

Didattica integrata attraverso problemi di realtà

(Prof. Ilario Amboni, ITS Nuove Tecnologie per la vita, Bergamo)

I modelli di didattica integrata prendono spesso spunto da problemi concreti che si possono presentare a quelle scuole come la nostra, ITS Nuove Tecnologie della Vita, che interagiscono costruttivamente con le realtà imprenditoriali del territorio. Questo esempio prende spunto da un problema che un'azienda ci ha sottoposto ed è stato poi proposto ai ragazzi utilizzando i metodi della didattica integrata.

L'azienda in questione compra formaldeide preparando soluzioni che rivende a titolo noto: la contestazione ricevuta da un cliente evidenzia come la concentrazione di formaldeide sia sensibilmente inferiore a quella dichiarata. L'azienda chiede a diversi laboratori di analisi di determinare quantitativamente la formaldeide nei campioni contestati ma i risultati sono così discordi da indurla a chiedere un nostro parere e possibilmente un metodo affidabile per poter determinare accuratamente la concentrazione della formaldeide nella soluzione. Risolto il problema da parte nostra è stato trasferito alla classe di nostri studenti mediante lo sviluppo che qui descriveremo.

Il docente illustra alla classe le proprietà della formaldeide passando in ampia rassegna tutte le reazioni che questa molecola può dare. *Questo viene fatto allo scopo di fornire agli studenti una più facile e immediata comprensione e per permettere loro di interagire in maniera costruttiva. **Al termine della trattazione si invitano gli studenti a formulare ipotesi scegliendo un comportamento reattivo che possa essere utilizzato per la determinazione quantitativa della formaldeide.***

Suggerimenti da parte degli studenti: un primo suggerimento fornito riguarda la correlazione tra massa volumica e % m/m (percentuale massa su massa) ; un secondo suggerimento riguarda la correlazione tra concentrazione di formaldeide e punto di ebollizione della soluzione; un terzo concerne la facile ossidabilità della formaldeide.

Il docente a questo punto prende in considerazione ciascuna delle ipotesi e ne evidenzia le criticità ai fini della determinazione quantitativa della formaldeide. Il docente, nelle sue argomentazioni, mette gli studenti nella condizioni di eliminare le prime due ipotesi e di focalizzare la loro attenzione sulla terza ipotesi invitandoli a suggerire alcuni agenti ossidanti necessari allo scopo.

Gli studenti rispondono con 3 suggerimenti:

- 1) KMnO_4 in ambiente acido [permanganato]
- 2) $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ in ambiente acido [dicromato di potassio]
- 3) H_2O_2 [acqua ossigenata]

Il docente illustra le proprietà del permanganato, il suo potere ossidante in ambiente acido ed anche in ambiente basico in modo tale che gli studenti si persuadano che tale ossidante non possa essere utilizzato e sono loro stessi a motivarne le ragioni. Con analogo metodo si considera e si scarta l'utilizzo del dicromato di potassio per il quale si evidenziano anche gli aspetti di rischio chimico inerenti il suo utilizzo. La terza ipotesi viene sviluppata descrivendo da parte del docente la chimica dell'acqua ossigenata, i problemi della sua stabilità e i rimedi che permettono di stabilizzarla così da poterla commercializzare. In modo particolare si constata che la stabilità dell'acqua ossigenata è funzione del pH e come tracce di metalli pesanti possano favorirne la decomposizione. A questi inconvenienti si ovvia aggiungendo all'acqua ossigenata dell'acido orto fosforico che rende perciò acida la soluzione. Mentre questo aspetto risolve il problema della stabilità,

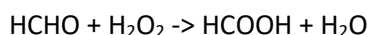
introduce allo stesso tempo una nuova problematica: l'acqua ossigenata è acida e come vedremo questo costituisce un aspetto da eliminare per non inficiare i risultati dell'analisi (questo aspetto verrà ripreso a breve).

Un'altra problematica riguarda la formaldeide commerciale che risulta anch'essa acida e come tale questo inficerebbe i risultati finali così come per l'acidità dell'acqua ossigenata; gli studenti vengono invitati a suggerire rimedi a queste due problematiche ed alla fine della discussione si giunge facilmente a suggerire che: l'acidità della formaldeide (dovuta alla presenza di acido formico HCOOH-prodotto di ossidazione di HCHO-) si può neutralizzare utilizzando idrossido di sodio (NaOH 0,1N) e fenoltaleina come indicatore. Il problema dell'acidità dell'acqua ossigenata si risolve allo stesso modo (neutralizzazione con NaOH 0,1N alla fenoltaleina) avendo cura di operare questa neutralizzazione immediatamente prima del suo utilizzo per non favorirne la sua decomposizione.

A questo punto è opportuno tirare le somme di quanto costruito fino ad ora incominciando anche solo da un punto di vista qualitativo a formulare il metodo di analisi che potrebbe recitare così: un'aliquota di soluzione di formaldeide (A mL da stabilire) viene prelevata esattamente e successivamente posta in un becker con acqua circa 100mL e neutralizzata con soda NaOH 0,1N alla fenoltaleina. Immediatamente si aggiunge una soluzione di H₂O₂ (B mL da stabilire) previamente neutralizzata come sopra indicato e in forte eccesso per almeno due ragioni:

- 1) garantire la totale ossidazione della formaldeide presente in quantità non nota
- 2) l'acqua ossigenata in ambito basico tende a decomporsi e quindi il surplus deve tener conto di questo aspetto

A questo punto si può scrivere la reazione che fonda l'aspetto quantitativo della determinazione della formaldeide



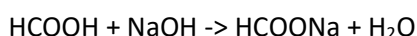
Si sottolinea come risulterà poi agevole determinare per titolazione l'HCOOH con NaOH avendo previamente neutralizzato tanto la soluzione di formaldeide quanto la soluzione di acqua ossigenata. L'acido formico formato si illustra ai ragazzi che si determinerà per retro titolazione dopo aver aggiunto una quantità nota di NaOH e titolandone l'eccesso con acido solforico. A questa conclusione i ragazzi giungono in modo parzialmente autonomo poiché ricordano essere prassi utilizzata anche in altre determinazioni. Il docente motiva in questo caso l'utilizzo.

A questo punto la descrizione qualitativa del metodo e i problemi inerenti sono stati risolti, si tratta di passare all'aspetto quantitativo che dipende ovviamente dalla situazione contingente.

Si invitano i ragazzi a suggerire alcune modalità, alla fine della discussione si conviene di prelevare 1 mL di formaldeide che è al 4% m/m. Pertanto 1 mL di HCHO al 4% m/m contiene 0.004 g di HCHO cioè

$$\frac{0.04\text{g}}{230.02\text{g/mol}} = 1.332 \cdot 10^{-3} \text{ mol HCOOH}$$

Che ossidati completamente conducono a $1.332 \cdot 10^{-3}$ /mol di HCOOH che per la loro neutralizzazione richiedono $1.332 \cdot 10^{-3}$ /mol di NaOH corrispondenti a in base alla reazione



Volendo utilizzare per la neutralizzazione NaOH 1M il volume richiesto sarebbe

$$1.332 \cdot 10^{-3} = x(L) \cdot 1 \text{ mol/L}$$

$$X(L) = 1.332 \cdot 10^{-3} \text{ L} \approx 1.332 \text{ mL}$$

Si invitano gli studenti ad osservare che questo è un volume troppo piccolo per essere dosato pertanto volendo utilizzare un volume di più facile manipolazione è bene cambiare la concentrazione di soda (NaOH) utilizzandola alla concentrazione di 0.1M. In questo modo il volume da utilizzare risulterebbe 13.32 mL.

Il docente richiama a questo punto l'attenzione che la determinazione che si sta operando è di tipo quantitativo e pertanto si mette in discussione l'opportunità di partire da 1 mL di HCHO al 4% m/m poiché anche solo sbagliando di una goccia si introdurrebbe un errore del $\pm 5\%$ (1 mL corrisponde a 20 gocce) pertanto è bene eliminare questo errore, o meglio ridurlo, scegliendo di prelevare non 1 ma da 10 mL HCHO al 4% m/m. A questo punto la concentrazione di NaOH precedentemente suggerita risulta improponibile poiché se ne dovrebbe utilizzare almeno per un volume pari a 133.2 mL (volume eccessivo). La questione si risolve riconsiderando l'utilizzo della soda 1M che per i 10 mL di HCHO al 4% m/m ossidati completamente necessiterebbero 13,33 mL di NaOH 1M.

Riassumendo il nostro metodo possiamo dire: si prelevano 10 mL di soluzione di HCHO al 4% m/m (con una pipetta tarata a doppia tacca), si diluiscono in 100 mL di acqua e si neutralizzano alla fenolftaleina con NaOH 0.1M o 0.01M (la scelta dipenderà dal volume che si renderà necessario utilizzare, il criterio da seguire è: è preferibile usare un volume maggiore di soluzione di NaOH alla più bassa concentrazione).

Abbiamo così risolto il problema di stabilire l'aliquota di formaldeide da prelevare.

Per determinare il volume B di mL di H₂O₂ al 3% m/m si osservi che 10 mL di HCHO al 4% contengono 0.4 g di HCHO e cioè $1.332 \cdot 10^{-2}$ mol di HCHO che per diventare HCOOH richiedono $1.332 \cdot 10^{-2}$ mol di H₂O₂ secondo la reazione $\text{HCHO} + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{HCOOH} + \text{H}_2\text{O}$.

Osservando che 1 mL di H₂O₂ al 3% m/m contiene 0.03 g di H₂O₂ cioè $0.03 \text{ g} / 34 \text{ g/mol} = 8.82 \cdot 10^{-4}$ mol di H₂O₂, pertanto di mL di H₂O₂ necessari risultano

$$x = \frac{1.33 \cdot 10^{-2} \text{ mol}}{8.82 \cdot 10^{-4} \text{ mol/mL}} = 15.10 \text{ mL di H}_2\text{O}_2 \text{ al 3\% m/m}$$

Poiché l'H₂O₂ da aggiungere deve certamente ossidare tutta la formaldeide (HCHO) e tra l'altro deve sopperire a quella H₂O₂ che potrebbe decomporsi in ambiente basico prudenzialmente si decide di aggiungere 30 mL di H₂O₂ al 3% m/m in questo modo abbiamo risolto la determinazione B. Subito dopo si aggiunge una quantità esattamente nota di NaOH che dovrà essere necessariamente in eccesso rispetto alla quantità richiesta dall'acido formico formato. L'eccesso verrà poi titolato con acido solforico 0.5M (la fenolftaleina è già contenuta in soluzione). La quantità di soda di NaOH 1M da aggiungere è circa il doppio di quella teoricamente necessaria per neutralizzare tutto l'acido formico prodotto dai 10 mL di HCHO al 4% m/m prelevati e quindi se ne aggiungono 25 mL (quelli teoricamente necessari sono 13.32 mL). A questo punto si mette il becker a bagnomaria fino a che cessa lo sviluppo di bollicine (termine della decomposizione dell'H₂O₂ in eccesso) e questa operazione si protrae per circa 20/30 minuti e si annotano i mL di H₂SO₄ 0,5 M utilizzati. Detti y questi mL i mL di soda 1M effettivamente utilizzati sono 25-y.

Il docente a questo punto per far cogliere gli aspetti di maggior operatività nei calcoli enfatizza il fatto che alla fine di tutto questo lavoro il dato ottenuto è 25-y mL di NaOH 1M utilizzati e che sarebbe assai comodo

trovare la corrispondenza tra 1L NaOH 1M con la quantità di formaldeide presente nel campione allo scopo si costruisce con lo studente la via di calcolo che porta a stabilire la seguente equivalenza

$$1\text{mL NaOH}1\text{M} \equiv 30.02 \text{ mg di HCHO}$$

In questo modo

$$\frac{25 - y * 30.02 \text{ mg}}{10\text{mL}}$$

Da la quantità di formaldeide presenti nei 10mL prelevati inizialmente.

Il tutto si completa suggerendo un metodo strumentale per la stessa determinazione al fine di operare un confronto che tenga conto:

- Semplicità dei mezzi utilizzati
- Praticità
- Velocità nella determinazione
- Costi
- Accuratezza

E si suggerisce ad esempio il seguente riferimento bibliografico: *Journal of Saudi Chemical Society* (2016) 20, 8352-8356