



Ministero dell'Istruzione e del Merito  
Istituto di Istruzione Secondaria Superiore  
"Alessandro Greppi"

Via dei Mille 27 – 23876 Monticello B.za (LC)  
[www.istitutogreppi.edu.it](http://www.istitutogreppi.edu.it)



Programma svolto a.s. 2024/2025  
Classe 4 KA  
Materia: Chimica Analitica Strumentale  
Professoressa Raffaella Breglia e Professor Ivano Oliva

### Libri di testo adottati

- (a) Rubino, Venzaghi, Cozzi – Le basi della chimica analitica, volume unico (seconda edizione) – Zanichelli – ISBN: 9788808520272
- (b) Rubino, Venzaghi, Cozzi – Le basi della chimica analitica, Laboratorio (seconda edizione) – Zanichelli – ISBN: 9788808831989
- (c) Cozzi, Protti, Ruaro, – Elementi di chimica analitica strumentale (terza edizione) Tecniche di analisi per Chimica e materiali – Zanichelli – ISBN: 9788808520722

### Argomenti che sono stati trattati nel corso dell'a.s. 2024/2025

#### **Programmazione per competenze**

- 1. acquisire i dati ed esprimere qualitativamente e quantitativamente i risultati delle osservazioni di un fenomeno attraverso grandezze fondamentali e derivate;
- 2. individuare e gestire le informazioni per organizzare le attività sperimentali;
- 3. utilizzare i concetti, i principi e i modelli della chimica fisica per interpretare la struttura dei sistemi e le loro trasformazioni;
- 4. essere consapevole delle potenzialità e dei limiti delle tecnologie, nel contesto culturale e sociale in cui sono applicate;
- 5. intervenire nella pianificazione di attività e controllo della qualità del lavoro nei processi chimici e biotecnologici;
- 6. elaborare progetti chimici e biotecnologici e gestire attività di laboratorio;
- 7. controllare progetti e attività, applicando le normative sulla protezione ambientale e sulla sicurezza;
- 8. redigere relazioni tecniche e documentare le attività individuali e di gruppo relative a situazioni professionali.

#### **Equilibri acido-base (ripasso e approfondimento) e titolazioni acido-base**

##### **CONOSCENZE**

Teoria acido-base di Brønsted-Lowry. Concetto di coppia coniugata. Specie anfotere. La forza di acidi e basi. Reazioni di dissociazione acida e di dissociazione basica. Costanti di acidità ( $K_a$ ) e di basicità ( $K_b$ ). Grado di

dissociazione. Il prodotto ionico dell'acqua ( $K_w$ ). Effetto livellante del solvente. pH, pOH,  $pK_w$ ,  $pK_a$  e  $pK_b$ . Soluzioni neutre, acide e basiche. Effetto della diluizione sulla dissociazione.  $K_a$  e  $K_b$  di coppie coniugate. Idrolisi dei sali. Soluzioni tampone a pH estremo e a pH vicino alla neutralità. Capacità tamponante: effetto della  $K_a/K_b$  e della concentrazione. Acidi poliprotici e basi poliprotiche. pH di una specie anfotila. Titolazioni acido-base. Condizioni di titolabilità. Titolazione di miscele di acidi e di miscele di basi. Influenza della forza dell'acido/base e della concentrazione sulla curva di titolazione. Indicatori acido-base e loro intervallo di viraggio. Errore di titolazione. Errore dell'indicatore. Standard primario e suoi requisiti. Soluzioni standard e standardizzazione di soluzioni. Metodi per determinare il punto di equivalenza di una titolazione: metodo dell'indicatore, metodo dei prolungamenti e metodo matematico (metodo della derivata prima e della derivata seconda).

#### **ABILITÀ**

Riconoscere e distinguere acidi e basi. Distinguere gli acidi e basi forti dagli acidi e basi deboli. Scrivere reazioni acido-base e le relative costanti di acidità o di basicità. Confrontare la forza di acidi e basi. Svolgere calcoli usando la relazione che lega pH, pOH e  $pK_w$ . Calcolare il valore del pH e correlarlo all'acidità. Utilizzare le formule approssimate e le formule complete (ottenute dall'impostazione e dallo sviluppo degli schemi I-Δ-F delle reazioni in soluzione) per il calcolo del pH. Calcolare il pH di acidi (o basi) forti, acidi (o basi) deboli, miscele di acidi (o basi), miscele di acidi e basi, soluzioni di sali e soluzioni tampone. Calcolare come varia il grado di dissociazione in relazione alla diluizione di un acido e di una base debole. Determinare la concentrazione di acido/base/sale a partire dal valore del pH. Riconoscere i sali che danno luogo a reazioni di idrolisi acida e basica. Calcolare il pH della soluzione di un sale. Calcolare il pH di una soluzione tampone. Preparare un tampone tramite mescolamento delle specie coniugate e neutralizzazione parziale. Risolvere problemi relativi alle variazioni del pH di soluzioni tampone. Prevedere la reazione di un tampone a seguito dell'aggiunta di acidi e basi forti. Calcolare il pH di soluzioni di acidi poliprotici e di sali che derivano da acidi poliprotici, sapendo effettuare semplificazioni sulla base della forza delle successive dissociazioni. Risolvere calcoli relativi alle titolazioni di acidi e basi poliprotici e titolazioni di miscele di acidi o miscele di basi con acidi o basi forti.

Progettare ed effettuare una titolazione acido-base, per via potenziometrica e per via colorimetrica. Determinare il titolo della soluzione a titolo incognito dal volume di viraggio dell'indicatore acido-base. Applicare il metodo dei prolungamenti, della derivata prima e della derivata seconda per la determinazione del punto di equivalenza in una titolazione potenziometrica. Prevedere la variazione del pH durante una titolazione di neutralizzazione in soluzione acquosa. Calcolare il pH al punto di equivalenza e in corrispondenza dell'aggiunta di una determinata quantità di titolante in una titolazione acido forte-base forte, acido debole-base forte e base debole-acido forte. Tracciare le relative curve di titolazione (teoriche e sperimentali). Identificare le zone tampone in grafici di curve di titolazione. Giustificare e interpretare gli andamenti di una curva di titolazione acido-base. Saper scegliere l'indicatore più adatto per una determinata titolazione. Saper valutare gli errori di titolazione. Tracciare e interpretare le curve di titolazione di acidi e basi poliprotici e calcolare il pH ai diversi punti di equivalenza.

#### **RIFERIMENTI**

Capitoli 10, 11, 12 e 13 del libro di testo (a), capitoli 8 e 11 del libro di laboratorio (b), materiale su Teams e appunti.

### **Teoria elementare della misura ed elaborazione dati**

#### **CONOSCENZE**

Incertezza delle misure. Fonti dell'incertezza. Errori sistematici o determinati (errori strumentali, errori personali, errori operativi ed errori di metodo) ed errori casuali o indeterminati. Accuratezza e precisione. Valutazione dell'incertezza di una misura singola. Espressione del risultato di una serie di misure: indicatori di posizione (media, moda, mediana) e indicatori di dispersione (dispersione o range, semidispersione, devianza, varianza, deviazione standard). Esattezza: errore assoluto, errore relativo ed errore percentuale. Valutazione dell'incertezza di misure sperimentali. Valutazione di dati anomali: il test di Dixon. Relazione tecnica.

#### **ABILITÀ**

Esprimere il risultato di una misura e di una serie di misure. Analizzare i risultati di un'analisi con parametri statistici. Analizzare criticamente i risultati di un'analisi al fine di migliorarne la procedura. Redigere relazioni tecniche per documentare le attività di laboratorio.

#### **RIFERIMENTI**

Capitolo 3 del libro di laboratorio (b), materiale su Teams e appunti.

Titolazioni di precipitazione
<p><b>CONOSCENZE</b> Condizioni per eseguire una titolazione di precipitazione. Argentometria: metodo di Mohr e metodo di Vohlard. Titolazioni dirette e inverse.</p> <p><b>ABILITÀ</b> Progettare ed effettuare una titolazione di precipitazione applicando il metodo di Mohr e nel metodo di Vohlard. Cogliere il punto di equivalenza. Determinare la concentrazione dell'analita. Comprendere le reazioni coinvolte. Riconoscere le condizioni di applicabilità e le fonti di errore dei due metodi.</p> <p><b>RIFERIMENTI</b> Capitolo 10 del libro di laboratorio (b) e appunti.</p>
Elettrochimica e titolazioni redox
<p><b>CONOSCENZE</b> Bilanciamento reazioni redox in ambiente acido e in ambiente basico (metodo delle semireazioni). Elettrochimica. Celle galvaniche (o pile), celle elettrolitiche e relative semicelle. Pila Daniel. Anodo e catodo. Diagramma di cella. Differenza di potenziale in una cella elettrochimica. Forza elettromotrice. Potenziali standard di riduzione. Elettrodo standard ad idrogeno. Relazione tra potenziale di cella e differenza di energia libera. Relazione tra costante di equilibrio e differenza di potenziale in condizioni standard. Equazione di Nernst e sua dimostrazione. Titolazioni redox e calcolo del potenziale al punto di equivalenza. Potere ossidante e potere riducente dell'agente titolante. Indicatori in una titolazione redox: reagenti, indicatori specifici e indicatori redox veri e propri. Permanganometria, Iodimetria e Iodometria. Titolazioni dirette e titolazioni indirette.</p> <p><b>ABILITÀ</b> Distinguere ossidanti e riducenti. Bilanciare una reazione redox con il metodo delle semireazioni. Valutare e confrontare la forza di agenti ossidanti e riducenti. Scrivere le equazioni ioniche nette di una reazione redox. Prevedere la spontaneità di una reazione sulla base della serie dei potenziali standard di riduzione. Distinguere una cella galvanica da una cella elettrolitica. Riconoscere le reazioni all'anodo e al catodo. Applicare in problemi di calcolo la relazione tra costante di equilibrio di una redox e valore del <math>\Delta E^\circ</math>. Scrivere e applicare l'equazione di Nernst per calcolare il potenziale di cella. Calcolare il potenziale al punto di equivalenza di una titolazione redox. Progettare ed effettuare una titolazione redox.</p> <p><b>RIFERIMENTI</b> Capitolo 14 del libro di testo (a), capitolo 9 del libro di laboratorio (b) e appunti.</p>
Metodi elettrochimici
<p><b>CONOSCENZE</b> Classificazione metodi di analisi. Metodi elettrochimici e sistema elettrochimico. Conduttori di prima specie e conduttori di seconda specie. Classificazione dei metodi elettrochimici: metodi a corrente zero (o statici) e metodi a corrente diversa da zero. Metodi elettrolitici. Elettrolisi. Potenziale da applicare affinché si verifichi l'elettrolisi. Corrente di elettrodo (anodica e catodica). Grafico corrente/tensione.</p> <p><b>ABILITÀ</b> Riconoscere i principi fisici e chimico-fisici su cui si fondano i metodi di analisi elettrochimica. Riconoscere le reazioni all'anodo e al catodo. Saper prevedere le reazioni di cella. Saper interpretare il grafico potenziale/corrente.</p> <p><b>RIFERIMENTI</b> Capitoli 1 e 3 del libro di testo (c), materiale su Teams e appunti.</p>
Potenziometria
<p><b>CONOSCENZE</b> Elettrodo e potenziale di elettrodo. Classificazione degli elettrodi (prima specie, seconda specie, terza specie e quarta specie). Calcolo del potenziale di elettrodo e sua misura. Elettrodo di riferimento ed elettrodo di misura. Potenziali standard di riduzione. Cella galvanica e potenziale di cella. Pila Daniell. Pila a concentrazione.</p>

<p>Elettrodi di riferimento primari (elettrodo standard ad idrogeno) ed elettrodi di riferimento secondari (elettrodo ad argento/argento cloruro ed elettrodo a calomelano). Elettrodi di misura: elettrodi metallici ed elettrodi selettivi a membrana. Elettrodo a vetro ed elettrodo a vetro combinato. Potenziale dell'elettrodo a vetro. Meccanismo di azione della membrana di vetro. Calibrazione dell'elettrodo a vetro. Errore alcalino ed errore acido dell'elettrodo a vetro. Elettrodi a membrana ionoselettivi. Applicazioni potenziometria: misure dirette e misure indirette (titolazioni). Metodi grafici e matematici per la determinazione del punto di equivalenza in una titolazione potenziometrica.</p> <p><b>ABILITÀ</b></p> <p>Classificare gli elettrodi. Calcolare i potenziali di elettrodo con la legge di Nernst. Confrontare i potenziali standard di ossidoriduzione. Calcolare la tensione pratica (d.d.p.) di una pila. Calcolare la tensione teorica (f.e.m.) di una pila. Misurare il pH. Tarare il piaccmetro. Progettare ed eseguire le titolazioni potenziometriche. Determinare il punto di equivalenza dalla curva di titolazione.</p> <p><b>RIFERIMENTI</b></p> <p>Capitolo 2 del libro di testo (c), materiale su Teams e appunti.</p>
<b>Voltammetria</b>
<p><b>CONOSCENZE</b></p> <p>Principi ed applicazioni. Processo di scarica: elettrodo a potenziale costante. Movimento delle particelle in soluzione: convezione, migrazione e diffusione. Metodi per eliminare i fenomeni di convezione e di migrazione. Elettroliti di supporto. Corrente faradica e corrente capacitiva. Processo di scarica: scansione di potenziale. Voltammogramma. Metodi voltammetrici: voltammetria a scansione rapida lineare, voltammetria ciclica, voltammetria differenziale ad impulsi, voltammetria idrodinamica, voltammetria di ridissoluzione. Strumentazione: cella di misura (elettrodo di lavoro, elettrodo di riferimento e contro elettrodo). Fasi di un'analisi voltammetrica. Analisi qualitativa e quantitativa. Metodo della retta di taratura e dell'aggiunta di standard (aggiunta singola ed aggiunta multipla). Titolazioni amperometriche.</p> <p><b>ABILITÀ</b></p> <p>Distinguere tra corrente capacitiva e corrente faradica. Interpretare il voltammogramma. Effettuare un'analisi voltammetrica. Interpretare e prevedere la curva di una titolazione amperometrica.</p> <p><b>RIFERIMENTI</b></p> <p>Capitolo 5 del libro di testo (c), materiale su Teams e appunti.</p>
<b>Conduttimetria</b>
<p><b>CONOSCENZE</b></p> <p>Conduttimetria e conducibilità elettrica. Conducibilità specifica e fattori dalla quale è influenzata (concentrazione degli ioni in soluzione, cariche ioniche, velocità di migrazione degli ioni in soluzione e temperatura). Mobilità degli ioni. Strumentazione. Schema a blocchi di un conduttimetro. Cella conduttimetrica. Determinazione della costante di cella. Metodi di analisi: misure dirette e misure indirette. Titolazioni conduttimetriche acido-base e di precipitazione.</p> <p><b>ABILITÀ</b></p> <p>Comprendere i fattori che agiscono sui meccanismi di conduzione elettrica. Eseguire le misure conduttimetriche. Interpretare e prevedere la curva di una titolazione conduttimetrica.</p> <p><b>RIFERIMENTI</b></p> <p>Capitolo 6 del libro di testo (c), materiale su Teams e appunti.</p>
<b>Metodi ottici</b>
<p><b>CONOSCENZE</b></p> <p>Il modello orbitalico. Dualismo onda-particella. Energia interna degli atomi. Teoria LCAO (combinazione lineare di orbitali atomici). Energia interna delle molecole. Natura ondulatoria e corpuscolare della radiazione elettromagnetica. Lo spettro elettromagnetico. Interazione tra radiazione e materia: assorbimento e rilassamento (interpretati secondo il modello corpuscolare e il modello ondulatorio). Regola di selezione generale. Distribuzione di Boltzmann. Transizioni energetiche indotte dall'interazione radiazione-materia. Spettroscopia di assorbimento e spettroscopia di emissione (atomico e molecolare). Schema a blocchi di uno spettrofotometro. Assorbanza e trasmittanza. Legge di Lambert-Beer. Luminescenza. Fenomeni ottici:</p>

riflessione, rifrazione, interferenza, diffrazione, dispersione e polarizzazione della luce. Monocromatori: prisma ottico, filtro interferenziale, reticolo di trasmissione e reticolo di riflessione.

#### **ABILITÀ**

Spiegare la formazione di legami chimici mediante la teoria LCAO. Comprendere le differenze in uno spettro di assorbimento atomico e in uno spettro di assorbimento molecolare. Saper correlare le diverse zone dello spettro elettromagnetico con i principali parametri che caratterizzano una radiazione elettromagnetica. Comprendere come i diversi fenomeni ottici vengano sfruttati in uno spettrofotometro. Applicare la legge di Beer. Calcolare l'assorbanza E la trasmittanza.

#### **RIFERIMENTI**

Capitolo 7 del libro di testo (c), materiale su Teams e appunti.

#### **Attività di laboratorio**

Taratura della buretta da 10 mL e da 25 mL e determinazione delle relative equazioni con il metodo dei minimi quadrati. Manutenzione e taratura del pHmetro. Standardizzazione HCl con  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Titolazione NaOH-HCl per via colorimetrica e per via potenziometrica. Titolazione  $\text{CH}_3\text{COOH}$  con NaOH per via colorimetrica e per via potenziometrica. Titolazione  $\text{NH}_3$  con  $\text{CH}_3\text{COOH}$  per via colorimetrica e per via potenziometrica. Titolazione  $\text{H}_3\text{PO}_4$  con NaOH per via potenziometrica. Determinazione della concentrazione di  $\text{H}_3\text{PO}_4$  in una bevanda. Titolazione redox del sale di Mohr con  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ . Titolazione iodimetrica dell'acido ascorbico. Titolazione iodometrica di una soluzione di solfato di rame. Titolazione redox per via potenziometrica. Determinazione dei cloruri in una soluzione di NaCl, in un campione di acqua del rubinetto e in diverse acque minerali mediante titolazione argentometrica, secondo il metodo di Mohr e secondo il metodo di Volhard. Analisi acque: misura della conducibilità elettrica, misura del pH, riconoscimento della presenza di ammoniaca mediante reattivo di Nessler, determinazione della durezza permanente e della durezza temporanea mediante titolazione complessometrica con EDTA. Determinazione della concentrazione di  $\text{Zn}^{2+}$  in una soluzione mediante analisi voltammetrica differenziale ad impulsi ed applicazione del metodo della aggiunta multipla di standard. Titolazione conduttimetrica NaOH-HCl. Determinazione della concentrazione di caffeina in una soluzione mediante analisi spettroscopica UV-Visibile ed applicazione del metodo della retta di taratura.

#### **ABILITÀ**

Impostare e gestire determinazioni titrimetriche in laboratorio. Utilizzare metodi grafici e matematici per ricavare il dato analitico. Documentare le attività individuali e di gruppo e presentare i risultati di un'analisi. Gestire strumentazione ed eseguire autonomamente metodiche analitiche laboratoriali. Organizzare ed elaborare le informazioni ottenute da analisi chimiche applicate. Interpretare i dati e correlare gli esiti sperimentali con i modelli teorici di riferimento. Effettuare scelte operative per determinazioni analitiche da condurre successivamente in laboratorio. Riconoscere i principi fisici e chimico-fisici su cui si fondano i metodi di analisi elettrochimica.

Monticello B.za, 29/05/2025

Gli studenti

Gli insegnanti