

## Una proposta didattica volutamente incompleta sugli acidi e sulle basi.

### I - Qualche riflessione sulla programmazione

ERMANNIO NICCOLI (\*)

#### Riassunto

*La prima parte di questo articolo comprende alcune riflessioni sulla programmazione e sulle dinamiche che vengono messe in moto quando si organizza un intervento didattico. Si sottolinea come i quattro aspetti fondamentali della programmazione siano strettamente legati tra loro ma come non sia influente partire da un aspetto piuttosto che da un altro nel programmare. Viene fatta una distinzione tra disciplina e materia di insegnamento. Per un modulo su "acidi e basi" a livello di triennio della scuola secondaria superiore si consiglia di partire dai contenuti disciplinari. Si sottolinea infine l'importanza, per il processo di trasmissione dei contenuti disciplinari, dell'aggiornamento da parte del docente e del possesso dei prerequisiti da parte del discente.*

#### 1. Premessa

All'inizio d'ogni anno scolastico si celebra nella scuola un rito propiziatorio che si chiama programmazione.

La programmazione, che dovrebbe rappresentare una normale attività per ogni insegnante, assume in molte scuole un carattere sacrificale in quanto, così come viene concepita, consuma il tempo e l'energie di gruppi ristretti di insegnanti votati alla bisogna.

Quindi la programmazione, così delegata, apparentemente libera la maggioranza degli insegnanti da una noiosa incombenza e, analogamente a certi matrimoni, si svolge per procura.

Il fumo del sacrificio andrà a vellicare le narici del moloch burocratico che si dichiarerà soddisfatto.

La programmazione viene successivamente formalizzata ed approvata dal collegio dei docenti; questo strumento prima di entrare in funzione dovrebbe essere adattato alla specifica situazione di ciascuna classe, viceversa la maggioranza degli insegnanti attende impaziente di entrare nelle aule, lasciando fuori la programmazione!

Il lavoro legato alla programmazione viene purtroppo percepito come estraneo alla normale attività didattica. Nonostante che se ne parli da oltre venti anni, viene vissuto come un puro adempimento burocratico. Siamo di fronte ad una incomprensione profonda, una vera e propria sottovalutazione.

La programmazione viene surrogata da una tradizione didattica che si tramanda tra gli insegnanti di generazione in generazione e che si alimenta soprattutto dei contenuti suggeriti, spesso con scarsa autorità, dai libri di testo. L'insegnamento che ne segue, viene vissuto come un'attività

spontanea, esclusivamente basata sull'intuizione e sulla creatività del docente, sulla sua capacità di stabilire un rapporto empatico con la classe.

Gli insegnanti tradizionalisti in servizio resistono alle sollecitazioni dei corsi di aggiornamento. I futuri insegnanti che frequentano i corsi di formazione (SSIS), a loro volta sembrano impazienti di calarsi nell'insegnamento più tradizionale, lasciando così cadere le indicazioni ricevute. Il rischio è che ogni sforzo di modernizzare la professione venga vanificato.

Un insegnamento basato sulla sola esperienza potrebbe comunque produrre risultati positivi se sotto il profilo disciplinare provvedesse ad aggiornarsi, sotto il profilo metodologico ad organizzarsi e se stabilisse con chiarezza quali apprendimenti sono prioritari e quindi prioritariamente da verificare. Un insegnamento tradizionale ma consapevole, dovendo trovare il giusto compromesso tra esperienza, sensibilità e organizzazione didattica, comporta comunque un lavoro impegnativo.

Perché non accettare quindi le tecniche di programmazione dal momento che queste permettono un migliore controllo dell'insegnamento?

In un recente passato le autorità ministeriali, ritenendo che la programmazione fosse prassi ormai consolidata, avevano ammesso un certo grado di autonomia dei docenti soprattutto nella scelta dei contenuti ed avevano perciò rinunciato in buona misura a dettare programmi prescrittivi, limitandosi a fornire indicazioni sui contenuti irrinunciabili; si dilungavano viceversa a fornire suggerimenti metodologici e orientamenti sotto forma di obiettivi.

Ora come dimostra la diatriba sulle teorie evoluzionistiche, il Ministero sembra rivedere le sue posizioni.

Personalmente ritengo che anche per gli insegnanti, come per i magistrati, i medici e altre categorie, debba esserci una maggiore responsabilizzazione accompagnata da una maggiore autonomia culturale. Come contropartita dovrebbe aumentare l'impegno degli insegnanti per una migliore professionalità che si tradurrebbe anche nella capacità di programmare l'attività didattica.

La programmazione aspira ad essere l'intelaiatura di ogni insegnamento, essa è strettamente legata alla disciplina e alle specifiche condizioni in cui opera ogni insegnante, quindi non può essere delegata. Lo stesso consiglio di classe si limita ad uniformare alcuni criteri generali, specialmente quelli riguardanti la valutazione degli alunni.

Per questa ragione la presente proposta didattica è volutamente incompleta, è una proposta che lascia aperte tutte le opzioni che sono legate alle specifiche situazioni didattiche ma sottolinea il lavoro legato alla elaborazione dei contenuti disciplinari, con particolare attenzione al rapporto tra disciplina scientifica e materia di insegnamento.

## 2. Quali priorità nel programmare

Secondo uno schema ormai classico [1] la programmazione rappresenta un intreccio tra obiettivi, contenuti, metodologie e verifica; questi quattro elementi sono strettamente interdipendenti tra loro.

Come suggerito nella figura che segue (Fig. 1), ogni elemento può essere modificato in considerazione degli altri tre.

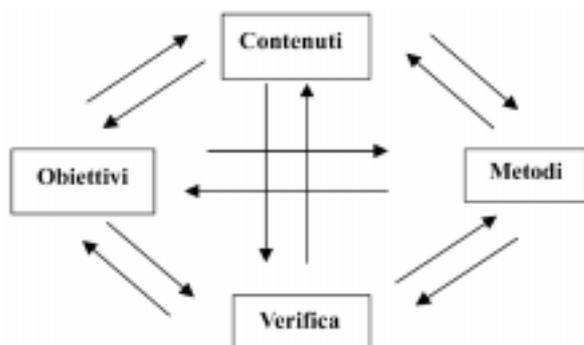


Fig. 1

Il sistema così concepito è chiuso su se stesso e quindi autoreferenziale solamente per quanto concerne la sua coerenza interna, riferita alla situazione specifica della classe, ma può essere costruito a partire da uno qualunque dei quattro elementi e fare seguire via via tutti gli altri fino ad ottenere la bozza complessiva dell'impianto. Segue l'affinamento del sistema che si ottiene iterando degli aggiustamenti incrociati, sino a raggiungere per approssimazioni successive un ragionevole equilibrio.

In realtà l'elemento di partenza dal quale si comincia a programmare, nonostante il lavoro di affinamento ed equilibratura, mantiene una sua preminenza nel caratterizzare tutto l'impianto; di conseguenza *per facilitare la programmazione conviene partire dall'elemento che in base alle finalità generali risulta prioritario*.

Nella programmazione scolastica, burocraticamente concepita, si usa *programmare a partire dagli obiettivi, dando per scontata la scelta dei contenuti*.

Questo procedimento è in parte giustificato nella scuola dell'obbligo dove la crescita cognitiva è l'aspetto fondamentale, ma al termine della scuola secondaria dove è centrale la formazione culturale, *dobbiamo prioritariamente rivolgere la nostra attenzione ai contenuti disciplinari*. Dopo si può procedere alla formulazione degli obiettivi e a seguire alla messa a punto della verifica.

A tutto ciò si deve aggiungere che la formulazione degli obiettivi è facile solo in apparenza, in quanto gli obiettivi di tipo cognitivo sono spesso annidati nei contenuti e non sempre facili da esplicitare, gli obiettivi intesi come abilità sono spesso condizionati dal metodo di lavoro e comunque richiedono, per essere conseguiti, un certo esercizio, gli obiettivi intesi come competenze maturano molto lentamente: spesso indicano più una direzione di marcia che un traguardo.

Infine va notato che una programmazione inesperta può non cogliere obiettivi assolutamente appetibili che magari vengono raggiunti ad insaputa dell'insegnante stesso; non dimentichiamoci che l'alunno produttivo si muove in quello spazio di autonomia che è previsto dai principi del

costruttivismo [2].

La programmazione così pensata può apparire onerosa, incompatibile con i tempi scolastici e le magre retribuzioni dei docenti, ma in realtà si programma *ex novo* solamente nel primo anno che si assume un insegnamento, magari aiutandosi con il lavoro di un collega che ci ha preceduto; negli anni successivi si procede ad aggiustamenti sulla base dell'esperienza fatta.

A questo punto riassumiamo il tutto sotto forma di suggerimenti:

- > la programmazione è un utile antidoto contro l'improvvisazione;
- > la programmazione, se non è generica, è condizionata oltre che dalla natura della disciplina, dal carattere delle classi, dalla preparazione dell'insegnante e quindi non può essere delegata;
- > i contenuti disciplinari rappresentano il punto di partenza della programmazione
- > ogni programmazione va a regime nell'arco di due o tre anni attraverso una serie di aggiustamenti;
- > non ci deve essere soluzione di continuità tra programmazione generale e organizzazione delle unità didattiche.

## 3. Disciplina scientifica e materia d'insegnamento: una distinzione indispensabile

Un ricercatore è un fruitore della disciplina, essa rappresenta la piattaforma della sua attività di ricerca, egli produce conoscenze nuove che alimentano in primo luogo lo sviluppo della scienza (filogenesi).

Anche l'insegnante è un fruitore della disciplina a partire dalla quale egli elabora strumenti che alimentano prevalentemente lo sviluppo culturale e psicologico degli individui (ontogenesi)<sup>1</sup>.

I due soggetti, il ricercatore e l'insegnante, fanno capo alla stessa disciplina ma con finalità diverse ossia guardano alla disciplina attraverso ottiche differenti. Si impone quindi una *distinzione tra contenuti disciplinari e contenuti dell'insegnamento/apprendimento*.

*I due differenti piani culturali comportano non solo un differente grado di approfondimento ed una differente estensione della materia trattata ma spesso un diverso modo di rappresentare i concetti e di collegarli logicamente tra loro*. La riflessione tradizionalmente dedicata ai contenuti dell'insegnamento è spesso generica, manca la necessaria attenzione alle connessioni tra i vari concetti e si rischia di *non fare emergere la varietà delle scelte didattiche possibili*. Non bisogna mai perdere di vista che lo stesso argomento didatticamente può essere affrontato da punti di vista diversi e diversamente sviluppato.

L'insegnante programmatore, focalizzato un certo contesto didattico, *sceglie i contenuti disciplinari e li organizza in base a ciò che vuole comunicare ed in base alle modalità della comunicazione*.

Questo comporta di *ritagliare parti della disciplina che, in relazione al livello scolastico, risultano essere dei contenuti irrinunciabili e nel predisporli nella forma dovuta*.

Le suddette operazioni ci restituiscono di norma un materiale didattico un poco disarticolato per cui sarà necessario *connettere i vari concetti tra loro mediante relazioni di tipo scientifico, storico, epistemologico o semplicemente logico*; questo può essere fatto agevolmente mediante le *mappe concettuali*.

<sup>1</sup> Naturalmente nulla impedisce che l'insegnante faccia ricerca in campo didattico o che il ricercatore vesta i panni del didatta.

In questo modo si crea una rete di concetti che ha la funzione di facilitare sia la trasmissione che la comprensione dei concetti stessi e si ottiene quella che viene chiamata *materia di insegnamento per distinguerla dalla disciplina scientifica corrispondente*.

Molti insegnanti cercano di aggirare le difficoltà che queste operazioni comportano, utilizzando in blocco il lavoro dei colleghi che li hanno preceduti nell'insegnamento, rinunciando a personalizzare il programma. In queste condizioni l'insegnante rischia la *routine*, non padroneggia appieno il suo insegnamento e di fronte a situazioni completamente nuove non sa come comportarsi.

La procedura ideale richiederebbe che l'insegnante partisse dall'esame della disciplina nella sua integrità, ma qualsiasi disciplina matura ed affermata si presenta come un aggregato estremamente complesso di sottodiscipline [3], dove ogni singola conoscenza tende ad ampliarsi ed a suddividersi in un continuo processo di approfondimento e di specializzazione. Un singolo argomento, se risulta particolarmente fecondo, si dilata sino a costituire una sottodisciplina, un esempio recente dalla chimica dei nanocomposti [4].

Infine ciascuna disciplina ai suoi confini tende a fondersi con le discipline limitrofe con generazione di intrecci interdisciplinari e di nuovi campi di ricerca.

A tutto ciò si aggiunga che questi universi conoscitivi si evolvono in una direzione piuttosto che in un'altra sotto le spinte più diverse: la curiosità scientifica, la situazione storica, le ragioni politiche, economiche, filosofiche e personali.

Affrontare globalmente tutta la disciplina per ricavarne uno strumento didattico è oggettivamente una impresa improba; per ridurre le difficoltà si possono utilizzare materiali già parzialmente organizzati a fini didattici, quali i testi universitari relativi ai filoni classici della Chimica ed eventualmente i testi di Storia della Chimica. Queste sono fonti di livello intermedio, accessibili per organizzazione e per modalità di espressione al docente ma non ai normali discenti di scuola secondaria<sup>2</sup>.

Scelti i contenuti disciplinari fondamentali e messi questi in relazione con gli altri aspetti della programmazione, si può passare a quella che potremmo chiamare la "programmazione fine" che coincide sotto molti aspetti con la tradizionale preparazione delle lezioni.

La "programmazione fine" articolata in unità didattiche, è il *copione destinato ad essere interpretato da docenti e studenti*, rappresenta la carne viva dell'insegnamento e traduce in atti concreti quanto indicato dalla programmazione generale, rispetto alla *quale non deve presentare soluzioni di continuità*.

Metodologie, obiettivi e verifica sono troppo legati alle situazioni specifiche perché si possano dare suggerimenti stringenti. Dal canto loro i suggerimenti a carattere generale abbondano sui vari manuali e comunque devono essere sempre interpretati.

Lo scopo di questo lavoro è quindi il seguente: *avanzare una proposta sulla elaborazione dei contenuti e la produzione di unità didattiche relative alle proprietà degli acidi e delle basi, predisponendola in modo che risulti adattabile a differenti contesti*.

Vediamo intanto alcune questioni preliminari:

<sup>2</sup> Come si può comprendere, non ha molta importanza per i nostri scopi attingere a edizioni particolarmente recenti, tanto più che l'evoluzione della didattica universitaria non è sincronizzata con l'evoluzione della didattica per scuola secondaria.

> è sempre consigliabile che l'insegnante compia a titolo di autoaggiornamento una serie di approfondimenti del materiale scientifico che in seguito dovrà essere tradotto in materiale didattico. Gli approfondimenti possono consistere tanto in un inquadramento storico dell'argomento quanto nella revisione e nell'aggiornamento dei concetti più problematici;

> si valutano ed eventualmente si integrano i prerequisiti in possesso del discente;

> si sceglie l'inquadramento dell'argomento ossia il punto di vista da privilegiare, tenuto conto dell'economia generale dell'operazione. Il punto di vista viene esplicitato mediante la struttura di un modulo sotto forma di una mappa concettuale le cui caselle rappresentano appunto delle unità didattiche;

Compiute queste operazioni, si scelgono i contenuti e si organizzano sotto forma di unità didattiche e di schede di lavoro.

Gli approfondimenti del docente, i prerequisiti del discente ed i contenuti debitamente organizzati si interconnettono a formare un tutto continuo, rappresentabile con un poco di fantasia come una struttura a *sandwich* (Fig. 2).

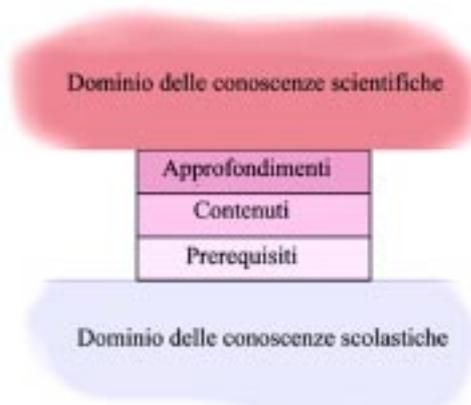


Fig. 2

Gli approfondimenti del docente assicurano rigore e continuità tra i contenuti disciplinari e la materia di insegnamento, i prerequisiti permettono al discente di "agganciare" i nuovi contenuti e di farli propri ossia di integrarli con quanto già conosce.

Quindi la struttura a *sandwich* assicura *continuità tra conoscenze scientifiche e le conoscenze del discente, passando attraverso la materia d'insegnamento*.

Lo scopo principale di questa laboriosa operazione è quello di riuscire a trasmettere delle conoscenze nonostante i differenti livelli culturali e cognitivi, evitando nel contempo salti logici, concetti lacunosi o distorti e connessioni arbitrarie tra i diversi argomenti.

A conclusione di questo paragrafo si può dire che nell'ambito della programmazione l'organizzazione della comunicazione didattica merita una particolare e specifica attenzione.

#### 4. Alcuni possibili approfondimenti: l'autoaggiornamento del docente

Questo paragrafo è puramente esemplificativo, infatti è impossibile prevedere di quali approfondimenti abbisogna un

docente, il quale oltretutto potrà variare sia il livello sia l'estensione dell'approfondimento stesso.

In sostanza si invita a compiere un lavoro di consolidamento culturale per programmare in modo consapevole. Inutile dire che l'autoaggiornamento è particolarmente raccomandato per quei docenti che da anni praticano un insegnamento routinario e che si sono recentemente convertiti alla programmazione.

Un inquadramento storico dell'argomento[5] [6] [7] ad esempio aiuta a capire come si è evoluto il concetto di acido e di base ed aiuta a individuare il livello teorico da adottare in relazione al livello scolastico.

La teoria sugli acidi e sulle basi secondo Lowry e Brønsted [8] [9] [10], viene spesso frettolosamente enunciata quasi che fosse un'appendice della teoria di Arrhenius, una sorta di curiosità scientifica<sup>3</sup>. Volendo impostare l'argomento basandosi esclusivamente su questa teoria, è più che mai necessario un suo aggiornamento ed un suo inquadramento.

Il pH delle soluzioni consiste in una modalità di rappresentazione in linguaggio matematico dell'acidità di una soluzione [11], che viene estesa anche ad altre grandezze. L'argomento, anche se ricorre molto frequentemente, è importante soprattutto da un punto di vista applicativo e non ha senso farne una specie di icona della chimica e collocarlo in una posizione centrale del programma. Tuttavia l'argomento pH può essere una occasione per riflettere brevemente sul rapporto tra concentrazione ed attività, problema generale per tutta la Chimica.

Gli indicatori sono anch'essi argomento a carattere applicativo [12] per cui di norma vengono presi in considerazione esclusivamente da un punto di vista pratico. Viceversa è bene entrare un poco più nel merito del loro funzionamento.

Un ultimo argomento adatto per allestire esercitazioni di laboratorio e di grande importanza in campo biochimico, è quello delle soluzioni tampone[10] [12].

### Inquadramento storico

Gli acidi e le basi sono categorie di sostanze note fino dall'antichità. Il nome "acido" viene dal latino *acidum* che significa aspro, pungente; il nome "alcali" (basi) viene dall'arabo *al-qali* che sta ad indicare la potassa contenuta nella cenere di legna, le cui soluzioni sono fortemente basiche.

Gli alchimisti conoscevano la capacità degli acidi e delle basi di fare cambiare di colore ad alcuni coloranti vegetali quale il tornasole: dal blu al rosso gli acidi, dal rosso al blu le basi.

Queste proprietà assieme alla capacità degli acidi e delle basi di neutralizzarsi a vicenda formando sali, facevano pensare che gli acidi e le basi presentassero in un certo senso proprietà opposte (J. R. Glauber 1648).

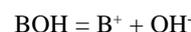
Allora mancavano le conoscenze necessarie a spiegare le proprietà delle due sostanze in base alle caratteristiche delle particelle costituenti, tuttavia qualche tentativo fu fatto. Boyle ad esempio, con un "ingenuo" trasferimento delle proprietà macroscopiche a livello microscopico, spiegava la natura pungente degli acidi con la forma a punta delle particelle e le caratteristiche basiche con la forma tonda delle particelle; la neutralizzazione veniva spiegata col fatto che le particelle a punta degli acidi si conficcavano nelle particelle tonde delle basi!

<sup>3</sup> La teoria di Lowry e Brønsted viene già correntemente utilizzata nel testo di Chimica Analitica di F. P. Treadwell che nel 1947 era alla sua undicesima edizione!

Lavoisier nel 1777 sostenne che l'ossigeno era il principio generale dell'acidificazione, in quanto i non metalli combinandosi con l'ossigeno acquisivano carattere acido. Questa sua teoria era di straordinaria modernità in quanto anticipava ad esempio conoscenze non solo relative alla composizione chimica degli acidi e delle basi, ma anche relative alle reazioni acido-base di tipo non protonico tra anidridi e ossidi, questa sua teoria tuttavia non fu sviluppata, forse a causa degli studi di H. Davy sull'acido muriatico (HCl), sostanza a carattere acido nella cui composizione però era assente l'ossigeno.

Più avanzate e decisive furono le ipotesi di J. von Liebig esposte nel 1838; egli ipotizzò che gli acidi contenessero nella loro molecola almeno un atomo di idrogeno sostituibile, stabilendo così un secondo principio di acidificazione.

Quaranta anni dopo S. Arrhenius con la sua teoria sulla dissociazione ionica, appoggiata con grande convinzione anche da W. Ostwald, aprì la strada ad interpretazioni più moderne relative alla natura degli acidi e delle basi. Egli sostenne che dissociandosi gli acidi liberavano H<sup>+</sup> e le basi OH<sup>-</sup> e che queste due specie reagivano tra loro formando acqua secondo i seguenti schemi:



Arrhenius inoltre ipotizzò che gli acidi e le basi deboli fossero dissociati solo in parte; questa ipotesi portò all'applicazione della legge d'azione di massa a queste categorie di sostanze. La teoria di Arrhenius risulta tuttora utilizzabile per una trattazione elementare dell'argomento.

Sørensen nel 1909, mentre studiava l'azione degli acidi sulla catalisi enzimatica, dovendo esprimere con numeri semplici il grado di acidità di una soluzione diluita, propose l'uso del  $\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$  ossia la concentrazione idrogenionica espressa in scala logaritmica. Questo modo di esprimere le quantità in seguito è stato utilmente esteso ad altre grandezze quali  $K_a$ ,  $K_b$ ,  $K_w$ ,  $[\text{OH}^-]$  ecc..

Nel 1923, contemporaneamente ma in due comunicazioni distinte, T. M. Lowry e J. N. Brønsted stabilirono che gli acidi sono un donatori di protoni, mentre le basi sono accettori di protoni.

In realtà tra quanto esposto rispettivamente da Brønsted e da Lowry esistono sensibili differenze ma i due punti di vista complessivamente sono complementari.

Lowry ad esempio non afferrò nella sua completezza la relazione tra acidi e basi espressa da Brønsted secondo lo schema:



dove i pedici 1 e 2 stanno ad indicare le coppie di acido e di base coniugate. Le basi non devono necessariamente essere ioni negativi, mentre è necessario che dispongano di un doppietto elettronico libero, capace di legare il protone.

Da parte sua Lowry ipotizzò, ad esempio, la natura dello ione ossonio<sup>4</sup> in soluzione acquosa, la cui esistenza fu in

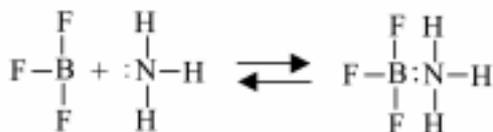
<sup>4</sup> È lo ione  $\text{H}_3\text{O}^+$  designato nelle vecchie denominazioni *ione idronio* o anche *idrossonio*.

seguito sperimentalmente confermata (in fase gassosa) mediante la spettrometria di massa.

Si può notare che la definizione di acido, come sostanza capace di donare protoni, è tutto sommato abbastanza vicina a quella di Arrhenius mentre la definizione di base, come sostanza capace di legarsi ad un protone, ha un carattere più generale.

Nella teoria di G. Lewis, avanzata successivamente nel 1932, vengono definite basi le sostanze le cui molecole dispongono di un doppietto elettronico libero, di conseguenza le basi secondo Lewis coincidono con le basi secondo Lowry e Brønsted. Viceversa viene modificata e soprattutto generalizzata la definizione di acido.

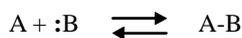
La definizione di acido comprende ora tutte le sostanze elettrofile che, in virtù di gusci elettronici esterni incompleti, sono in grado di formare un legame (dativo) con il doppietto elettronico libero di un'altra molecola. Riassumendo gli acidi sono accettori di elettroni mentre le basi sono dei donatori di elettroni. Quindi la reazione:



è una reazione acido-base secondo Lewis, ma lo è anche la reazione:



La reazione tra trifluoruro di boro e ammoniaca segue lo schema:



mentre la reazione di neutralizzazione segue lo schema:



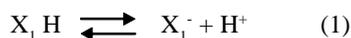
La teoria di Lewis definisce quindi delle reazioni acido-base non protoniche e trova ampia applicazione nella chimica dei composti di coordinazione.

Infine classifichiamo come reazioni acido-base tutte le reazioni che portano alla formazione di sali [9] allora rientrano in questa categoria anche le reazioni tra ossidi e anidridi in assenza di acqua del tipo:



### La teoria sugli acidi e sulle basi di Lowry e Brønsted

La definizione di acido e di base che secondo Lowry e Brønsted in sostanza afferma che *un acido è un donatore di protoni ed una base è un accettore di protoni*, ma afferma altresì che *un acido ( $X_1\text{H}$ ) privandosi del suo protone si trasforma nella sua base coniugata ( $X_1^-$ )* secondo lo schema:



L'equilibrio (1), se letto da sinistra a destra, ci mostra il comportamento di un acido, se letto da destra a sinistra il comportamento di una base secondo Lowry e Brønsted. L'equilibrio acido-base ci fa anche comprendere che *se un acido è forte, e quindi l'equilibrio è spostato a destra, la base coniugata non può essere che debole*.

Altra conseguenza di questa visione è che, essendo il protone troppo reattivo per esistere allo stato libero in soluzione, l'equilibrio (1) è di fatto virtuale in quanto il protone richiede la presenza di base che lo "accolga"; quindi l'equilibrio (1) per avere luogo richiede la presenza dell'equilibrio (2):



Sommando membro a membro (1) e (2), si ottiene l'equilibrio complessivo:



In sostanza (1) e (2) sono delle semireazioni dove il protone si comporta in modo analogo all'elettrone nelle semireazioni di ossidoriduzione.

Le basi che compaiono nella (3) non sono necessariamente degli ioni negativi, possono essere molecole neutre purché dispongano di un doppietto libero. Allora lo schema (3) si scrive:



Vediamo due esempi attinenti ai due schemi.

La reazione di salificazione dell'acido acetico viene letta come una reazione acido-base:



la reazione inversa, corrispondente all'idrolisi di un acetato, è ancora da considerarsi una reazione acido-base ma in questo caso la funzione di acido è svolta dall'acqua.

Nella reazione di dissociazione dell'acido acetico:

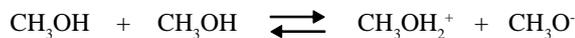


l'acqua funge da base.

L'acqua per questo suo comportamento ambivalente viene definita *anfotita* o anche *solvente anfiprotico*. Il comportamento anfiprotico è messo particolarmente in evidenza nella reazione di dissociazione dell'acqua stessa, detta anche *reazione di autoprotolisi*:



Vediamo altri esempi di solventi capaci di dare comportamenti anfotiti e quindi reazioni di autoprotolisi. Il metanolo:



L'ammoniaca liquida:



L'acido acetico puro (glaciale):

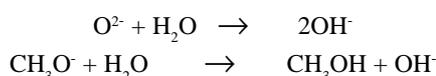


In definitiva la teoria di Lowry e Brønsted si fonda sul trasferimento di un protone da una specie all'altra. La condizione necessaria, affinché uno ione, una molecola o una molecola-ione funga da base, è che sia presente un doppietto elettronico capace di legare il protone.

Come si può facilmente dedurre dall'equazione (3), la forza di un acido e quindi la sua tendenza a cedere un protone, non dipende solamente dalla sua natura chimica, ma anche dalla natura e quindi dalla forza con cui la base, non coniugata, presente lega il protone.

In soluzione acquosa ad esempio i due acidi HCl e HClO<sub>4</sub>, nonostante che in assoluto abbiano forza differente, si dissociano ambedue completamente: in sostanza *a causa della forza basica dell'acqua le differenze tra i due acidi non vengono evidenziate* o, come si suole dire, *vengono livellate*. Questo *effetto di livellamento* può essere facilmente provato se uso come solvente (e quindi come base) l'acido acetico puro (acido acetico glaciale): sia l'acido perclorico che l'acido cloridrico disciolti in acido acetico puro si comportano da acidi deboli, ambedue sono parzialmente dissociati ma l'acido perclorico risulta più dissociato cioè più forte dell'acido cloridrico.

Considerazioni analoghe si possono fare per le basi, ad esempio le basi O<sup>2-</sup> e CH<sub>3</sub>O<sup>-</sup> reagiscono ambedue in modo quantitativo con l'acqua secondo le reazioni:



ed apparentemente hanno la stessa forza, ma se opero in ammoniaca liquida, trovo che O<sup>2-</sup> è una base più forte di CH<sub>3</sub>O<sup>-</sup>.

### Il pH delle soluzioni

Per il calcolo del pH di una soluzione di un acido forte, monoprotico si usa l'espressione:

$$\text{pH} = -\log c \quad (4)$$

dove  $c$  è la concentrazione analitica dell'acido o se si preferisce la concentrazione idrogenionica espressa in mol L<sup>-1</sup>. Nel fare ciò dobbiamo essere consapevoli di introdurre alcune approssimazioni.

L'espressione (4) è sufficientemente corretta<sup>5</sup> solamente per soluzioni di acidi molto diluiti (1 < pH < 3) e per soluzioni di basi molto diluite (9 < pH < 11). Nel caso di soluzioni concentrate per avere dati esatti la (4) dovrebbe essere sostituita dalla seguente:

$$\text{pH} = -\log a_{\text{H}^+}$$

dove  $a_{\text{H}^+}$  indica l'attività dello ione ossonio che dipende da numerosi fattori, fra i quali la *forza ionica* della soluzione. Anche il calcolo del pH in soluzioni estremamente diluite di acidi non può essere condotto semplicemente sulla base della equazione (4). Se così fosse avremmo che una soluzione di HCl 10<sup>-7</sup> mol L<sup>-1</sup> a 24°C avrebbe un pH = 7 corrispondente

<sup>5</sup> A 24°C per soluzioni acquose di HCl 0,1M il pH=1,10, per HCl 0,01M il pH=2,044 e per HCl 0,001M il pH=3,015.

alla neutralità, cosa palesemente assurda.

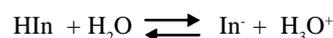
Limitiamoci per ora ad osservare che per eseguire correttamente il calcolo in questo caso è necessario prendere in considerazione anche la concentrazione degli ioni ossonio provenienti dalla dissociazione dell'acqua, concentrazione sempre presente ma di norma trascurabile. Il risultato del calcolo, che non stiamo a sviluppare, è pH = 6,79 cioè un pH lievissimamente acido sempre operando a 24°C.

### Gli indicatori

Un argomento connesso con il precedente è quello degli indicatori, sostanze che con il loro cambiamento di colore ci indicano un intervallo entro il quale cade il valore di pH della nostra soluzione.

Dal momento che gli insegnanti puntualmente, e giustamente, descrivono e suggeriscono l'uso degli indicatori in esercitazioni di vario tipo, è opportuno rivedere alcuni aspetti del loro funzionamento.

Senza scendere nei dettagli della loro struttura molecolare che è di norma complessa, si deve tenere presente che un indicatore in soluzione dà luogo ad uno dei seguenti equilibri:



Le due specie HIn e In<sup>-</sup> sono rispettivamente responsabili dei due colori che la soluzione assume quando l'equilibrio si sposta a destra o a sinistra. Quando le due specie hanno la stessa concentrazione, si ottiene il colore intermedio corrispondente al viraggio o *punto di viraggio*. Il pH di viraggio si calcola a partire da:

$$\frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{In}^-]}{[\text{HIn}]} = K_{\text{In}}$$

si ricava

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{[\text{HIn}]}{[\text{In}^-]} K_{\text{In}}$$

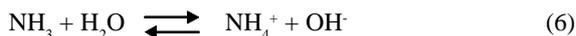
Al punto di viraggio abbiamo che [HIn] = [In<sup>-</sup>] per cui la soluzione avrà un pH = -log K<sub>In</sub>. La valutazione per osservazione del colore della soluzione permette di dire se il pH della soluzione è inferiore, coincidente o superiore al punto di viraggio: in pratica si suddivide l'intervallo tra pH = 0 e pH = 14 in due intervalli.

Alcuni indicatori per la loro particolare struttura molecolare presentano due punti di viraggio e quindi l'intervallo di pH può essere diviso in tre settori. Analoghi risultati si possono ottenere con miscele di indicatori; in particolare mediante l'indicatore universale, costituito da una miscela di indicatori, è possibile suddividere la scala da pH = 1 a pH = 11 in undici intervalli: si ottiene così una migliore determinazione del pH. Misure più precise si ottengono per via spettrofotometrica o per via potenziometrica.

### Le soluzioni tampone.

Queste soluzioni acquose, formate da un acido debole e della sua base coniugata ovvero da una base debole e dal suo acido coniugato, funzionano sulla base dei rispettivi equilibri di dissociazione; vediamo due esempi:





a concentrazioni adeguate sia dell'acido che della sua base coniugata (normalmente hanno ambedue la stessa concentrazione) mantengono praticamente costante il pH quando vengono aggiunte moderate quantità di un acido forte o di una base forte: una moderata aggiunta di  $\text{H}_3\text{O}^+$  viene convertita, nel caso del tampone (5), in  $\text{CH}_3\text{COOH}$  ed una aggiunta moderata di  $\text{OH}^-$  viene convertita in  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ , in modo equivalente reagisce il tampone (6).

I tamponi sono molto utilizzati in procedimenti sperimentali, specialmente nelle ricerche biochimiche.

Il calcolo esatto del pH a partire dalla concentrazione dell'acido debole ( $C_{\text{AH}}$ ) e della sua base ( $C_{\text{B}}$ ) è complesso e comporta la risoluzione di un sistema di cinque equazioni a cinque incognite. La soluzione approssimata (equazione di Henderson); nel caso del tampone (5) è la seguente:

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = K_a \cdot (C_{\text{AH}} / C_{\text{B}})$$

per cui:

$$\text{pH} = -\log K_a - \log C_{\text{AH}} + \log C_{\text{B}}$$

Più complesso è il calcolo per soluzioni diluite. La quantità di acido o di base forte che si deve aggiungere ad un tampone per ottenere una variazione prestabilita di pH ci dà una misura del *potere tamponante* della nostra soluzione.

## 5. Prerequisiti

I prerequisiti necessari al discente sull'argomento "acidi e basi", secondo quanto verrà in seguito programmato, devono essere i seguenti:

- > conoscenza elementare o di senso comune dei concetti di sostanza acida, sostanza basica e sostanza neutra
- > informazioni sulla struttura delle molecole e delle molecole-ione;
- > concetto di concentrazione;
- > concetto di mole;
- > definizione e applicazioni dell'equilibrio chimico;
- > teoria di Arrhenius sulla dissociazione degli elettroliti in soluzione acquosa;
- > equilibri ionici.

Modifiche nella programmazione possono richiedere un aggiornamento dei prerequisiti.

Naturalmente il lavoro sui prerequisiti non si esaurisce nella loro elencazione, ma richiede il loro accertamento e se necessari interventi di recupero.

Tuttavia l'aspetto più problematico dei prerequisiti è dovuto ad una preparazione eccessivamente disomogenea degli studenti; se questa disomogeneità è marcata e non viene in qualche maniera ridotta, è probabile che alla fine del nuovo argomento il divario risulterà accentuato; in questo modo di argomento in argomento, quanto più la programmazione è precisa e i collegamenti tra i vari concetti sono forti tanto più il divario tra gli alunni può aumentare.

In alcuni casi, se l'insegnante è poco attento a questo aspetto, si può arrivare ad una vera divisione della classe in un gruppo di testa ed un gruppo di coda. Per rilevare questa situazione critica è sufficiente la somministrazione di un questionario confezionato con cura: si otterrà una curva bimodale (Fig. 3).

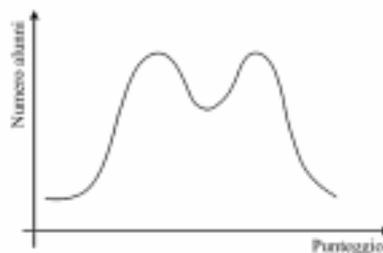


Fig. 3

## 6. Alcune

Sono stati programmati alcuni programmi di programmazione avanti di affrontare, nella seconda parte, gli aspetti riguardanti la strutturazione ed l'organizzazione dei contenuti relativi al tema "acidi e basi".

Molto spesso i manuali sulla programmazione ci dicono come questa si deve presentare a regime, ma non dicono molto sulle dinamiche che vengono messe in moto quando inizia a programmare un intervento didattico.

Non vengono di norma fatte sufficienti distinzioni sulla natura dei materiali che vengono utilizzati per programmare; in questo senso è stata introdotta la distinzione tra disciplina e materia di insegnamento, nel senso che *la seconda non si limita ad essere un "riassunto" della prima*, ma è una cosa diversa sia nella struttura logica che nelle modalità espressive.

Non è ininfluente da quale aspetto curricolare si parte per programmare, anche se la programmazione è un processo autostrutturante, che in un certo senso si chiude su se stesso alla ricerca di un punto di equilibrio, la configurazione complessiva varierà a seconda dell'elemento di partenza. Per un insegnamento a livello di triennio della scuola secondaria superiore si sceglie di partire dai contenuti disciplinari.

Si consiglia infine di evitare delle discontinuità logiche nel processo di trasmissione che a partire dai contenuti della disciplina, si conclude con l'assimilazione e l'adattamento cognitivo da parte del discente. A questo fine si sottolinea l'importanza dell'autoaggiornamento da parte del docente e della verifica dei prerequisiti.

## Bibliografia

- [1] A. Nicholls, H. Nicholls, *Guida pratica all'elaborazione di un curriculum*, Feltrinelli, Milano, 1976.
- [2] E. Niccoli, *CnS - La chimica nella scuola*, 2003, **25**,43.
- [3] E. Niccoli, *CnS - La chimica nella scuola*, 2000, **22**,117.
- [4] V. Balzani, A. Credi, M. Venturi, *La Chimica e l'Industria*, 2003, **85**, 61.
- [5] J. I. Solov'ev, *L'evoluzione del pensiero chimico*, Mondadori, Milano, 1976.
- [6] J. W. Nicholson, *Education in Chemistry*, 2004, **41**, 18.
- [7] B. Caccetta, G. Gallo, A. Regis, D. Vione, E. Roletto, *CnS - La chimica nella scuola*, 2003, **25**,81.
- [8] P. Chiorboli, *Fondamenti di Chimica*, UTET, Torino, 1975
- [9] B. Douglas, D. H. McDaniel, J. J. Alexander, *Concepts and Models of Inorganic Chemistry*, John Wiley & Sons, New York, 1976.
- [10] J. N. Butler, *Equilibri Ionici*, Società Editrice Universo, Roma, 1969.
- [11] E. Niccoli, *CnS - La chimica nella scuola*, 2003, **25**,108.
- [12] D. A. Skoog, D. M. West, *Fundamentals of Analytical Chemistry*, Holt, Rinehart & Winston, Toronto, 1973.