

Comprende versione

**ebook**



Marco Grotti • Francisco Ardini

# Il Laboratorio di Chimica Analitica

Concetti di base ed esercizi svolti





# Accedi ai contenuti digitali

## Espandi le tue risorse

un libro che **non pesa**  
e si **adatta** alle dimensioni  
del **tuo lettore!**



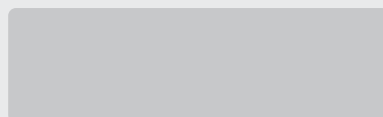
COLLEGATI AL SITO  
**EDISESUNIVERSITA.IT**

ACCEDI AL  
**MATERIALE DIDATTICO**

SEGUI LE  
**ISTRUZIONI**

Utilizza il codice personale contenuto nel riquadro per registrarti al sito **edisesuniversita.it** e accedere alla **versione digitale** del testo e al **materiale didattico**.

Scopri il tuo **codice personale** grattando delicatamente la superficie



Il volume NON può essere venduto, né restituito, se il codice personale risulta visibile.  
L'**accesso al materiale didattico** sarà consentito **per 18 mesi**.

Per attivare i **servizi riservati**, collegati al sito **edisesuniversita.it** e segui queste semplici istruzioni

### Se sei registrato al sito

- clicca su *Accedi al materiale didattico*
- inserisci e-mail e password
- inserisci le ultime 4 cifre del codice ISBN, riportato in basso a destra sul retro di copertina
- inserisci il tuo **codice personale** per essere reindirizzato automaticamente all'area riservata

### Se non sei già registrato al sito

- clicca su *Accedi al materiale didattico*
- registrati al sito o autenticali tramite facebook
- attendi l'e-mail di conferma per perfezionare la registrazione
- torna sul sito **edisesuniversita.it** e segui la procedura già descritta per *utenti registrati*



Ulteriori materiali e strumenti didattici sono accessibili dalla propria **area riservata** secondo la procedura indicata nel frontespizio.

Dalla sezione **materiali e servizi** della tua area riservata potrai accedere a:

- **Ebook:** versione digitale del testo in formato epub, standard dinamico che organizza il flusso di testo in base al dispositivo sul quale viene visualizzato. Fruibile mediante l'applicazione gratuita BookShelf, consente una visualizzazione ottimale su lettori e-reader, tablet, smartphone, iphone, desktop, Android, Apple e Kindle Fire.

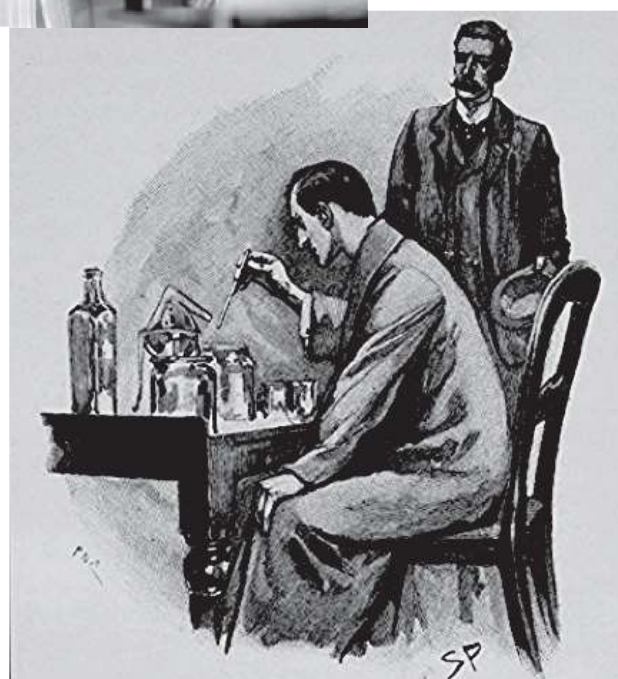
L'accesso ai contenuti digitali sarà consentito per **18 mesi**

MARCO GROTTI • FRANCISCO ARDINI

# Il Laboratorio di Chimica Analitica

---

*Concetti di base ed esercizi svolti*



Marco Grotti - Francisco Ardini  
IL LABORATORIO DI CHIMICA ANALITICA  
Concetti di base ed esercizi svolti  
Copyright © 2022, EdiSES Edizioni S.r.l. – Napoli

9 8 7 6 5 4 3 2 1 0  
2026 2025 2024 2023 2022

Le cifre sulla destra indicano il numero e l'anno dell'ultima ristampa effettuata

*A norma di legge è vietata la riproduzione, anche parziale,  
del presente volume o di parte di esso con qualsiasi mezzo.*

L'Editore

*L'Editore ha effettuato quanto in suo potere per richie-  
dere il permesso di riproduzione del materiale di cui  
non è titolare del copyright e resta comunque a disposi-  
zione di tutti gli eventuali aventi diritto*

*Fotocomposizione:*

Fotocomposizione TPM S.a.s. – Città di Castello (PG)

*Stampato presso*

PrintSprint S.r.l. – Napoli

*Per conto della*

EdiSES Edizioni S.r.l. – Piazza Dante, 89 – Napoli

[www.edisesuniversita.it](http://www.edisesuniversita.it)

[assistenza.edises.it](mailto:assistenza.edises.it)

ISBN 978 88 3623 068 6

---

I curatori, l'editore e tutti coloro in qualche modo coinvolti nella preparazione o pubblicazione di quest'opera hanno posto il massimo impegno per garantire che le informazioni ivi contenute siano corrette, compatibilmente con le conoscenze disponibili al momento della stampa; essi, tuttavia, non possono essere ritenuti responsabili dei risultati dell'utilizzo di tali informazioni e restano a disposizione per integrare la citazione delle fonti, qualora incompleta o imprecisa.

Realizzare un libro è un'operazione complessa e, nonostante la cura e l'attenzione poste dagli autori e da tutti gli addetti coinvolti nella lavorazione dei testi, l'esperienza ci insegna che è praticamente impossibile pubblicare un volume privo di imprecisioni. Saremo grati ai lettori che vorranno inviarci le loro segnalazioni e/o suggerimenti migliorativi sulla piattaforma [assistenza.edises.it](mailto:assistenza.edises.it).

# Indice generale

---

|                                                                                                                           |      |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|----|
| <b>Prefazione</b> .....                                                                                                   | Pag. | V  |
| <b>1. Nomenclatura</b> .....                                                                                              | »    | 1  |
| 1.1. Nomenclatura relativa al campione .....                                                                              | »    | 1  |
| 1.2. Nomenclatura relativa all'analisi .....                                                                              | »    | 5  |
| <b>2. Grandezze utilizzate in chimica analitica</b> .....                                                                 | »    | 9  |
| 2.1. Grandezze e unità di misura .....                                                                                    | »    | 9  |
| 2.2. Notazione scientifica, ordine di grandezza e cifre significative .....                                               | »    | 11 |
| 2.3. La massa: definizioni e misura .....                                                                                 | »    | 13 |
| 2.4. Il volume: definizioni e misura .....                                                                                | »    | 15 |
| 2.5. La concentrazione: definizioni e misura .....                                                                        | »    | 19 |
| 2.6. Esercizi svolti .....                                                                                                | »    | 20 |
| 2.7. Esercizi per l'autovalutazione .....                                                                                 | »    | 23 |
| <b>3. L'errore in chimica analitica</b> .....                                                                             | »    | 25 |
| 3.1. Incertezza di misura, errori casuali e sistematici, precisione e accuratezza .....                                   | »    | 25 |
| 3.2. Trattamento statistico degli errori casuali .....                                                                    | »    | 29 |
| 3.3. Propagazione dell'errore casuale .....                                                                               | »    | 32 |
| 3.4. Esercizi svolti .....                                                                                                | »    | 35 |
| 3.5. Esercizi per l'autovalutazione .....                                                                                 | »    | 36 |
| <b>4. Elaborazione di dati analitici 1</b> .....                                                                          | »    | 39 |
| 4.1. Descrizione di una serie di dati: media, mediana, deviazione standard, campo di variazione e grafici a scatola ..... | »    | 39 |
| 4.2. Confronto tra serie di dati e test di significatività .....                                                          | »    | 41 |
| 4.3. Individuazione di dati anomali .....                                                                                 | »    | 42 |
| 4.4. Esercizi svolti .....                                                                                                | »    | 43 |
| 4.5. Esercizi per l'autovalutazione .....                                                                                 | »    | 45 |

|                                                                             |             |           |
|-----------------------------------------------------------------------------|-------------|-----------|
| <b>5. Introduzione alla chimica analitica strumentale .....</b>             | <b>Pag.</b> | <b>47</b> |
| 5.1. Segnale e rumore .....                                                 | »           | 47        |
| 5.2. Limite di rilevabilità e di quantificazione .....                      | »           | 49        |
| 5.3. Sensibilità e selettività .....                                        | »           | 51        |
| 5.4. Limite di linearità .....                                              | »           | 53        |
| <br><b>6. Calibrazione .....</b>                                            | <br>»       | <br>55    |
| 6.1. Regressione lineare mediante il metodo dei minimi quadrati .....       | »           | 55        |
| 6.2. Calibrazione esterna .....                                             | »           | 57        |
| 6.3. Metodo delle aggiunte .....                                            | »           | 60        |
| 6.4. Metodo dello standard interno .....                                    | »           | 62        |
| 6.5. Analisi di diluizione isotopica .....                                  | »           | 65        |
| 6.6. Esercizi svolti .....                                                  | »           | 66        |
| 6.7. Esercizi per l'autovalutazione .....                                   | »           | 73        |
| <br><b>7. Elaborazione di dati analitici 2 .....</b>                        | <br>»       | <br>75    |
| 7.1. Esercizi svolti .....                                                  | »           | 76        |
| 7.2. Esercizi per l'autovalutazione .....                                   | »           | 84        |
| <br><b>8. Caratterizzazione dei metodi analitici .....</b>                  | <br>»       | <br>87    |
| 8.1. Validazione di un metodo analitico.....                                | »           | 87        |
| 8.2. Precisione .....                                                       | »           | 88        |
| 8.3. Accuratezza .....                                                      | »           | 98        |
| 8.4. Sensibilità e limite di rilevabilità .....                             | »           | 103       |
| 8.5. Esercizi per l'autovalutazione .....                                   | »           | 108       |
| <br><b>9. Esercizi di riepilogo .....</b>                                   | <br>»       | <br>111   |
| <br><b>10. Appendici .....</b>                                              | <br>»       | <br>143   |
| 10.1. Acronimi e abbreviazioni .....                                        | »           | 143       |
| 10.2. Tabelle dei valori statistici .....                                   | »           | 143       |
| 10.3. Funzioni dei fogli di calcolo per lo svolgimento degli esercizi ..... | »           | 146       |
| 10.4. Risultati degli esercizi per l'autovalutazione .....                  | »           | 147       |
| <br><b>Indice analitico .....</b>                                           | <br>»       | <br>151   |

# Prefazione

---

La chimica analitica è una disciplina scientifica che sviluppa e applica metodi, strumenti e strategie per ottenere informazioni sulla composizione della materia, costituendo un settore fondamentale delle scienze chimiche. Come illustrato nel frontespizio, la chimica analitica affonda le sue radici nel passato dove, nei contesti più disparati e più o meno consapevolmente, il processo deduttivo si è appoggiato su dati analitici ottenuti sperimentalmente. Esemplare è il ruolo della chimica analitica nei successi investigativi di Sherlock Holmes.<sup>1</sup> La chimica analitica moderna guarda però al futuro, coinvolta in un contesto multidisciplinare vasto e articolato nella soluzione dei più attuali problemi scientifici. La tutela dell'ambiente, della salute e dei beni culturali, lo sviluppo di materiali innovativi, le esigenti ricerche di chimica clinica, le problematiche merceologiche richiedono, infatti, la possibilità di effettuare analisi sempre più sofisticate, l'impiego di strumentazione tecnologicamente avanzata e, in definitiva, l'acquisizione di dati accurati e precisi da cui trarre informazioni affidabili e su cui basare scelte economiche e politiche.

Questo libro nasce dall'esigenza di fornire agli studenti dei corsi di laurea triennale in chimica un sussidio per lo studio dei concetti di base della chimica analitica, con particolare riferimento alle operazioni svolte in laboratorio e all'elaborazione dei dati. Il testo è rivolto anche agli studenti di discipline affini (scienze ambientali, scienze farmaceutiche, biochimica, geologia) e a tutti coloro che si apprestano a lavorare in un laboratorio di analisi. Perciò, esulano dallo scopo di questo libro sia la trattazione degli equilibri chimici, sia la descrizione di specifiche tecniche di analisi classica e strumentale. Viceversa, si intende introdurre alcune nozioni e definizioni comuni a tutti i metodi di analisi chimica e fornire precise indicazioni su come valutarne le prestazioni ed elaborare i dati ottenuti.

Il primo capitolo è dedicato alla nomenclatura, aspetto di primaria importanza in ogni materia oggetto di studio, consentendo di comunicare concetti e informazioni in modo corretto e univoco. La definizione delle grandezze utilizzate in chimica analitica, quali la massa, il volume e la concentrazione, è oggetto del secondo capitolo, con particolare attenzione ai metodi operativi per la loro determinazione. Nel terzo capitolo sono introdotti i principali concetti relativi all'errore di misura, alla sua propagazione durante il processo analitico e a come trattarlo da un punto di vista statistico. L'elaborazione dei dati analitici presenta diversi aspetti. L'applicazione di metodi di statistica descrittiva per analizzare e confrontare dati analitici è descritta nel quarto capitolo, mentre l'ela-

---

<sup>1</sup> R. P. Graham, *Sherlock Holmes: Analytical Chemist*. *J. Chem. Educ.*, 1945, 22, 508-510.

borazione dei dati ottenuti da misure strumentali per giungere al dato finale è descritta nel settimo capitolo. I concetti di base della chimica analitica strumentale sono trattati nel quinto capitolo, mentre i relativi metodi di calibrazione sono descritti nel sesto capitolo. Infine, i parametri prestazionali utilizzati per caratterizzare e confrontare i diversi metodi analitici sono definiti nell'ottavo capitolo.

Per ogni argomento, le definizioni e i concetti più importanti sono evidenziati con sfondo colorato, mentre alcuni approfondimenti di specifici argomenti sono riportati in appositi riquadri. Inoltre, in grassetto sono indicati i termini principali. Alla fine di ogni capitolo, si possono trovare numerosi esercizi svolti e altri per l'autovalutazione. Il libro si conclude con settanta esercizi di riepilogo, pensati per lo studio personale e il consolidamento.

### *Ringraziamenti*

Gli Autori desiderano ringraziare la Prof. Carmela Ianni per la revisione del testo.

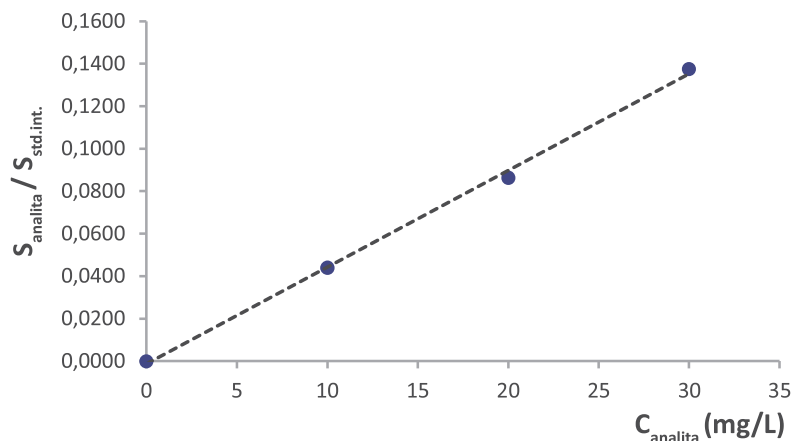


Figura 6.5. Calibrazione con il metodo dello standard interno.

Applicando il metodo dei minimi quadrati si ottiene la seguente equazione della retta:

$$\frac{S_{analita}}{S_{std.int.}} = -0,00128 + 0,00455 C_{analita}$$

da cui si può ricavare la concentrazione incognita nel campione:

$$C = \frac{0,1135 + 0,00128}{0,00455} = 25,2 \text{ mg/L}$$

Dal punto di vista grafico, tale operazione consiste nell'individuazione della concentrazione alla quale corrisponde il valore del rapporto tra i segnali misurato per il campione, come illustrato in Figura 6.6.

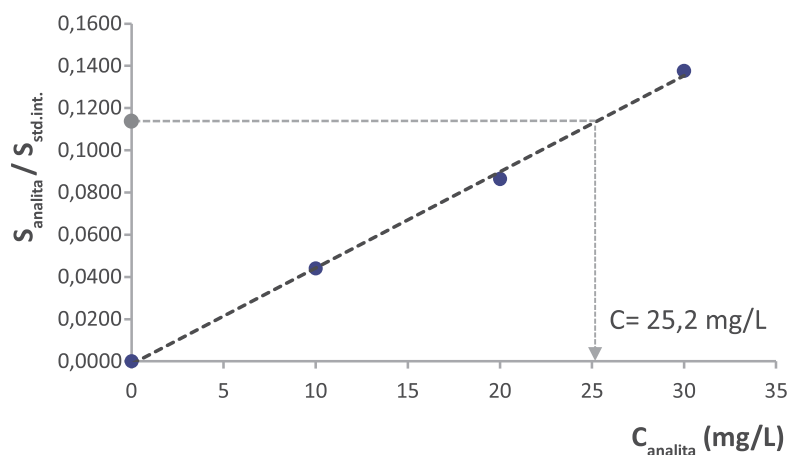


Figura 6.6. Determinazione grafica della concentrazione incognita mediante metodo dello standard interno.

Lo standard interno è scelto in modo che esso sia soggetto agli stessi effetti matrice dell'analita. In questo modo, considerando il rapporto tra i segnali, l'interferenza è compensata. In altre parole, il rapporto tra i segnali diviene indipendente dalla matrice del campione, rendendo sufficiente l'impiego di semplici soluzioni standard acquose per un'accurata calibrazione. Oltre che risentire delle interferenze in modo analogo all'analita, lo standard interno non deve essere naturalmente presente nei campioni, in modo da essere certi che la sua concentrazione nel campione sia uguale a quella nelle soluzioni standard. Infine, il metodo è applicabile unicamente a quelle tecniche strumentali che consentono di misurare contemporaneamente due segnali (quello dell'analita e quello dello standard interno).

In alcune trattazioni è riportato che il metodo dello standard interno viene realizzato ponendo in grafico il rapporto tra i segnali relativi all'analita e allo standard interno in funzione del rapporto tra le loro concentrazioni. Nell'esempio considerato, la curva di calibrazione risulterebbe quella illustrata in Figura 6.7.

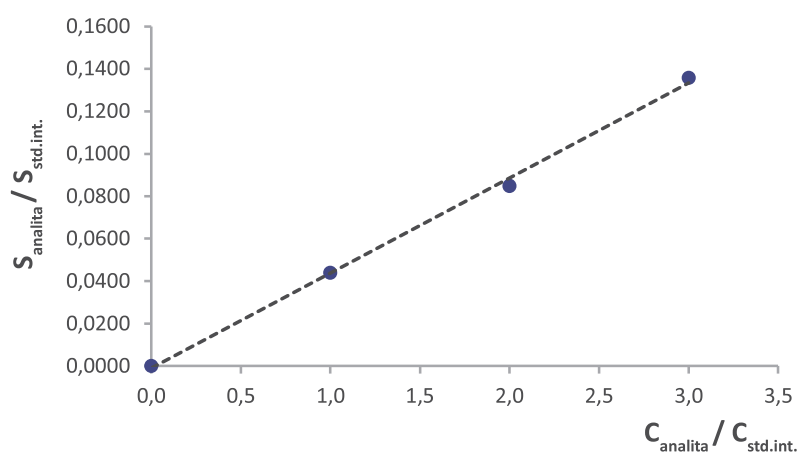


Figura 6.7. Calibrazione con il metodo dello standard interno (metodo alternativo).

Dopo aver determinato l'equazione della retta con il metodo dei minimi quadrati:

$$\frac{S_{analita}}{S_{std.int.}} = -0,00128 + 0,0455 \frac{C_{analita}}{C_{std.int.}}$$

si sostituisce il valore del rapporto tra i segnali in tale equazione, ottenendo il rapporto tra le concentrazioni:

$$\frac{C_{analita}}{C_{std.int.}} = \frac{0,1135 + 0,00128}{0,0455} = 2,52 \text{ mg/L}$$

Infine, si calcola la concentrazione incognita moltiplicando per la concentrazione di standard interno (10 mg/L, Tabella 6.4):

$$C_{analita} = 2,52 \cdot 10 \text{ mg/L} = 25,2 \text{ mg/L}$$

I due procedimenti portano ovviamente allo stesso risultato. Tuttavia, il primo presenta il vantaggio di non richiedere la conoscenza della concentrazione di standard interno (ma solo che sia uguale in tutti i campioni e le soluzioni standard).

Infine, è interessante notare che, nell'esempio considerato, il risultato ottenuto con la calibrazione esterna (21,1 mg/L) è inferiore a quello ottenuto con il metodo dello standard interno (25,2 mg/L), a parità di segnale strumentale misurato per l'analita. La discrepanza tra i risultati è proprio dovuta all'effetto della matrice, compensato dall'applicazione del secondo metodo. Tale effetto è evidenziato dal segnale dello standard interno che, a parità di concentrazione, è mediamente 1148 nelle soluzioni standard e 925 nel campione. La diminuzione del segnale di circa il 20% dovuta alla matrice avrebbe comportato, se non corretta mediante la scelta dell'opportuno metodo di calibrazione, un'analogia sottostima analitica.

## 6.5. Analisi di diluizione isotopica

La diluizione isotopica<sup>14</sup> è un metodo di calibrazione di altissimo livello metrologico, basato sulla misura della variazione della composizione isotopica naturale dell'analita ottenuta in seguito all'aggiunta al campione di una quantità nota di uno standard dell'analita arricchito in uno dei suoi isotopi.

Il principio è illustrato in Figura 6.8, considerando il caso di due isotopi di un dato elemento e della misura del loro rapporto. I rapporti isotopici naturali degli elementi sono, in prima approssimazione, costanti. Perciò, in un dato campione, l'elemento che si vuole determinare sarà caratterizzato da un rapporto isotopico noto. Aggiungendo al campione una quantità nota di uno standard arricchito artificialmente in un determinato isotopo, il rapporto risulterà alterato e l'entità della variazione dipenderà in modo quantitativo dalla concentrazione dell'elemento nel campione, che potrà così essere determinata.

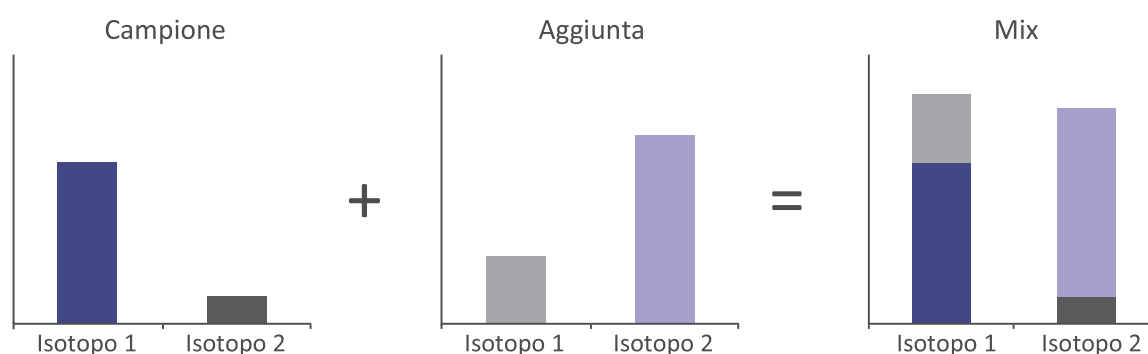


Figura 6.8. Illustrazione del metodo della diluizione isotopica.

Dopo l'aggiunta dello standard, il rapporto  $R$  tra due generici isotopi (1) e (2) dell'elemento è dato dalla seguente espressione:

$$(6.6) \quad R = \frac{N_S h_S^{(1)} + N_A h_A^{(1)}}{N_S h_S^{(2)} + N_A h_A^{(2)}}$$

<sup>14</sup> Per la definizione di isotopo e abbondanza isotopica si rimanda al Paragrafo 2.3.

dove  $N_S$  e  $N_A$  sono il numero di atomi di analita nel campione e nell'aggiunta, mentre  $h_S$  e  $h_A$  sono le abbondanze isotopiche nel campione e nell'aggiunta. Perciò, misurando  $R$  è possibile ricavare il numero di atomi di analita nel campione  $N_S$ , in quanto tutti gli altri termini dell'espressione 6.6 sono noti. Infine, dal numero di atomi si risale alla concentrazione analitica, conoscendo la massa di campione.

Il fondamentale vantaggio di questo metodo consiste nel fatto che, una volta effettuata l'aggiunta e ottenuto il campione "mix", ogni eventuale perdita di campione durante la procedura analitica non influisce sul risultato finale perché il rapporto  $R$  è il medesimo in ogni porzione di campione. Inoltre, il metodo è basato sulla misura di un rapporto tra segnali, compensando alcune interferenze dovute alla matrice. Perciò, i metodi analitici basati sulla diluizione isotopica sono molto accurati, annullando diverse potenziali cause di errore durante l'intero procedimento analitico.

Il metodo della diluizione isotopica può essere applicato sia ad elementi (a condizione che abbiano almeno due isotopi stabili) che a molecole, ovviamente in quelle tecniche analitiche che consentano di determinare la loro composizione isotopica, tipicamente le tecniche di spettrometria di massa. Inoltre, devono essere disponibili gli standard isotopicamente arricchiti, che sono caratterizzati da costi relativamente elevati.

## 6.6. Esercizi svolti



### Esercizio 6.1

Per determinare un dato analita in un campione con il metodo della calibrazione esterna, vengono preparate quattro soluzioni standard di concentrazione 0, 200, 400 e 600 ppm e analizzate insieme a quattro aliquote del campione, ottenendo i seguenti dati:

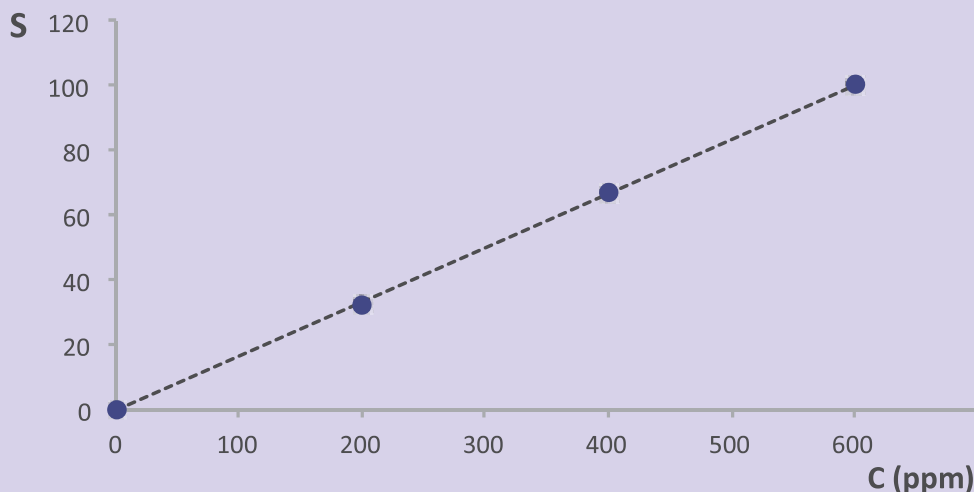
| Soluzione  | Segnale strumentale<br>(unità arbitrarie, u.a. <sup>15</sup> ) |
|------------|----------------------------------------------------------------|
| Standard 0 | 0                                                              |
| Standard 1 | 33                                                             |
| Standard 2 | 67                                                             |
| Standard 3 | 100                                                            |
| Aliquota 1 | 45                                                             |
| Aliquota 2 | 46                                                             |
| Aliquota 3 | 44                                                             |
| Aliquota 4 | 47                                                             |

Si calcoli la concentrazione di analita nel campione.

<sup>15</sup> Per "unità arbitrarie" si intendono unità di misura riferite unicamente alla procedura con cui è avvenuta la misurazione, ma senza nessun reale significato fisico né relazioni con unità di misura del SI. Sono abbreviate in u.a. (o a.u., dall'inglese "arbitrary units"), da non confondersi con "unità atomiche" o addirittura con "unità di assorbanza" (notazione formalmente errata in quanto l'assorbanza è adimensionale).

**Svolgimento**

In accordo con il metodo della calibrazione esterna (§6.2), i valori di segnale strumentale vengono riportati in grafico in funzione della concentrazione delle soluzioni standard:



Quindi, si determina l'equazione della retta mediante il metodo dei minimi quadrati (§6.1):

$$\bar{x} = \frac{0+200+400+600}{4} = 300$$

$$\bar{y} = \frac{0+33+67+100}{4} = 50$$

$$m = \frac{(0-300)(0-50) + (200-300)(33-50) + (400-300)(67-50) + (600-300)(100-50)}{(0-300)^2 + (200-300)^2 + (400-300)^2 + (600-300)^2} = 0,167 \text{ ppm}^{-1}$$

$$b = 50 - 0,167 \cdot 300 = -0,100$$

Da cui:

$$S = 0,167 \cdot C - 0,100$$

con C espressa in ppm.

Infine, si determina la concentrazione analitica nel campione, sostituendo i valori delle quattro misurazioni nell'equazione della retta:

$$C_1 = \frac{45 + 0,100}{0,167 \text{ ppm}^{-1}} = 270 \text{ ppm}$$

$$C_2 = \frac{46 + 0,100}{0,167 \text{ ppm}^{-1}} = 276 \text{ ppm}$$

$$C_3 = \frac{44 + 0,100}{0,167 \text{ ppm}^{-1}} = 264 \text{ ppm}$$

$$C_4 = \frac{47 + 0,100}{0,167 \text{ ppm}^{-1}} = 282 \text{ ppm}$$

e calcolando media e deviazione standard dei risultati:

$$C = 273 \pm 8 \text{ ppm}$$



### Esercizio 6.2

Per determinare un dato analita in un campione con il metodo delle aggiunte, si trasferiscono in matracci tarati da 50 mL tre aliquote da 5 mL del campione e quantità crescenti (0, 0,5 e 1,0 mL) di una soluzione standard dell'analita di concentrazione 100 ppm. Le soluzioni vengono portate a volume e analizzate mediante una tecnica strumentale, ottenendo i seguenti dati:

| Soluzione | Segnale<br>strumentale<br>(u.a.) |
|-----------|----------------------------------|
| 1         | 0,200                            |
| 2         | 0,320                            |
| 3         | 0,450                            |

Si calcoli la concentrazione di analita nel campione.

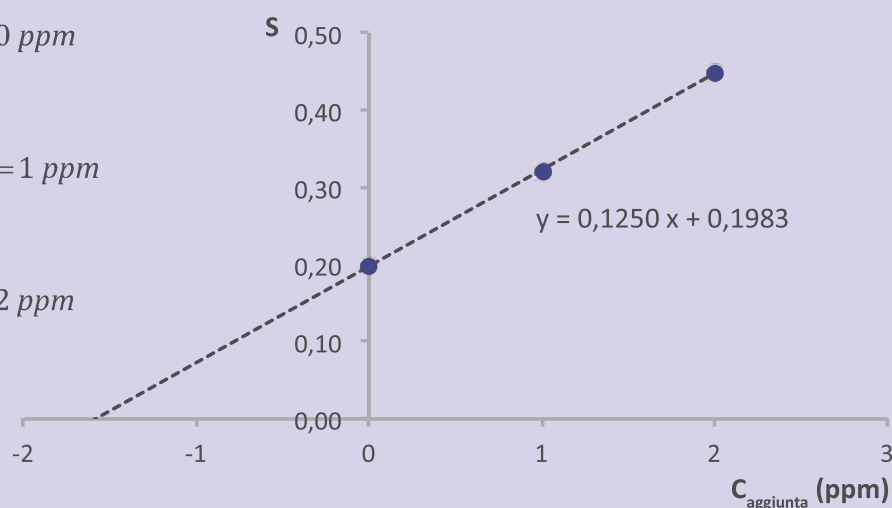
### Svolgimento

In accordo con il metodo delle aggiunte (§6.3), i valori di segnale strumentale vengono riportati in grafico in funzione della concentrazione aggiunta. Questa viene determinata considerando la diluizione della soluzione standard madre:

$$C_{agg_0} = \frac{(100 \text{ ppm} \cdot 0 \text{ mL})}{50 \text{ mL}} = 0 \text{ ppm}$$

$$C_{agg_1} = \frac{(100 \text{ ppm} \cdot 0,5 \text{ mL})}{50 \text{ mL}} = 1 \text{ ppm}$$

$$C_{agg_2} = \frac{(100 \text{ ppm} \cdot 1 \text{ mL})}{50 \text{ mL}} = 2 \text{ ppm}$$



L'equazione della retta mostrata in figura viene determinata applicando il metodo dei minimi quadrati:

$$\bar{x} = \frac{0+1+2}{3} = 1$$

$$\bar{y} = \frac{0,200+0,320+0,450}{3} = 0,3233$$

$$m = \frac{(0-1)(0,200-0,3233) + (1-1)(0,320-0,3233) + (2-1)(0,450-0,3233)}{(0-1)^2 + (1-1)^2 + (2-1)^2} = 0,1250 \text{ ppm}^{-1}$$

$$b = 0,3233 - 0,1250 \cdot 1 = 0,1983$$

Quindi, si determina la concentrazione di analita nella soluzione analizzata, estrapolando a segnale nullo, ossia:

$$C_{\text{soluzione}} = \frac{|-0,1983|}{0,1250 \text{ ppm}^{-1}} = 1,586 \text{ ppm}$$

Infine, si ricava la concentrazione nel campione tenendo conto della diluizione operata (5 mL → 50 mL):

$$C_{\text{campione}} = \frac{1,586 \text{ ppm} \cdot 50 \text{ mL}}{5 \text{ mL}} = 15,9 \text{ ppm}$$



### Esercizio 6.3

I risultati di un'analisi effettuata con il metodo dello standard interno sono riportati nella seguente tabella:

| Soluzione  | Concentrazione (ppm) |             | Segnale strumentale (u.a.) |             |
|------------|----------------------|-------------|----------------------------|-------------|
|            | Analita              | Std interno | Analita                    | Std interno |
| Standard 1 | 0                    | 10          | 48                         | 7210        |
| Standard 2 | 1                    | 10          | 384                        | 7218        |
| Standard 3 | 10                   | 10          | 3110                       | 7208        |
| Campione   | -                    | 10          | 1250                       | 4326        |

Si calcoli la concentrazione dell'analita nel campione impiegando sia il metodo dello standard interno che quello della calibrazione esterna.

Marco Grotti • Francisco Ardini

# Il Laboratorio di Chimica Analitica

Concetti di base ed esercizi svolti

Accedi ai contenuti digitali > Espandi le tue risorse > con un libro che **non pesa** e si **adatta** alle dimensioni del tuo **lettore**



All'interno del volume il **codice personale** e le istruzioni per accedere ai **contenuti digitali**.  
L'accesso alle risorse digitali è **gratuito** ma limitato a **18 mesi dalla attivazione del servizio**.



€ 14,00

