

EQUILIBRIO CHIMICO DINAMICO

COMMENTO ALLA PRIMA PARTE DELLA SEQUENZA DIDATTICA

INTRODUZIONE

Le ricerche educative e didattiche hanno identificato le più diffuse concezioni difformi e le difficoltà di apprendimento riguardanti il concetto di equilibrio chimico; il risultato di tali studi può essere riassunto come segue:

- a. concezione statica dello stato di equilibrio chimico;
- b. concezione compartimentale delle reazioni diretta e inversa;
- c. concezione pendolare delle reazioni diretta e inversa;
- d. concezione della composizione all'equilibrio identica o proporzionale ai coefficienti stechiometrici dello schema delle reazioni;
- e. idea dell'aumento nel tempo della velocità di una reazione;
- f. difficoltà nel prevedere l'evoluzione di un sistema a partire da uno stato iniziale qualsiasi;
- g. difficoltà nel prevedere l'evoluzione di un sistema a partire da uno stato di equilibrio.

Assodato che gli insegnanti lavorino responsabilmente e che gli studenti si applichino seriamente allo studio, la ricorsività in situazioni diverse di tali concezioni difformi e difficoltà di apprendimento indica che l'acquisizione dei concetti è resa difficoltosa da criticità connaturate ai concetti stessi; questo, esige la progettazione e la sperimentazione in classe di attività didattiche che facilitino un adeguato apprendimento del concetto di equilibrio chimico dinamico. Molti autori riferiscono che ciò è possibile qualora l'attività didattica tenga conto degli interrogativi che gli scienziati si sono posti durante le loro ricerche; infatti, le difficoltà evidenziate dagli studenti appaiono analoghe a quelle che gli scienziati si sono trovati ad affrontare nel corso delle loro ricerche. Utilizzando i risultati della ricerca storica, gli insegnanti possono chiarire problemi, contesti di senso e referenti empirici sui quali si è strutturato il concetto di equilibrio chimico dinamico. Precisata l'esigenza di tenere conto dei risultati della ricerca storica, non si può dimenticare quanto la ricerca didattica rende evidente a proposito degli *esiti* delle attività d'apprendimento e di quanto realmente accade in classe *durante* l'attività di apprendimento; infatti, la sperimentazione con gli studenti dei dispositivi didattici progettati e la loro eventuale revisione sono indispensabili. È solo monitorando costantemente i modi di ragionare degli allievi che si può pensare di comprendere la natura profonda delle loro difficoltà d'apprendimento e così, nel tentativo di aiutarli seriamente, introdurre correttivi alle attività d'insegnamento stesse. La ricerca didattica si configura pienamente come una qualsiasi altra attività d'indagine: *ricerca di soluzioni efficaci per la risoluzione dei problemi specifici nell'apprendimento di una data disciplina*.

LA SEQUENZA DIDATTICA

La sequenza di apprendimento, rivolta a studenti del quarto anno di Liceo Scientifico Tecnologico, è stata progettata tenendo conto che gli allievi hanno già elaborato una concezione della trasformazione chimica come processo nel quale le sostanze reagenti producono altre sostanze e che è rappresentato con un modello che implica una sola reazione chimica che procede in un unico senso. Si precisa inoltre che gli studenti hanno affrontato anche lo studio dei seguenti argomenti: modello particellare della materia, stechiometria di base, tavola periodica, legami chimici, nomenclatura IUPAC, nomenclatura tradizionale, dissociazioni ioniche, ionizzazioni e cinetica chimica.

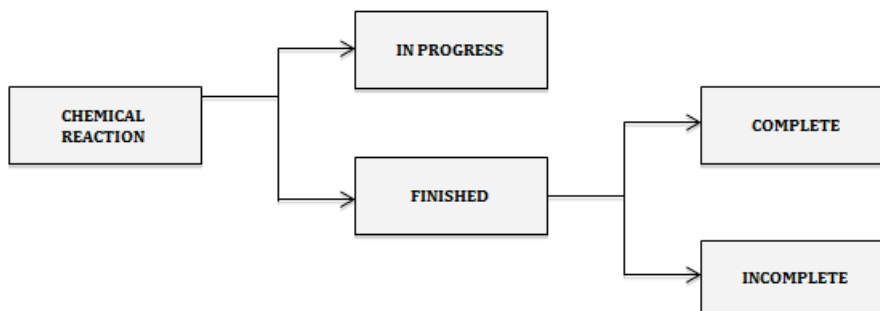
In questa sequenza è adottato un insegnamento di tipo problematico che implica il ricorso a situazioni d'apprendimento che mettono in gioco le conoscenze che gli allievi già possiedono come base di partenza per l'acquisizione attiva di nuovi saperi. A tale fine, l'impegno attivo degli allievi è sollecitato in due modi: grazie alle discussioni che coinvolgono sia piccoli gruppi di allievi sia l'intera classe e grazie a opportuni esperimenti. Questi ultimi sono eseguiti da piccoli gruppi di allievi e funzionano come situazioni problematiche che devono essere risolte dagli allievi, aiutati e guidati nel ragionamento da interrogativi appositi formulati dall'insegnante; la sequenza didattica, infatti, raccoglie un insieme fogli di lavoro (FOL) disposti secondo un preciso ordine logico, e i FOL contengono gli interrogativi problematici e le attività di laboratorio da proporre agli studenti. La coerenza tra le attività contenute nei FOL e l'attività degli scienziati, che procedono per tentativi ed errori, conduce gli studenti a cimentarsi con problemi di cui individuare le soluzioni; essi, sono direttamente coinvolti nel processo di apprendimento e non sono confinati nel ruolo di ricevitori passivi di conoscenze. Infatti, essi riflettono personalmente, discutono tra di loro e con l'insegnante e infine pervengono a conclusioni condivise e in sintonia con il sapere degli esperti. La sequenza didattica è stata suddivisa in sette sezioni:

- 1. Trasformazioni chimiche incomplete.**
- 2. Trasformazioni chimiche opposte.**
- 3. Sistemi in equilibrio chimico dinamico.**
- 4. Evoluzione dei sistemi I: da uno stato di non-equilibrio a uno stato di equilibrio.**
- 5. La costante di equilibrio.**
- 6. Evoluzione dei sistemi II: da uno stato di equilibrio a un altro stato di equilibrio.**

La sequenza didattica è stata svolta nel corso degli anni scolastici 2010/2011 e 2011/2012, e ha coinvolto tre classi di studenti del quarto anno di Liceo Scientifico e Tecnologico, per un totale di 54 studenti. Mediamente, il tempo necessario per lo svolgimento di tutte le attività è stata di 12 lezioni di 50 minuti ciascuna, per un totale di 10 ore. Si precisa che tutti gli studenti avevano già affrontato lo studio dei seguenti argomenti: modello particellare della materia, trasformazioni fisiche e chimiche, stechiometria, tavola periodica, legami chimici, nomenclatura IUPAC, nomenclatura tradizionale, dissociazioni ionici, ionizzazioni e cinetica chimica. Le attività non hanno previsto una valutazione preliminare delle conoscenze; infatti, il monitoraggio delle concezioni alternative costituisce la spina dorsale delle attività che proponiamo. In questo documento sono descritte le prime tre sezioni: dalla trasformazione chimica come un processo che procede in un'unica direzione al concetto di sistema in equilibrio chimico che implica due reazioni opposte, che avvengono contemporaneamente e alla stessa velocità.

1. TRASFORMAZIONI CHIMICHE INCOMPLETE

Un sistema ha subito una trasformazione chimica incompleta se è caratterizzato dalla contemporanea presenza di tutte le sostanze coinvolte (reagenti e prodotti) e dalla costanza delle loro concentrazioni. Quest'ultima condizione è decisiva; infatti, la sola presenza di tutte le specie coinvolte potrebbe essere spiegata ammettendo che la trasformazione chimica *“sta ancora avvenendo perché è molto lenta”*. Per evitare questo genere di risposte è necessario che gli studenti abbiano chiara la distinzione fra trasformazioni chimiche **in corso** e **concluse**, e fra trasformazioni chimiche concluse **complete** e concluse **incomplete**.



Se nel tempo le concentrazioni di reagenti e prodotti non sono costanti allora il sistema sta subendo una trasformazione chimica; in questo caso, si può affermare che la trasformazione chimica è **in corso**. Diversamente, se le concentrazioni di reagenti e prodotti sono costanti allora un sistema ha cessato di trasformarsi chimicamente; in questo caso la trasformazione chimica è **conclusa**. Una trasformazione chimica conclusa può essere completa o incompleta; se almeno uno dei reagenti è stato completamente consumato allora la trasformazione è **completa** (è giunta a completamento); se nessuno dei reagenti è stato completamente consumato, ossia sono presenti apprezzabili quantità di tutti i reagenti, allora la trasformazione chimica è **incompleta**.

L'obiettivo generale della prima sezione è quello di aiutare gli studenti a distinguere, sia da un punto di vista empirico sia da un punto di vista teorico, dapprima le trasformazioni chimiche in corso da quelle concluse e poi le trasformazioni chimiche concluse complete da quelle concluse incomplete.

Foglio di Lavoro 1

La situazione sperimentale è la seguente: *si mescola una soluzione acquosa di tiosolfato di sodio con una di cloruro d'idrogeno e si ottengono diossido di zolfo e cloruro di sodio in soluzione acquosa, più zolfo allo stato solido e acqua allo stato liquido*. Agli studenti è chiesto di scrivere l'appropriato schema di reazione, di svolgere la trasformazione chimica e di annotare, argomentando opportunamente, dopo quanto tempo ritengono conclusa la trasformazione. La discussione in classe dovrebbe portare gli allievi alle seguenti conclusioni:

CONCLUSIONI SPECIFICHE	CONCLUSIONI GENERALI
Quando si mescolano le due soluzioni si forma zolfo colloidale (in sospensione); ciò spiega l'intorbidamento del sistema.	UNA TRASFORMAZIONE CHIMICA PUÒ ESSERE RITENUTA CONCLUSA SE LA QUANTITÀ DI UN PRODOTTO È COSTANTE.
La gradualità con la quale si realizza l'intorbidamento indica che la trasformazione chimica non è istantanea.	

CONCLUSIONI SPECIFICHE	CONCLUSIONI GENERALI
Quando l'intorbidamento cessa è possibile affermare che la trasformazione chimica è conclusa.	

In seguito, agli studenti è chiesto di modellizzare l'evoluzione del sistema rappresentandolo - dal punto di vista microscopico - nello stato iniziale, a trasformazione non conclusa e a trasformazione conclusa. L'obiettivo della consegna è quello di evitare che essi si formino una concezione compartimentale delle trasformazioni chimiche. La discussione in classe dovrebbe portare gli allievi alle seguenti conclusioni:

CONCLUSIONI SPECIFICHE	CONCLUSIONI GENERALI
Nello stato iniziale si rappresentano ioni sodio, tiosolfato, cloruro, idronio e molecole d'acqua.	NELLO STATO INIZIALE SI RAPPRESENTANO LE PARTICELLE (MOLECOLE, UNITÀ FORMULA, ATOMI O IONI) DEI REAGENTI E DEL SOLVENTE (SE PRESENTE).
A trasformazione in corso si rappresentano ioni sodio, tiosolfato, cloruro, idronio e molecole di diossido di zolfo, zolfo e acqua.	A TRASFORMAZIONE IN CORSO SI RAPPRESENTANO LE PARTICELLE (MOLECOLE, UNITÀ FORMULA, ATOMI O IONI) DEI REAGENTI, DEI PRODOTTI E DEL SOLVENTE (SE PRESENTE).
A trasformazione conclusa si rappresentano ioni sodio, cloruro e molecole di diossido di zolfo, zolfo e acqua.	A TRASFORMAZIONE CONCLUSA SI RAPPRESENTANO LE PARTICELLE (MOLECOLE, UNITÀ FORMULA, ATOMI O IONI) DEI PRODOTTI E DEL SOLVENTE (SE PRESENTE).

Se qualche allievo dovesse avanzare l'ipotesi che a trasformazione conclusa non è possibile escludere l'eventuale presenza di reagenti che non hanno reagito completamente, si dovrà evitare di enfatizzare tale considerazione richiamando gli studenti ad attenersi esclusivamente all'interpretazione delle evidenze empiriche considerate e che nell'affrontare gli interrogativi di un successivo FOL questa idea potrebbe tornare utile.

Foglio di Lavoro 2

La situazione sperimentale è la seguente: *si mescolano una soluzione acquosa di permanganato di potassio, una di ossalato di sodio e una di acido solforico e si ottengono solfato di manganese (II), solfato di potassio, solfato di sodio, diossido di carbonio (tutti in soluzione acquosa) e acqua allo stato liquido*. Agli studenti è chiesto di scrivere l'appropriato schema di reazione, di svolgere la trasformazione chimica e di annotare, argomentando opportunamente, dopo quanto tempo ritengono conclusa la trasformazione. Durante la discussione, al momento adatto, l'insegnante dovrebbe far notare agli studenti che questo caso presenta delle differenze rispetto al precedente; infatti, il completo consumo di permanganato - un reagente - è indicato dalla scomparsa del tipico colore violaceo delle sue soluzioni acquose. Al termine della discussione gli allievi dovrebbero giungere alle seguenti conclusioni:

CONCLUSIONI SPECIFICHE	CONCLUSIONI GENERALI
Quando si mescolano le due soluzioni si ottiene una soluzione trasparente incolore; ciò indica che tutto il permanganato presente all'inizio è stato consumato (ha reagito completamente).	UNA TRASFORMAZIONE CHIMICA PUÒ ESSERE RITENUTA CONCLUSA E COMPLETA SE ALMENO UN REAGENTE È COMPLETAMENTE CONSUMATO.
La gradualità con la quale la soluzione diventa trasparente incolore indica che la trasformazione chimica non è istantanea.	
Quando la soluzione è completamente trasparente incolore è possibile affermare che la trasformazione chimica è conclusa ed è avvenuta in modo completo.	

In seguito, agli studenti è chiesto di modellizzare l'evoluzione del sistema rappresentandolo - dal punto di vista microscopico - nello stato iniziale, a trasformazione non conclusa e a trasformazione conclusa. La discussione in classe dovrebbe portare gli allievi alle seguenti conclusioni:

CONCLUSIONI SPECIFICHE	CONCLUSIONI GENERALI
Nello stato iniziale si rappresentano ioni potassio, permanganato, sodio, ossalato, idronio, solfato e molecole d'acqua.	NELLO STATO INIZIALE SI RAPPRESENTANO LE PARTICELLE (MOLECOLE, UNITÀ FORMULA, ATOMI O IONI) DEI REAGENTI E DEL SOLVENTE (SE PRESENTE).
A trasformazione in corso si rappresentano ioni potassio, permanganato, sodio, ossalato, idronio, solfato, manganese (II) e molecole di diossido di carbonio e acqua.	A TRASFORMAZIONE IN CORSO SI RAPPRESENTANO LE PARTICELLE (MOLECOLE, UNITÀ FORMULA, ATOMI O IONI) DEI REAGENTI, DEI PRODOTTI E DEL SOLVENTE (SE PRESENTE).
A trasformazione conclusa si rappresentano ioni potassio, sodio, solfato, manganese (II) e molecole di diossido di carbonio e acqua.	A TRASFORMAZIONE CONCLUSA SI RAPPRESENTANO LE PARTICELLE (MOLECOLE, UNITÀ FORMULA, ATOMI O IONI) DEI PRODOTTI E DEL SOLVENTE (SE PRESENTE).

Foglio di Lavoro 3

La situazione sperimentale è la seguente: *si introduce carbonato di calcio granulare in una soluzione acquosa di cloruro di idrogeno e si ottengono cloruro di calcio in soluzione acquosa, diossido di carbonio e acqua.* Questo FOL serve per saggiare il grado di acquisizione dei concetti visti nei due FOL precedenti; agli studenti è chiesto di scrivere l'appropriato schema di reazione, di svolgere la trasformazione chimica e di annotare, argomentando opportunamente, dopo quanto tempo ritengono conclusa la trasformazione. Al termine della discussione gli allievi dovrebbero giungere alle seguenti conclusioni:

CONCLUSIONI SPECIFICHE	CONCLUSIONI GENERALI
Quando si mescolano le due soluzioni si forma diossido di carbonio e diminuisce visibilmente, fino al completo consumo, la quantità di carbonato di calcio.	UNA TRASFORMAZIONE CHIMICA PUÒ ESSERE RITENUTA CONCLUSA E COMPLETA SE ALMENO UN REAGENTE È COMPLETAMENTE CONSUMATO E LA QUANTITÀ DI UN PRODOTTO È COSTANTE.
La gradualità con la quale avviene la trasformazione chimica indica che essa non è istantanea.	
Quando la soluzione è completamente trasparente incolore e non si nota la formazione di diossido di carbonio, è possibile affermare che la trasformazione chimica è conclusa ed è avvenuta in modo completo.	

In seguito, agli studenti è chiesto di modellizzare l'evoluzione del sistema rappresentandolo - dal punto di vista microscopico - nello stato iniziale, a trasformazione non conclusa e a trasformazione conclusa; tale consegna può essere lasciata da svolgere a casa. La discussione in classe dovrebbe portare gli allievi alle seguenti conclusioni:

CONCLUSIONI SPECIFICHE	CONCLUSIONI GENERALI
Nello stato iniziale si rappresentano unità formula di carbonato di calcio, ioni cloruro e idronio e molecole d'acqua.	NELLO STATO INIZIALE SI RAPPRESENTANO LE PARTICELLE (MOLECOLE, UNITÀ FORMULA, ATOMI O IONI) DEI REAGENTI E DEL SOLVENTE (SE PRESENTE).
A trasformazione in corso si rappresentano unità formula di carbonato di calcio, ioni cloruro, calcio e idronio e molecole di diossido di carbonio e d'acqua.	A TRASFORMAZIONE IN CORSO SI RAPPRESENTANO LE PARTICELLE (MOLECOLE, UNITÀ FORMULA, ATOMI O IONI) DEI REAGENTI, DEI PRODOTTI E DEL SOLVENTE (SE PRESENTE).
A trasformazione conclusa si rappresentano ioni cloruro, calcio e idronio e molecole di diossido di carbonio e d'acqua.	A TRASFORMAZIONE CONCLUSA SI RAPPRESENTANO LE PARTICELLE (MOLECOLE, UNITÀ FORMULA, ATOMI O IONI) DEI PRODOTTI E DEL SOLVENTE (SE PRESENTE).

Foglio di Lavoro 4

La situazione sperimentale di partenza è la seguente: *si mescolano una soluzione acquosa di nitrato ferrico con una di tiocianato di potassio e si ottengono tiocianato di ferro(III) e nitrato di potassio in soluzione acquosa*. Agli studenti è chiesto di scrivere l'appropriato schema di reazione, di svolgere la trasformazione chimica, di annotare ciò che accade, di indicare se e come mai ritengono conclusa e completa la trasformazione chimica. L'insegnante apre una prima discussione; gli alunni dovrebbero convenire sul fatto che, dal punto di vista empirico, la trasformazione chimica è conclusa; infatti, l'intensità del colore rosso della soluzione che indica la formazione del prodotto è costante. Al termine di questa prima fase si informano gli studenti che il colore rosso-sangue assunto dalla soluzione è dovuto alla formazione di una specie chimica costituita dall'unione di un catione ferrico con un anione tiocianato; pertanto, sulla base di queste informazioni si domanda loro di riscrivere lo schema di reazione in forma ionica netta. In seguito, analogamente a quanto svolto

nei precedenti FOL, agli studenti è chiesto di modellizzare l'evoluzione del sistema rappresentandolo - dal punto di vista microscopico - a trasformazione conclusa; tale consegna, alla luce delle successive evidenze empiriche verrà ripresa e opportunamente rivista.

La seconda situazione sperimentale è la seguente: *a una prima aliquota del precedente sistema si aggiungono alcuni cristalli di nitrato di ferro (III)*. Dal confronto con un campione del precedente sistema si può notare l'intensificazione del colore rosso della soluzione; gli studenti, dopo aver annotato tale evento empirico sono invitati a fornirne una spiegazione.

La terza situazione sperimentale è la seguente: *a una seconda aliquota del precedente sistema si aggiungono alcuni cristalli di tiocianato di potassio*. Dal confronto con un campione del precedente sistema si può notare l'intensificazione del colore rosso della soluzione; gli studenti, dopo aver annotato tale evento empirico sono invitati a fornirne una spiegazione. L'insegnante avvia la discussione al termine della quale gli allievi dovrebbero giungere alle seguenti conclusioni:

CONCLUSIONI SPECIFICHE	CONCLUSIONI GENERALI
Quando si mescolano le due soluzioni si forma tiocianato ferrico che rende la soluzione risultante di colore rosso scuro.	UNA TRASFORMAZIONE CHIMICA PUÒ ESSERE RITENUTA CONCLUSA E INCOMPLETA SE LA QUANTITÀ DI REAGENTI E PRODOTTI È COSTANTE E NESSUNO DEI REAGENTI È CONSUMATO COMPLETAMENTE (OVVERO, SONO PRESENTI APPREZZABILI QUANTITÀ DEI REAGENTI).
La rapidità con la quale avviene la trasformazione chimica indica che essa è istantanea.	
Quando a una prima aliquota della soluzione sono aggiunti alcuni cristalli di nitrato ferrico si forma ancora tiocianato di potassio; ciò è interpretabile unicamente ammettendo che sia presente ancora lo ione tiocianato.	
Quando a una seconda aliquota della soluzione sono aggiunti alcuni cristalli di tiocianato di potassio si forma ancora tiocianato di potassio; ciò è interpretabile unicamente ammettendo che sia presente ancora lo ione ferrico.	

Foglio di Lavoro 5

Il FOL consente di ritornare su una situazione analoga a quella del precedente FOL; infatti, in entrambi i casi si tratta di trasformazioni chimiche incomplete. Ciò consente da un lato di saggiare quanto gli studenti hanno effettivamente appreso nella precedente attività e dall'altro di introdurre, pur in forma abbozzata, il tema del riconoscimento delle specie chimiche in chimica analitica. La situazione sperimentale di partenza è la seguente: *si mescolano una soluzione acquosa di nitrato di argento con una di solfato di ferro (II) e si ottengono argento solido, nitrato ferrico e solfato ferrico (entrambi in soluzione acquosa)*. Agli studenti è chiesto di scrivere l'appropriato schema di reazione sia in forma completa sia in forma ionica netta, di svolgere la trasformazione chimica e di annotare ciò che accade. Non dovrebbe essere difficile ammettere che, dopo un tempo ragionevole, la trasformazione è conclusa; quindi, può essere affrontato il riconoscimento delle singole specie chimiche presenti nel sistema. L'insegnante avvia la discussione al termine della quale gli allievi dovrebbero ammettere facilmente che la presenza nel sistema di tutti i reagenti e di tutti i prodotti indica che la trasformazione chimica svolta è conclusa e incompleta. Ovviamente, nella rappresentazione del sistema dal punto di vista microscopico atomico/molecolare dovranno essere rappresentati ioni nitrato, ioni solfato, argento, ferro (II) e ferro (III) e atomi d'argento.

2. TRASFORMAZIONI CHIMICHE OPPOSTE

È necessario porre all'attenzione degli studenti situazioni sperimentali che consentano loro di riconoscere e associare tra loro le trasformazioni chimiche opposte; infatti, tale consapevolezza, unitamente all'interpretazione delle trasformazioni chimiche mediante il modello “**reazione chimica**”, consentirà di concepire le *reazioni chimiche opposte*. Ciò in seguito faciliterà la corretta concettualizzazione dei sistemi in equilibrio chimico dinamico.

Foglio di Lavoro 6

La prima situazione sperimentale è la seguente: *a una soluzione alcolica contenete anioni complessi tetraclorocobaltato (II) si aggiunge acqua e si ottengono cationi complessi esaacquocobalto (II) e anioni cloruro*. Agli studenti è chiesto di scrivere l'appropriato schema di reazione, di svolgere la trasformazione chimica, di annotare e spiegare ciò che accade e di proporre una rappresentazione microscopica del sistema allo stato finale. Dal punto di vista empirico è evidente il passaggio del sistema da una colorazione **blu** a una colorazione **rosa**; quindi, gli studenti non dovrebbero avere alcuna difficoltà ad ammettere che è avvenuta una trasformazione chimica e a proporla una coerente rappresentazione. A questo punto gli studenti non hanno motivo di pensare che si tratti di una trasformazione necessariamente incompleta e quindi saranno accettate rappresentazioni diverse. In questo caso, l'obiettivo di questo FOL e del successivo (FOL 6Bis) non è quello di concepire le trasformazioni incomplete (cosa già svolta in precedenza) ma di riconoscere quando due trasformazioni chimiche sono opposte.

La seconda situazione sperimentale è la seguente: *a una aliquota del precedente sistema si aggiunge una soluzione alcolica di dicloruro di calcio (goccia a goccia)*. Agli studenti è chiesto di annotare e spiegare ciò che accade, di proporre una rappresentazione microscopica del sistema allo stato finale e infine di scrivere, giustificando opportunamente, l'appropriato schema di reazione. Dal punto di vista empirico è evidente il passaggio del sistema da una colorazione **rosa** a una colorazione **blu**; quindi, anche in questa seconda attività, gli studenti non dovrebbero avere alcuna difficoltà ad ammettere che è avvenuta una trasformazione chimica e a proporla una coerente rappresentazione.

Foglio di Lavoro 7

Nel corso della discussione relativa alla seconda attività del FOL 6 (**Sperimentazione A.S. 2010/2011**), alcuni studenti hanno evidenziato difficoltà ad ammettere che si tratta di una seconda trasformazione chimica opposta alla prima; infatti, hanno utilizzato espressioni come la seguente “*la trasformazione chimica è reversibile*”. In realtà, le trasformazioni chimiche sono due: la prima trasformazione chimica comporta la formazione del catione complesso esaacquocobalto (II) (responsabile della colorazione rosa della soluzione), la seconda trasformazione chimica comporta la formazione dell'anione complesso tetraclorocobaltato (II) (responsabile della colorazione blu della soluzione). Infine, considerato che i reagenti della prima trasformazione coincidono con i prodotti della seconda e i prodotti della prima coincidono con i reagenti della seconda, ne consegue che le due trasformazioni chimiche sono opposte. Considerate le difficoltà sopra descritte è stato necessario introdurre un nuovo FOL, al quale è stato assegnato il numero 7, che pone agli studenti due interrogativi. Il primo interrogativo richiede di indicare e giustificare quante trasformazioni chimiche ha complessivamente subito il sistema; il secondo richiede di indicare, e giustificare, con quale delle seguenti affermazioni sono maggiormente d'accordo:

- a. “*Il sistema ha subito una trasformazione chimica reversibile; infatti, nella prima attività i reagenti si sono trasformati in prodotti mentre nella seconda i prodotti si sono ritrasformati nei reagenti*”.

- b. *“Il sistema ha subito due trasformazioni chimiche opposte; infatti, la prima trasformazione comporta il passaggio dal colore blu a quello rosa mentre la seconda il passaggio opposto”.*

La discussione che segue la compilazione del FOL dovrebbe consentire agli studenti di ammettere che è avvenuta una seconda trasformazione chimica che è ***opposta*** alla prima. La conclusione generale è: **due trasformazioni chimiche sono opposte se i reagenti di una sono i prodotti dell'altra e viceversa.**

3. SISTEMI IN EQUILIBRIO CHIMICO DINAMICO

Al fine di consentire agli studenti di concettualizzare lo stato di equilibrio chimico, si propone loro la descrizione di una situazione sperimentale nella quale la resa della trasformazione chimica non è del 100%. Tenuto conto di quanto gli allievi hanno appena affrontato, è possibile ritenere che essi possano, con relativa facilità, ammettere che la spiegazione di una tale resa è dovuta alla contemporanea presenza di due reazioni opposte che si verificano alla stessa velocità.

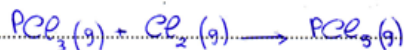
Foglio di Lavoro 8

La situazione problematica proposta è la seguente: *il tricloruro di fosforo gassoso reagisce con dicloro gassoso per produrre pentacloruro di fosforo gassoso. Resoconti sperimentali indicano che - pur preparando una miscela in quantità stechiometriche di reagenti - se la trasformazione avviene in un sistema chiuso, in cui le condizioni operative sono $T = 550^{\circ}\text{C}$ e $p = 2,2 \text{ atm}$, la resa della trasformazione chimica è pari all'80%.* Agli studenti è chiesto di scrivere l'appropriato schema di reazione e di rappresentare dal punto di vista microscopico atomico/molecolare, giustificando in modo opportuno, sia lo stato iniziale sia lo stato finale relativi alla trasformazione chimica conclusa. Gli studenti dovrebbero eseguire una rappresentazione simile alla seguente:

EQ - Foglio di Lavoro 8

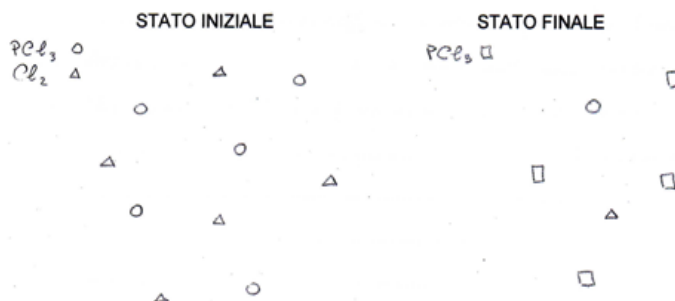
Cognome: _____ Nome: _____
Classe: 4V Scuola: IST VM Data: 03-02-12

Il tricloruro di fosforo gassoso reagisce con dicloro gassoso per produrre pentacloruro di fosforo gassoso; le tre sostanze sono allo stato gassoso; scrivi il relativo schema di reazione:



Resoconti sperimentali indicano che se la trasformazione avviene in un **sistema chiuso** in cui le condizioni operative sono $T = 550^{\circ}\text{C}$ e $p = 2,2 \text{ atm}$, la resa della trasformazione chimica è pari all'80%.

1. Rappresenta dal punto di vista microscopico sia lo stato iniziale sia lo stato finale relativi alla trasformazione chimica conclusa.



Giustifica la tua rappresentazione.

lo stato iniziale ha solo due reagenti, invece a quello
finale ha il prodotto e una piccola percentuale di reagenti
in quanto la resa è dell'80%.

In seguito è chiesto agli alunni di riportare, giustificando opportunamente, almeno tre motivi che possano spiegare come mai la resa della reazione non è pari al 100%. L'insegnante avvia la discussione e al momento opportuno può proporre agli studenti di ipotizzare sia l'andamento nel tempo delle concentrazioni di reagenti e prodotti, sia l'andamento nel tempo delle velocità delle trasformazioni *verso destra* e *verso sinistra*. Al termine della discussione, dopo aver proposto, discusso e condiviso gli andamenti sopra descritti, gli allievi dovrebbero giungere alle seguenti conclusioni generali:

- 1. al termine di una trasformazione chimica incompleta il sistema non subisce più alcuna evoluzione ed è in uno stato di equilibrio chimico dinamico.**
- 2. in un sistema allo stato di equilibrio chimico dinamico la concentrazione dei reagenti e dei prodotti è costante ed è diversa da zero.**
- 3. in un sistema allo stato di equilibrio chimico dinamico le due reazioni opposte avvengono alla stessa velocità.**

Foglio di Lavoro 9

L'obiettivo del FOL è quello di far esercitare gli studenti al riconoscimento e alla corretta rappresentazione dei sistemi in equilibrio chimico; in tal senso, essi dovranno riconsiderare tutte le trasformazioni chimiche dei precedenti FOL e indicare, motivando opportunamente, quali danno origine a sistemi in equilibrio chimico dinamico e quali non li originano.

BIBLIOGRAFIA

- Quilez, J. *Chem. Educ. Res. Pract.*, **2004**, 5, 69-87.
Tyson, L., Treagust, D. F., Bucat, R. B. *J. Chem. Educ.*, **1999**, 76, 554-558.
Driscoll, D. R. *Aust. Sci. Teachers' J.*, **1960**, 6, 7-15.
Wheeler, A. E.; Kass, H. *Sci. Educ.*, **1978**, 62, 223-232.
Hacking, M. W.; Garnett, P. J. *Eur. J. Sci. Educ.*, **1985**, 7, 205-214.
Banerjee, A. C. *Int. J. Sci. Educ.*, **1991**, 13, 487-494.
Niaz, M. *J. Sci. Educ. Tech.*, **2001**, 10, 205-211.
Gorodetsky, M.; Gussarsky, E. *Eur. J. Sci. Educ.*, **1986**, 8, 427-441.
Thomas, P. L.; Schwenz, R. W. *J. Res. Sci. Teaching*, **1998**, 35, 1151-1160.
Bergquist, W.; Heikkinen, H. *J. Chem. Educ.*, **1990**, 67, 1000-1003.
Van Driel, J. H.; de Vos, W.; Verloop, N.; Dekkers, H. *Int. J. Sci. Educ.* **1998**, 20, 379-392.
Stavridou, H.; Solomonidou, C. *Didaskalia*, **2000**, 16, 107-134.
Akkus, H.; Kadayifci, H.; Atasoy, B.; Geban, O. *Res. Sci. Tech. Educ.*, **2003**, 21, 209-227.
Hacking, M. W.; Garnett, P. J. *Eur. J. Sci. Educ.*, **1985**, 7, 205-214.
Huddle, P. A.; Pillay, A. E. *J. Res. Sci. Teaching*, **1996**, 33, 65-77.
Quilez, J.; Solaz, J. J. *J. Res. Sci. Teaching*, **1995**, 32, 939-957.
Chiu, M.-H.; Chou, C.-C.; Liu, C.-J. *J. Res. Sci. Teaching*, **2002**, 39, 688-712.
Wandersee, J. H.; Griffard, P. B. "The history of chemistry: Potential and actual contributions to chemical education" in Gilbert, J. K. et al., *Chemical education: Towards research-based practice*, 2002, Dordrecht: Kluwer.
Leite, L. *Sci. Educ.*, **2002**, 11, 333-359.
Matthews, M. R. *Science teaching: The role of history and philosophy of science*, 1994, London: Routledge.
Justi, R.; Gilbert, J. K. *Sci. Educ.*, **1999**, 8, 287-307.
Quilez, J. *Sci. Educ.*, **2009**, 18, 1203-1251.
Lindauer, M. W. *J. Chem. Educ.*, **1962**, 39, 384-390.

- Marchetti, F.; Pettinari, R.; Pettinari, C.; Cingolani, A.; Di Nicola, C. *CnS, Chimica nella Scuola* **2009**, *31*, 18-29.
- Roletto, E. *La scuola dell'apprendimento*, Erickson, 2005, Trento.
- Giordan, A. "Le modele allosterique et les theories contemporaines sur l'apprentissage" (http://www.ldes.unige.ch/publi/rech/th_app.htm), in Giordan, A.; Girault, Y.; Clément, P. *Conceptions et connaissance*, 1994, Bern: Peter Lang.
- Cooper, M. M. *J. Chem. Educ.*, **1995**, *72*, 162-164.
- Van Driel, J. H.; de Vos, W.; Verloop, N. *J. Chem. Educ.*, **1999**, *76*, 559–561.