo la differenza tra A e B è pari alla radice quadrata della somma dei quadrati delle incertezze A e B e non, come sarebbe semplicisticamente pensabile, alla banale differenza tra le incertezze A e B.

In altre parole, vale la relazione:

$$\mu_{A-B}^2 = \mu_A^2 + \mu_B^2.$$

Per quanto riguarda il caso specifico in esame si ottiene:

$$\mu_{L-T} = (7^2 + 9^2)^{0,5} = (49 + 81)^{0,5} = (130)^{0,5} = 11 \text{ mg},$$

approssimando naturalmente il risultato al milligrammo.

Si presti poi la massima attenzione a non affermare che, avendo il campione relativo alla massa lorda un valore dello scarto quadratico medio superiore a quello della tara (9 mg rispetto a 7 mg), allora i dati del campione tara oscillano mediamente intorno alla media meno del secondo campione, poichè è in realtà vero il contrario!

Un confronto in termini assoluti è quanto mai fuorviante. Il seguente esempio eliminerà qualsiasi dubbio e focalizzerà il problema. Tutti sanno che i corpi si dilatano più o meno a seconda della loro struttura chimica. Un allungamento di 2 mm su una barra di acciaio di 10 mm è tutt'altra cosa che un allungamento sempre di 2 mm su una barra lunga 20 m. Nel secondo caso la variazione tra il prima e il dopo è pressochè inapprezzabile. Quanto detto è una conseguenza del fatto che l'allungamento deve essere confrontato con la lunghezza complessiva del corpo; 2 mm su una lunghezza complessiva della barra di 10 mm sono pari al 20% della sua lunghezza, mentre 2 mm su una barra lunga 20000 mm sono appena lo 0,01% della sua lunghezza!

Ne segue che anche gli scarti quadratici medi associati ai due campioni vanno riportati alle loro rispettive medie per poter essere confrontati tra loro. In altre parole, si deve procedere a calcolare il coefficiente di variazione percentuale per poter effettuare un confronto tra le variazioni medie dei dati intorno alla media dei due campioni di massa presi in esame. Si ottiene che il coefficiente di variazione percentuale per la tara è di $\delta_{\%} = 0,13\%$, mentre è pari a 0,01% per il campione di massa lorda, a prova del fatto che il campione tara manifesta una oscillazione media intorno la media maggiore rispetto al solo 0,01% dell'altro campione.

D1) Che cos'è la tara, come la si imposta sulla bilancia e perché se ne deve tener sempre conto.

La tara è una qualunque massa aggiuntiva necessaria per effettuare una misura di massa per mezzo di una bilancia. per avere la massa del campione oggetto della misura, cioè in altre parole la massa netta, si deve sottrarre la tara dalla massa lorda. per poter fare ciò è necessario conoscere la massa della tara effettuando una misura a parte con la bilancia. In realtà con le moderne bilance analitiche di precisione è possibile ottenere immediatamente il valore netto della massa di un campione anche in presenza della tara seguendo una semplice procedura. Tarata la bilancia, si adagia sul suo piatto la tara e si preme il bottone "ZERO/TARE". Il display indicherà 0,000. L'aggiunta di massa per esempio nella vaschetta la cui massa allora rappresenta la tara viene automaticamente misurata dalla bilancia in termini netti.

D2) A cosa sono dovute le leggere variazioni di massa rilevate dalla bilancia analitica?

Le leggere variazioni messe in evidenza dalla bilancia associate a più misurazioni consecutive dello stessa quantità di sostanza sono dovute ai cosiddetti errori casuali, impossibili da eliminare. Tutte le possibili perturbazioni esterne ed interne (cioè dello strumento di misura) che sono in grado di influenzare la misura a causa della sensibilità dello strumento rientrano negli errori casuali. Solo l'opportuna elaborazione statistica di un numero elevato di dati permette di ottenere una misura che tenga conto della presenza di questi errori.

D3) Commentare i propri diagrammi di dispersione alla luce delle elaborazioni statistiche.

Si veda il commento ai dati della relazione di laboratorio.

D4) Descrivere sinteticamente le principali differenze tra la bilancia a giogo mobile e quella analitica usate nell'esperienza di laboratorio.

La bilancia analitica del laboratorio è uno strumento di misura elettronico, mentre la bilancia a giogo mobile è di tipo meccanico. La misura infatti avviene sfruttando il principio della leva: essendo i bracci uguali, solo quando le masse nei piatti sono uguali il giogo si trova in posizione orizzontale e l'indicatore in corrispondenza della tacca centrale.

D5) Quali possono essere le cause d'errore nella misura di massa con una bilancia a giogo mobile?

Per prima cosa un non perfetta taratura dello strumento nella non orizzontalità del piano della bilancia e del suo giogo (che si ottiene muovendo dei pesi in corrispondenza dei suoi bracci). Dopodiché la presenza di attriti a livello del fulcro del giogo possono influenzare notevolmente la misura cui si aggiungono gli errori per così dire "umani", ovvero associati allo sperimentatore. Per esempio egli nel muoversi può perturbare il sistema creando turbolenze nell'aria e/o vibrazioni.

Inoltre è sempre presente un errore associato agli occhi dello sperimentatore attraverso i quali egli stabilisce quando arrestare il processo di misura.

D6) 30.000 kg di carbone C equivalgono a

- $3 \times 10^3 \text{ kg}$ $3 \times 10^6 \text{ g}$ $30 \times 10^7 \text{ mg}$ $3 \times 10^{10} \text{ mg}$

Infatti $30.000 \text{ kg} = 3 \times 10^4 \text{ kg} = 3 \times 10^7 \text{ g} = 3 \times 10^{10} \text{ mg}$.

D7) 0,350 mg di cloruro di sodio NaCl equivalgono a

- $0,35 \times 10^{-2} \text{ g}$ $3,50 \times 10^{-4} \text{ g}$ $3,50 \times 10^{-7} \text{ g}$ $0,35 \times 10^{-9} \text{ kg}$

Infatti $0,350 \text{ mg} = 0,35 \times 10^{-3} = 3,50 \times 10^{-4} \text{ g}$.

D8) $0,8 \times 10^8 \text{ mg}$ di nitrato V di potassio KNO_3 equivalgono a

- 8000 kg 80 kg 0,8 kg 80 g

Infatti $0,8 \times 10^8 \text{ mg} = 0,8 \times 10^5 \text{ g} = 0,8 \times 10^2 \text{ kg} = 80 \text{ kg}$.

D9) $4,25 \times 10^{-7} \text{ kg}$ di nitrato V di calcio $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ equivalgono a

- 0,425 mg 4,25 mg 0,425 g 42,5 g

Infatti $4,25 \times 10^{-7} \text{ kg} = 4,25 \times 10^{-4} \text{ g} = 4,25 \times 10^{-1} \text{ mg} = 0,425 \text{ mg}$.