



Tema 3 – Due esperimenti con il tiosolfato di sodio

Il tiosolfato di sodio $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ è un composto ionico dello zolfo, contenente lo ione tiosolfato $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$. I suoi utilizzi spaziano dal campo medico, alla chimica analitica, alla fotografia, all'estrazione dell'oro...

Oggi tu lo utilizzerai in due esperimenti molto diversi tra loro.

RACCOMANDAZIONI:

**Fai sempre attenzione quando maneggi le sostanze chimiche e le attrezzature!
Indossa sempre le protezioni, in particolare gli occhiali!**

Quando riporti i risultati, utilizza sempre un numero adeguato di cifre significative.

**Non è necessario svolgere tutte le attività nell'ordine in cui sono presentate.
Se lo ritieni opportuno, puoi procedere anche secondo un ordine diverso.**

Rilassati e buon divertimento!

Definizione di mole

Ti ricordiamo che un concetto fondamentale nella Chimica è la **mole**. Una mole di qualsiasi cosa è esattamente uguale ad un **numero di Avogadro** ($N_A = 6,022 \times 10^{23}$) di copie di quella cosa. Nel caso di oggetti macroscopici puoi renderti conto facilmente che una mole è una quantità poco maneggevole. Nel caso di atomi e molecole, invece, il peso di una mole coincide con un numero di grammi esattamente uguale al peso atomico o molecolare.

Concentrazioni: percentuale in massa e concentrazione molare

Negli esperimenti di oggi le concentrazioni dei reagenti saranno espresse in due modi:

- in **percentuale in massa**, data dal rapporto, moltiplicato per 100, tra la massa della sostanza e la massa *totale* del liquido o solido in cui essa è contenuta;
- in **concentrazione molare** (M), data dal rapporto tra moli di sostanza disciolta e volume *totale* della soluzione (1M = 1 mol/L). *Nota: spesso la concentrazione è espressa anche come millimolare: 1 mM = 1 mmol/L = 10⁻³ mol/L.*

Pesi atomici

Per i tuoi calcoli utilizza i seguenti valori approssimati dei pesi atomici:

PA(H) = 1,0	PA(O) = 16,0	PA(Na) = 23,0
PA(S) = 32,1	PA(K) = 39,1	PA(I) = 126,9



3A. Determinazione della dipendenza della velocità di reazione dalla concentrazione di un reagente

3A.1 – Introduzione

ASPETTI CINETICI DELLE REAZIONI CHIMICHE

Nello studio delle reazioni chimiche riveste particolare importanza pratica esaminare i fattori che influiscono sul tempo necessario affinché una reazione si completi, anche per imparare come poter rallentare o accelerare la reazione stessa. Ad esempio ci sono reazioni come il deterioramento dei cibi, la cui velocità è opportuno rallentare ed altre per cui accelerare i tempi di realizzazione costituisce un vantaggio economico dal punto di vista industriale.

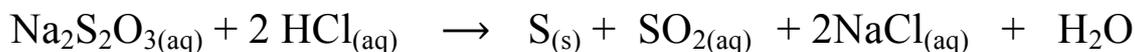
VELOCITÀ DI REAZIONE

Si conviene di definire la velocità di reazione come la variazione della concentrazione di un prodotto o di un reagente per unità di tempo.

Per studiare sperimentalmente il comportamento di una reazione dal punto di vista della sua velocità di reazione è necessario individuare una proprietà fisica di un reagente o di un prodotto il cui cambiamento possa essere monitorato nel corso della reazione e quindi al passare del tempo.

ESPERIMENTO

Oggetto del nostro studio è la dipendenza della velocità iniziale di reazione dalla concentrazione iniziale del tiosolfato di sodio nella reazione seguente:



Se si mescola una soluzione di tiosolfato di sodio con una soluzione di acido cloridrico si forma zolfo solido che rimane in sospensione rendendo torbida la soluzione man mano che viene prodotto. Perciò la proprietà che si sfrutta per seguire il procedere della reazione è l'intorbidamento della soluzione. Ad un pari intorbidamento corrisponde uguale quantità di zolfo formato. Poiché la velocità di reazione è espressa come quantità di prodotto formato diviso l'intervallo di tempo di cambiamento, l'intervallo di tempo che intercorre tra il mescolamento delle soluzioni e la formazione dello zolfo è una misura della velocità iniziale della nostra reazione.

Materiali a disposizione

- Foglio di carta bianca
- Pennarello nero grosso
- Pennarello indelebile
- 1 cilindro graduato da 50 mL
- 1 Becker da 100 o 150 mL
- 5 bicchieri di plastica da 100 mL
- Bacchetta di vetro
- 2 Pipette Pasteur con tettarelle
- Acqua distillata in spruzzetta
- Pipetta o cilindro graduato da 5 mL
- Cronometro
- Carta millimetrata (2 fogli)
- Soluzione $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,25 M
- Soluzione HCl 2 M
- Contenitore per i rifiuti liquidi (in comune, oppure sul tuo bancone)



3A.2 – Preparazione delle soluzioni

Utilizza il cilindro graduato per misurare i volumi. Per riempirlo fino al segno corretto, per aggiungere gli ultimi mL potrebbe essere comodo aiutarti con una pipetta Pasteur.

Numera i bicchieri di plastica da 1 a 5

Soluzione 1 Misura **50 mL** di soluzione di $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,25 M e trasferiscili nel **bicchiere 1**

Soluzione 2 Misura **40 mL** di soluzione di $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,25 M e trasferiscili nel **bicchiere 2**

Soluzione 3 Misura **30 mL** di soluzione di $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,25 M e trasferiscili nel **bicchiere 3**

Soluzione 4 Misura **20 mL** di soluzione di $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,25 M e trasferiscili nel **bicchiere 4**

Soluzione 5 Misura **10 mL** di soluzione di $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,25 M e trasferiscili nel **bicchiere 5**

Ora **sciacqua** il cilindro graduato con acqua distillata e utilizzalo per le seguenti aggiunte:

Soluzione 2 Nel **bicchiere 2** aggiungi **10 mL** di acqua distillata

Soluzione 3 Nel **bicchiere 3** aggiungi **20 mL** di acqua distillata

Soluzione 4 Nel **bicchiere 4** aggiungi **30 mL** di acqua distillata

Soluzione 5 Nel **bicchiere 5** aggiungi **40 mL** di acqua distillata

3A.3 – Procedimento e raccolta dati

1. Sul foglio di carta bianca traccia con il pennarello nero un segno **X** ben visibile.
2. Poni il becher sul foglio proprio sopra il segno, e versaci tutto il contenuto del **bicchiere 1**.
3. Aggiungi nel becher 5 mL di soluzione di acido cloridrico con la pipetta graduata o il cilindro da 5 mL, fai partire immediatamente il cronometro e contemporaneamente dai una rapida agitata con la bacchetta di vetro, per qualche istante.
4. Guarda nel becher dall'alto e arresta il cronometro quando il segno **X** risulta totalmente scomparso alla vista.
5. Annota il tempo misurato sulla tabella sul **foglio risposte**.
6. Senza attendere troppo, getta nei rifiuti il contenuto del becher e sciacqualo con acqua. Se dovesse rimanere del residuo di zolfo sul fondo del becher, puliscilo con della carta fino a ripristinarne la trasparenza. Più attenderai prima di pulire il becher, più difficile sarà farlo.
7. Ripeti la procedura da 2. a 6. con il contenuto dei **bicchieri 2, 3, 4, 5**.



3A.4 – Analisi dati

1. Costruisci un grafico su carta millimetrata, riportando sull'asse delle ascisse la concentrazione del tiosolfato e sull'asse delle ordinate il tempo
2. Costruisci un grafico su carta millimetrata, riportando sull'asse delle ascisse il *reciproco* della concentrazione, e il tempo sulle ordinate
3. Rispondi alle tre domande sul **foglio risposte**.

3B. Determinazione quantitativa dello iodio nel sale iodato da cucina

Lo iodio è, seppur in tracce, un nutriente essenziale nella dieta umana. La sua carenza provoca il gozzo (un ingrossamento della tiroide), diversi altri problemi di salute e disabilità mentali. I nutrizionisti raccomandano l'assunzione giornaliera di 150 microgrammi di iodio.

L'elemento è naturalmente presente nell'alimentazione, specialmente nelle aree più vicine al mare, mentre non è particolarmente abbondante nella crosta terrestre. In alcune aree geografiche dove è particolarmente scarso e non viene assimilato dai vegetali, ciò può portare a deficienza cronica ed ai problemi elencati più sopra.

All'inizio del '900 si pensò di garantire la presenza dello iodio nella dieta aggiungendolo al sale da cucina il quale, a differenza di altri generi di alimenti, viene assunto giornalmente in quantità abbastanza prevedibili e costanti.

È un espediente estremamente economico e di successo, se si pensa che le poche decine di grammi di iodato di potassio KIO_3 necessarie per arricchire *una tonnellata* di sale da cucina comportano un costo aggiuntivo di appena *un euro*! Ciò si traduce in un costo pro-capite di appena circa 5 centesimi all'anno.

Oggi determinerai il tenore di iodio presente in un sale iodato mediante una titolazione. Il reagente che utilizzerai come titolante è sempre il tiosolfato di sodio.

3B.1 – Alcune definizioni

Titolazioni, punto equivalente

La **titolazione** è un metodo di analisi chimica che permette di determinare la concentrazione di una specie di interesse in un campione incognito tramite aggiunta di una soluzione a concentrazione nota di un opportuno reagente (questa soluzione è detta **titolante**). In gergo tecnico, la concentrazione è detta anche *titolo*, da cui il nome della tecnica.

Si chiama **punto equivalente** il punto in cui tutta la specie di interesse presente inizialmente nella soluzione ha reagito per effetto dell'aggiunta del titolante.

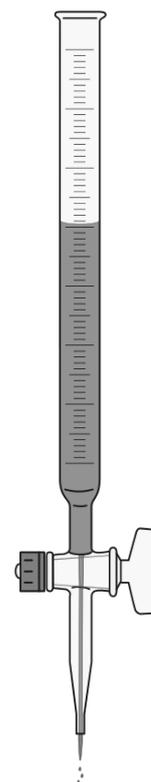
Indicatori, punto di viraggio, strumenti di misura

Per determinare il punto equivalente della titolazione ci si serve di un **indicatore**, cioè di una sostanza il cui colore varia in funzione della variazione di una proprietà della soluzione in cui è presente (ad esempio la concentrazione di una particolare specie chimica).

Il punto di cambiamento di colore dell'indicatore prende il nome di **punto di viraggio**. Un buon indicatore deve quindi avere un punto di viraggio il più vicino possibile al punto equivalente, in modo da poter identificare quest'ultimo (che è in definitiva lo scopo della titolazione) osservando la variazione di colore della soluzione causata dal viraggio dell'indicatore.

Per misurare accuratamente la quantità di titolante che è necessario aggiungere per raggiungere il punto equivalente si utilizza solitamente uno strumento detto **buretta**: un lungo e stretto tubo verticale graduato (solitamente con tacche ogni 0.1 o 0.05 mL a fronte di volumi complessivi di 50 o 25 mL), dotato di un rubinetto sul fondo, come quello in figura.

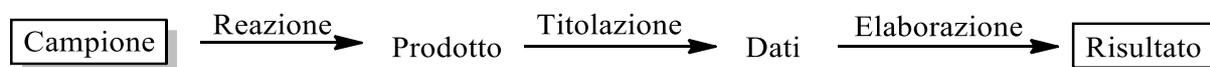
Regolando con arte il rubinetto, la buretta consente aggiunte molto precise di reagenti, ma non è l'unico strumento possibile per svolgere una titolazione. A seconda dei volumi e delle accuratezze necessarie possono essere sufficienti delle pipette graduate, delle siringhe... o addirittura, per svolgere misure molto grossolane, può essere sufficiente contare le gocce che cadono da un contagocce!



3B.2 – Descrizione del metodo

La percentuale in massa di iodato di potassio (KIO_3) presente nel campione di sale iodato da cucina fornito verrà determinata mediante un particolare tipo di titolazione, che prende il nome di **titolazione iodometrica**.

Nelle titolazioni iodometriche, non si va a determinare direttamente la concentrazione della specie di interesse nel campione (nel nostro caso KIO_3), ma si agisce in maniera indiretta, facendo dapprima reagire il composto di interesse con un'altra sostanza e andando solo successivamente a condurre la titolazione vera e propria sul prodotto che si è formato. Elaborando opportunamente i dati ottenuti dalla titolazione così condotta si risale infine al risultato relativo al campione di partenza.



Affinché questa strategia possa essere applicata con successo, è importante che la reazione impiegata soddisfi alcune importanti condizioni:

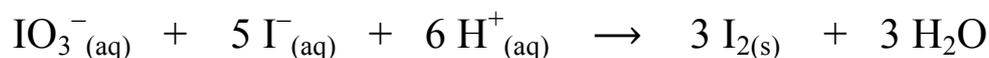
- 1) La reazione chimica con il composto di interesse deve essere quantitativa.
- 2) La stechiometria (ovvero il rapporto preciso tra le quantità di molecole dei vari reagenti e prodotti) della reazione deve essere nota.

3B.2.1 – Domande (rispondi sul **foglio risposte**)

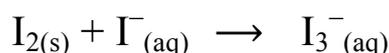
- a) Cosa succederebbe se il punto 1 non venisse rispettato?
- b) E se a non essere rispettato fosse il punto 2?
- c) In linea di principio, è davvero necessario che la reazione sia quantitativa? Come potrebbe essere allora riscritta la condizione 1, in tale caso?



In una titolazione iodometrica, la sostanza utilizzata per la reazione iniziale con la specie di interesse è lo ione ioduro in presenza di acido (H^+), mentre il prodotto di tale reazione è lo iodio molecolare I_2 . In ambiente acido, la reazione tra lo iodato di potassio presente nel nostro campione e lo ioduro di potassio (espressa in forma ionica, trattandosi di specie ioniche in soluzione) è la seguente:

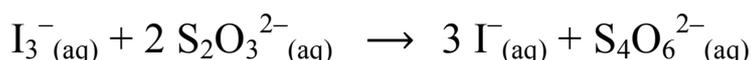


Per motivi sperimentali è vantaggioso lavorare con un largo eccesso di KI. L'eccesso di ioni ioduro reagisce con lo iodio appena formato per dare ioni triioduro



e solubilizzandolo laddove altrimenti lo iodio elementare tenderebbe a precipitare dalla soluzione.

Come titolante viene utilizzata una soluzione di tiosolfato di sodio ($Na_2S_2O_3$). La reazione tra ione tiosolfato e ione triioduro è:



Come indicatore viene utilizzata la **salda d'amido**. Questa sostanza ha la proprietà di interagire con lo ione triioduro dando una colorazione blu scura alla soluzione, che scompare quando lo ione triioduro viene eliminato dall'aggiunta di tiosolfato di sodio. Il punto di viraggio si ha dunque quando la soluzione passa da scura a incolore. Lo ione $S_4O_6^{2-}$ che si forma è detto *tetratioato*.

3B.2.2 – Domande

La stechiometria delle reazioni coinvolte in questa titolazione è piuttosto complessa. Pensaci su e completa gli spazi vuoti al punto 3B.2.2 del **foglio risposte**.

3B.3 – Procedura sperimentale

Materiali a disposizione:

- Beuta da 250 mL
- Tappo per beuta
- Becher da 100 mL
- Buretta da 50 mL con supporto
- Imbutino
- Bacchetta di vetro
- Spatola a cucchiaino
- Pipetta Pasteur
- Acqua deionizzata
- Acido cloridrico 2 M
- Foglio di carta bianca

In comune:

- Bilancia
- Sale iodato da cucina.
- Cucchiaino di plastica (per il sale)
- Salda d'amido
- Ioduro di potassio KI
- Soluzione di tiosolfato di sodio 0,002 M (la concentrazione esatta sarà scritta sul recipiente)

3B.3.1 – Pesata e reazione con ioduro di potassio

- Pesa con precisione nella beuta da 250 mL *circa* 20 g di sale iodato da cucina. Riporta nella tabella sul **foglio risposte** il peso preciso effettivamente misurato.
- Aggiungi acqua deionizzata nella beuta fino ad arrivare ad un volume di circa 100-150 mL. Mescola bene fino a completa dissoluzione del sale.
- Aggiungi un cucchiaino raso di KI con la spatola a cucchiaino e mescola fino a dissoluzione dello ioduro.
- Aggiungi 2 pipettate di acido cloridrico 2 M con la pipetta Pasteur. La soluzione diverrà di colore giallo, più o meno scuro. Agita finché la colorazione della soluzione non risulta uniforme.

3B.3.2 – Titolazione

ATTENZIONE! La **buretta** è uno strumento **fragile**. Se usata con scarsa attenzione può rompersi in schegge taglienti. Non applicare forze laterali. Non sforzare il rubinetto: se dovesse essere troppo duro da ruotare, avverti il tuo insegnante. Per qualsiasi dubbio su come maneggiarla, chiedi aiuto al tuo insegnante.

RICORDA! Il livello nella buretta si determina osservando il **fondo** del menisco del liquido. Non devono mai rimanere gocce appese al beccuccio altrimenti la lettura non è accurata.

ATTENZIONE! per questo esperimento servirà la soluzione di tiosolfato più diluita: **0,002 M**.
Non confonderla con la soluzione più concentrata necessaria per la parte 3A!

- Riempi la buretta con la soluzione di tiosolfato di sodio 0,002 M: versa prima un poco di soluzione nel becher da 100 mL ben asciugato con la carta, e trasferiscila dal becher alla buretta aiutandoti eventualmente con l'imbutino. Per riempire completamente anche il tratto del beccuccio al di sotto del rubinetto, apri rapidamente il rubinetto al massimo e lascia scorrere per circa un secondo il contenuto dentro lo stesso becher, quindi richiudi il rubinetto. All'occorrenza ripeti. Azzera la buretta riempiendola e facendo scendere il livello fino allo zero (oppure segnati il volume iniziale di liquido).
- Posiziona un foglio bianco sotto la beuta per apprezzare meglio il colore. Aprendo piano il rubinetto della buretta, fai gocciolare nella beuta la soluzione di tiosolfato agitando la beuta **continuamente**, facendola roteare leggermente come in figura:

*afferrala con due dita, appoggia il polso sul piano e cerca di farle descrivere un piccolo cerchio mantenendola appoggiata sul piano di lavoro. La beuta **non** deve ruotare anche attorno al proprio asse, per cui le dita devono mantenere sempre gli stessi punti di contatto con essa. Adatta il ritmo in modo da sincronizzarti con la rotazione del liquido.*



- Noterai che con il procedere della titolazione il colore giallo gradualmente sbiadirà fino a diventare quasi incolore. Quando ritieni che la soluzione sia quasi incolore, aggiungi **20-30 gocce (2-3 pipettate)** di salda d'amido. La soluzione dovrebbe assumere una **forte colorazione** nera o perlomeno blu. Se non si ha alcuna variazione della colorazione della soluzione è necessario ripartire da capo.



IMPORTANTE: Quando aggiungi la salda d'amido, la soluzione deve essere **quasi incolore, non completamente incolore bensì un giallo pallido**. Se aggiungi la salda troppo presto, cioè quando il colore è ancora troppo intenso, tuttavia, è probabile che otterrai un risultato poco accurato.

- D. **Domanda:** Che cosa è successo se non si ha colorazione in seguito all'aggiunta della salda d'amido? Rispondi sul **foglio risposte**
- E. Prosegui con attenzione la titolazione, aggiungendo il titolante goccia a goccia, fino al viraggio (da blu a incolore) della soluzione nella beuta. Segna il livello finale del liquido nella buretta. Riporta il volume totale aggiunto nella **tabella** sul **foglio risposte**.
- F. Versa il contenuto della beuta nei rifiuti liquidi, sciacquala con acqua e asciugala bene all'esterno.
- G. **Ripeti l'intera procedura** (dal punto A del punto 3B.3.1, ovvero dalla dissoluzione di 20 g di sale) **altre 2 volte** o eventualmente di più, qualora, alla luce dei risultati, lo ritenessi necessario.

3B.4 – Analisi dati

- A. A partire dai dati raccolti, calcola la percentuale in massa di iodato di potassio e la concentrazione di iodio in $\mu\text{g/g}$ presente nel campione.
Sul **foglio risposte**, negli appositi spazi, svolgi i calcoli richiesti e riporta i risultati.
- B. Per un adulto in salute, è raccomandata l'assunzione giornaliera di 150 microgrammi di iodio, mentre la soglia massima giornaliera raccomandata per l'assunzione di NaCl è fissata tra gli 1,5 e gli 8,8 g. Sapendo che l'acqua di mare contiene approssimativamente 32 g/L di sali disciolti, tra cui 0.06 milligrammi di ioduro (il resto, ai fini di questo calcolo, può essere considerato come tutto NaCl), valuta l'impiego come fonte alimentare di iodio:
- del campione di sale iodato fornito in questa prova*
 - di un sale marino ricavato per semplice evaporazione di acqua di mare (avente la composizione sopra indicata).*

Considera lo ioduro come assunto unicamente da queste fonti. Riporta i calcoli e le risposte sul **foglio risposte**.

FINE DEL TEMA 3!