



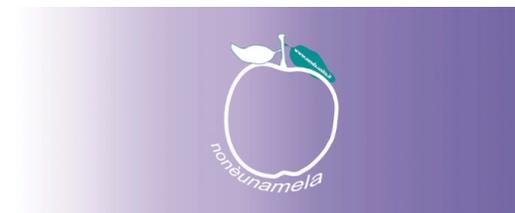
# «Lo studio dei sistemi chimici e lo stato di equilibrio chimico dinamico»

**Abano Terme, 11 e 12 Novembre 2024**

Marco Ghirardi ([mrc.ghirardi@gmail.com](mailto:mrc.ghirardi@gmail.com))

Istituto Tecnico Industriale «Q. Sella» - Biella

Gruppo SENDS – Storia ed Epistemologia per una Nuova Didattica delle Scienze ([www.sends.unito.it](http://www.sends.unito.it))



## Equilibrio chimico

- **Concetto integratore**

- collega concetti diversi
- a livelli differenti

- **Concetto unificante**

- supera le distinzioni tra fenomeni
- spiega, descrive e interpreta metodiche differenti

- **Ristrutturazione complessiva delle conoscenze**

*Kostas et Al., Chem. Educ. Res. Pract., 2008, 9, 240–249*

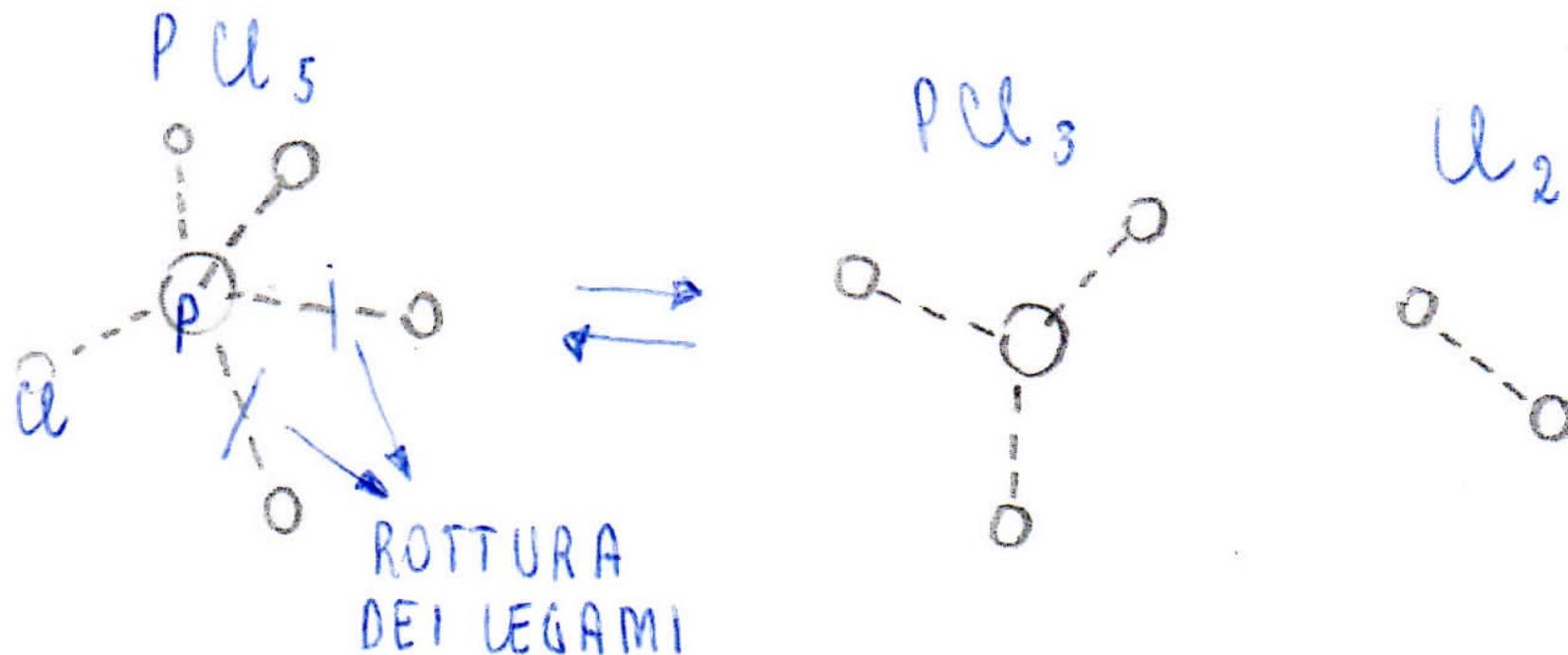


## Requisito 1) Il concetto di **trasformazione chimica**:

- l'evoluzione di un sistema in cui le identità delle sostanze coinvolte non si conservano ma si conserva la massa totale prende il nome di **trasformazione chimica**
- il **modello particellare** che conosciamo postula che le particelle di cui è costituita una **sostanza**, cioè le **molecole**, sono divisibili, poiché sono formate da altre particelle, gli **atomi**



**Richiesta agli studenti:** rappresenta con un disegno una **piccola porzione** ... [di sistema] ... in cui siano rappresentate le molecole delle sostanze del sistema in equilibrio

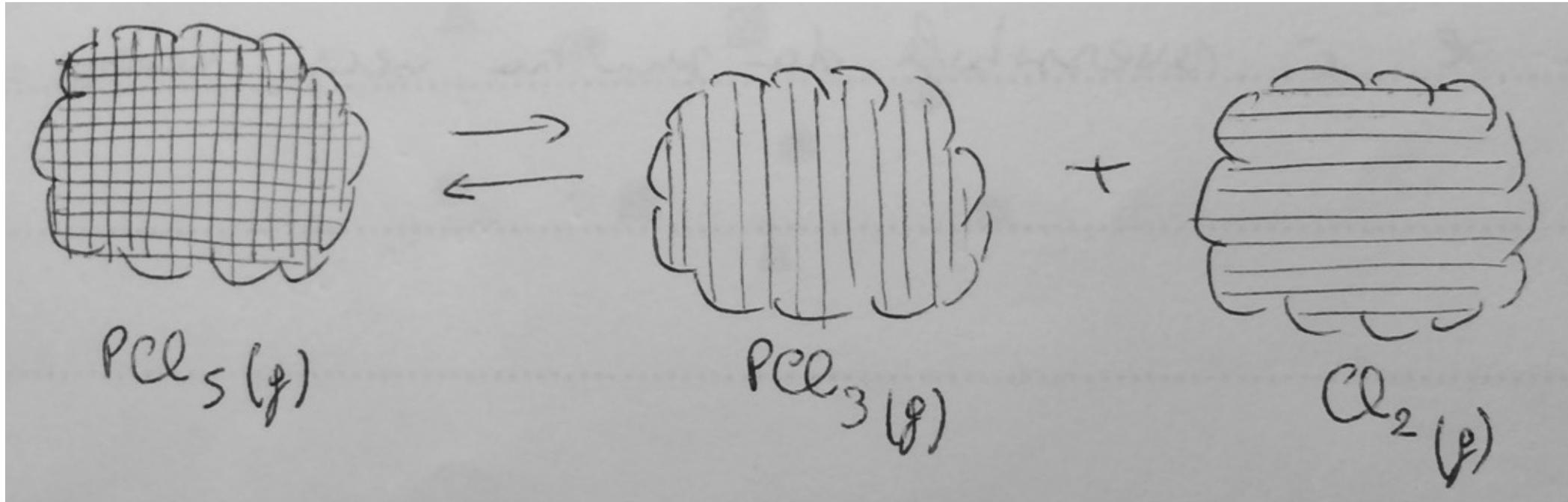


**Il livello microscopico e il livello simbolico sono confusi**

**Le concezioni difformi degli studenti richiedono un approccio alternativo**



**Richiesta agli studenti:** [situazione di equilibrio] rappresenta con un disegno lo spazio in cui si svolge la trasformazione chimica (**livello macroscopico**)

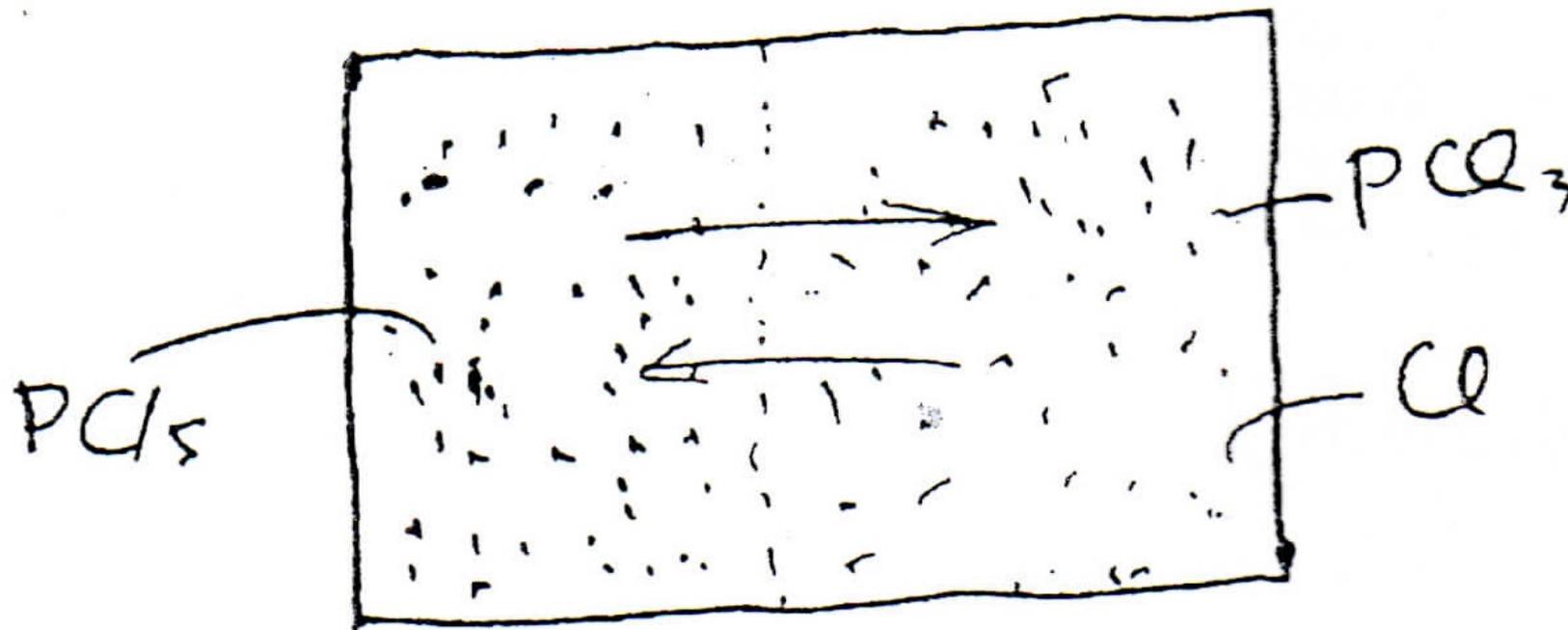


**Il livello macroscopico e il livello simbolico sono confusi**

**Le concezioni difformi degli studenti richiedono un approccio alternativo**



**Richiesta agli studenti:** [situazione di equilibrio] rappresenta con un disegno lo spazio in cui si svolge la trasformazione chimica (**livello macroscopico**)

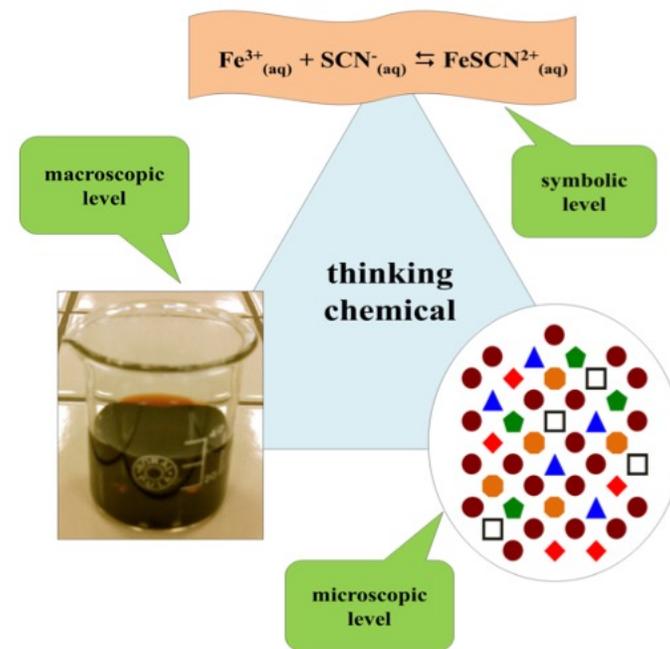


**Il livello macroscopico, microscopico e simbolico sono confusi**  
**Le concezioni difformi degli studenti richiedono un approccio alternativo**



Per migliorare la comprensione del concetto di equilibrio è opportuno distinguere il concetto di **trasformazione chimica** da quello di **reazione chimica**.

Un sistema chimico può essere descritto e interpretato sia con modelli **macroscopici** sia con modelli **microscopici**, nonché rappresentato in modo **simbolico** con uno schema di reazione.



La **trasformazione chimica** di un sistema implica il cambiamento dell'identità delle sostanze.

Il concetto di *sostanza*, essendo caratterizzato da grandezze caratteristiche come  $T_{eb}$ ,  $T_f$ , densità, etc., appartiene al livello macroscopico; dunque, il ricorso al concetto di sostanza necessita dell'uso di un *modello macroscopico*.

Il modello può essere espresso come segue: “*in una trasformazione chimica, il sistema evolve dalle sostanze iniziali (reagenti) alle sostanze finali (prodotti). Le sostanze iniziali interagiscono dando origine a nuove sostanze*”.



Per interpretare le trasformazioni chimiche è possibile ricorrere anche ai concetti di **atomo** e **molecola**, che riguardano il livello microscopico.

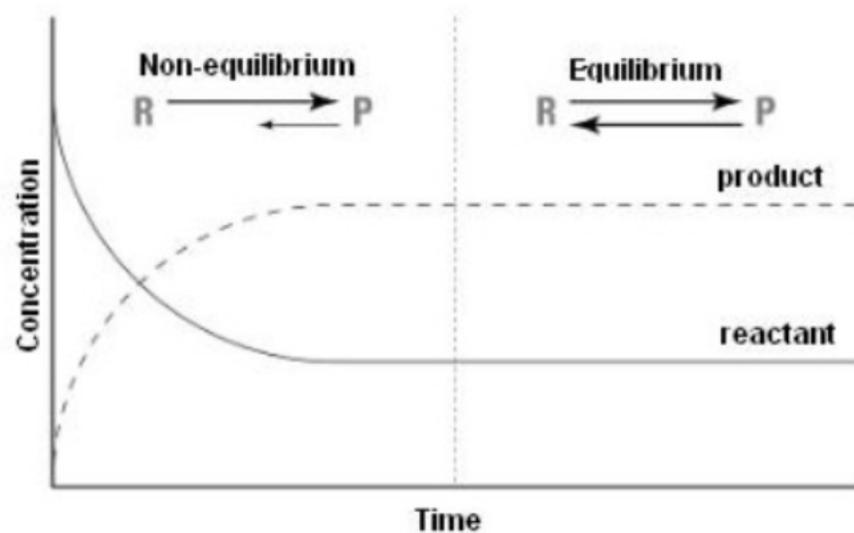
Pertanto, per descrivere e interpretare le trasformazioni chimiche a livello microscopico si ricorre al modello di *reazione chimica*, che può essere espresso come segue: “*in una reazione chimica, le particelle dei reagenti interagiscono tra loro e ciò comporta la formazione delle particelle dei prodotti*”.

Ciò implica che si distingua fra *trasformazione chimica*, che è il **fenomeno**, e *reazione chimica* che è il **modello** mediante il quale di tale fenomeno si producono rappresentazioni simboliche chiamate *schemi di reazione*.



I vantaggi della distinzione fra *trasformazioni chimiche* e *reazioni chimiche*, sono importanti quando si affronta lo studio dei sistemi in equilibrio chimico.

Per valori costanti della temperatura e della pressione, non c'è modificazione nel tempo delle quantità delle sostanze che costituiscono il sistema: **la trasformazione chimica è conclusa e incompleta** (ovvero, il sistema non subisce alcuna trasformazione chimica).

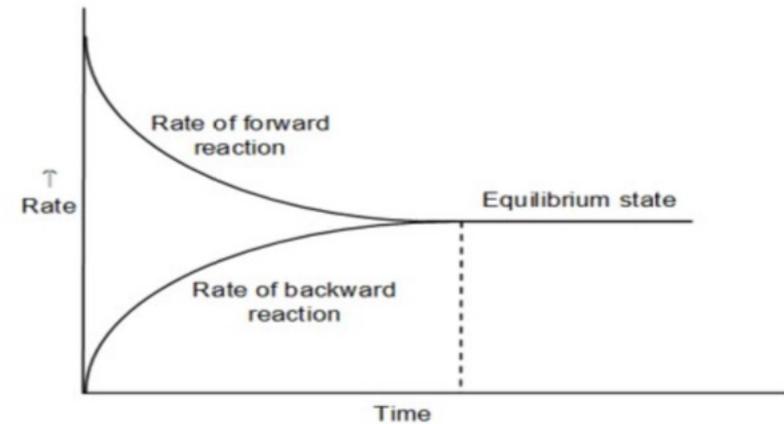


$$\text{velocità} = -\frac{\Delta[\text{R}]}{\Delta t} = \frac{\Delta[\text{P}]}{\Delta t}$$



Lo stato di equilibrio non è statico ma **dinamico** e deve essere modellizzato ricorrendo all'idea che si realizzino contemporaneamente e alla stessa velocità due reazioni; ovvero, la *reazione diretta* e la *reazione opposta*.

Immaginare **due reazioni**, *una opposta all'altra*, che avvengono **simultaneamente** e alla **stessa velocità** permette di comprendere come mai non vi sia più evoluzione del sistema (*concentrazione di reagenti e prodotti costanti e diverse da zero*), anche se sono presenti tutte le specie chimiche *suscettibili di reagire*.



**Requisito 2)** Il concetto di **trasformazione chimica** è distinto dal concetto di **reazione chimica**:

- la **trasformazione chimica** è il processo a **livello macroscopico** nel quale sono coinvolte le sostanze; infatti, in una trasformazione chimica il sistema passa dalle sostanze iniziali (**reagenti**) alle sostanze che da queste prendono origine (**prodotti**)
- la **trasformazione chimica** viene modellizzata associandola a una **reazione chimica** che rende conto delle **interazioni** che hanno luogo fra le particelle a **livello microscopico**
- la **reazione chimica**:
  - **modellizza** la trasformazione chimica subita da un sistema chimico;
  - indica in quali **proporzioni** i reagenti sono **consumati** e i prodotti sono **formati**;
  - la sua scrittura simbolica si chiama **schema di reazione**:

**reagente 1 + reagente 2 + ... → prodotto 1 + prodotto 2 + ...**



**Requisito 3)** Per scrivere gli **schemi di reazione** si ricorre:

- ai **simboli chimici** e alle **formule chimiche** per indicare i reagenti e i prodotti
- ai **coefficienti stechiometrici** per precisare le **proporzioni** in cui i reagenti sono consumati e i prodotti sono formati
- alla **freccia** ( $\rightarrow$ ) per significare il passaggio dai reagenti ai prodotti (quindi uno schema di reazione descrive l'evoluzione di un sistema in cui avviene una reazione chimica)



In **conclusione** possiamo affermare che:

- una trasformazione chimica è **ciò che si vede**, cioè il **fenomeno**
- è troppo complicato esprimere a parole le trasformazioni che avvengono in un sistema chimico, quindi si ricorre a un modello, cioè la **reazione chimica**

In **estrema sintesi**:

**una reazione chimica è la modellizzazione di una trasformazione chimica, entrambe sono espresse in termini simbolici mediante uno schema di reazione**



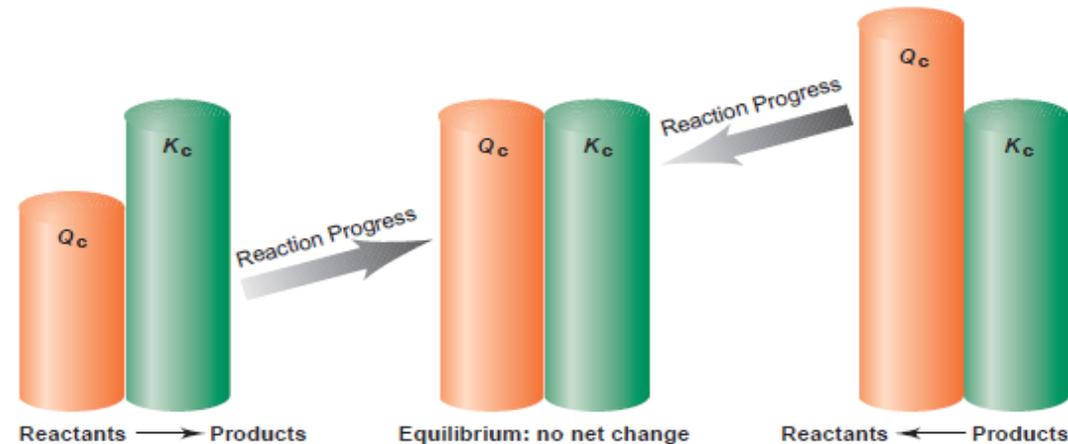
Le **concezioni difformi** più diffuse sono:

- concezione **statica** dello stato di equilibrio chimico;
- concezione **pendolare** delle reazioni diretta e inversa;
- concezione **compartimentale** delle reazioni diretta e inversa;
- concezione della **composizione all'equilibrio identica o proporzionale ai coefficienti stechiometrici** dello schema di reazione.



Le **difficoltà di apprendimento** più diffuse sono:

- prevedere l'evoluzione di un sistema a partire **da uno stato iniziale qualsiasi**;
- prevedere l'evoluzione di un sistema a partire **da uno stato di equilibrio**.



## Qual è la conclusione?

Se in **contesti diversi** →

**identiche concezioni** alternative  
**analoghe difficoltà** di apprendimento

Allora l'acquisizione dei concetti →

**criticità connaturate ai concetti stessi**

**È necessario progettare e sperimentare attività didattiche che facilitino un adeguato apprendimento del concetto di equilibrio chimico dinamico.**



**Indicazioni** generalmente rivolte agli insegnanti:

- ampliare gli **esempi di tipo quantitativo**;
- ampliare il **numero di casi** esemplificativi utilizzati per illustrare il principio di Le Châtelier;
- ricorrere a **simulazioni al computer**;
- ricorrere al **laboratorio** al fine di fornire agli allievi situazioni concrete di apprendimento;
- utilizzare un **approccio storico-epistemologico** per progettare e realizzare le attività didattiche.



Intervento educativo di più **ampio respiro** che:

- tenga conto della **matrice cognitiva** preesistente degli allievi;
- predisponga contesti di apprendimento che inducano gli **allievi a pensare**, ponendoli quindi in una situazione attiva;
- utilizzi come interrogativi problematici, o materia di discussione, **adeguati referenti empirici** da modellizzare;
- includa **attività di riflessione** al fine di consolidare le nuove acquisizioni e promuovere fattivamente le future.



L'intera sequenza didattica sull'equilibrio chimico è costituita di sette sezioni:

Primo biennio

- 1. TRASFORMAZIONI CHIMICHE INCOMPLETE**
- 2. TRASFORMAZIONI CHIMICHE OPPOSTE**
- 3. SISTEMI IN EQUILIBRIO CHIMICO DINAMICO**

Secondo biennio

- 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**



# SEQUENZA DIDATTICA



## SEZIONE 1: TRASFORMAZIONI CHIMICHE INCOMPLETE

**Contemporanea presenza** di tutte le sostanze coinvolte (**reagenti e prodotti**) e dalla **costanza** delle loro concentrazioni

L'ultima condizione è decisiva: «**sta ancora avvenendo perché è molto lenta**»



Mescolando una soluzione acquosa di tiosolfato di sodio con una di cloruro di idrogeno si formano diossido di zolfo e cloruro di sodio in soluzione acquosa, zolfo allo stato solido e acqua allo stato liquido.

Scrivi lo schema di reazione della trasformazione chimica appena descritta:

.....

Leggi con attenzione le consegne 1, 2 e 3 e poi esegui:

1. Versa  $15,0 \text{ cm}^3$  di soluzione acquosa di tiosolfato di sodio in un becher.
2. Versa  $5,0 \text{ cm}^3$  di soluzione acquosa di cloruro di idrogeno nello stesso becher e *contemporaneamente* fai partire il cronometro.
3. Compila la seguente tabella:

t (min)	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
Non conclusa												
Conclusa												



Cosa ti fa pensare che la trasformazione chimica **non è conclusa**?

Argomenta la tua risposta: .....

.....

.....

Cosa ti fa pensare che la trasformazione chimica **è conclusa**?

Argomenta la tua risposta: .....

.....

.....



## Quali sono le risposte?



Schema di reazione:

- **molti** lo scrivono in modo appropriato
- **alcuni** lo scrivono in modo comunque accettabile

Gli studenti non hanno difficoltà a indicare che la trasformazione può ritenersi conclusa quando a livello macroscopico **non si percepiscono cambiamenti**



## Quali sono le risposte?

***«l'aspetto non muta più»***

***«il colore si è stabilizzato. E lo zolfo ha dato il colore giallastro alla sostanza»***

***«a 6 minuti riteniamo che la trasformazione sia conclusa perché il colore si è stabilizzato e nonostante ripetuti movimenti per mescolare meglio non sono avvenuti cambiamenti»***

***«perché lo zolfo fa diventare il liquido di un colore sempre più giallo»***



## Quali sono le rappresentazioni?

Un dubbio:

**«quando la trasformazione chimica è conclusa? Quando l'intorbidimento smette o quando lo zolfo è completamente raccolto sul fondo del becher?»**

La soluzione:

**«la deposizione dello zolfo sul fondo del becher è un fenomeno fisico e quindi non ha senso considerarlo»**



Rappresenta dal punto di vista microscopico il sistema nello **stato iniziale** (un attimo prima della trasformazione) e giustifica la tua rappresentazione:

.....

Rappresenta dal punto di vista microscopico il sistema a **trasformazione non conclusa** e giustifica la tua rappresentazione:

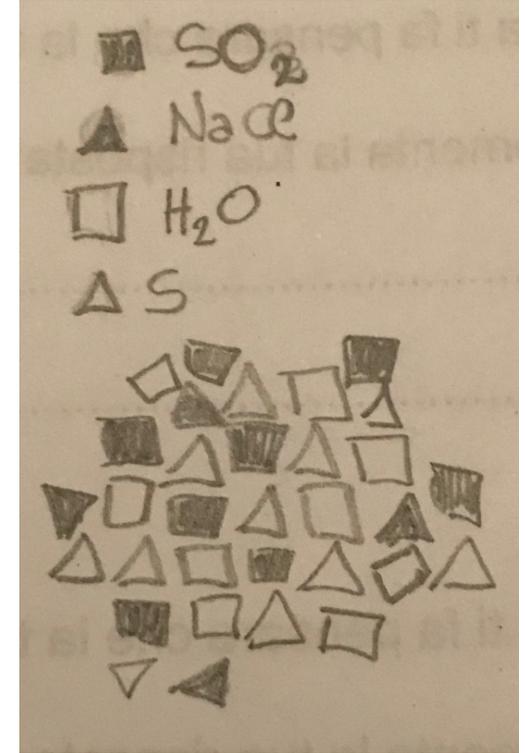
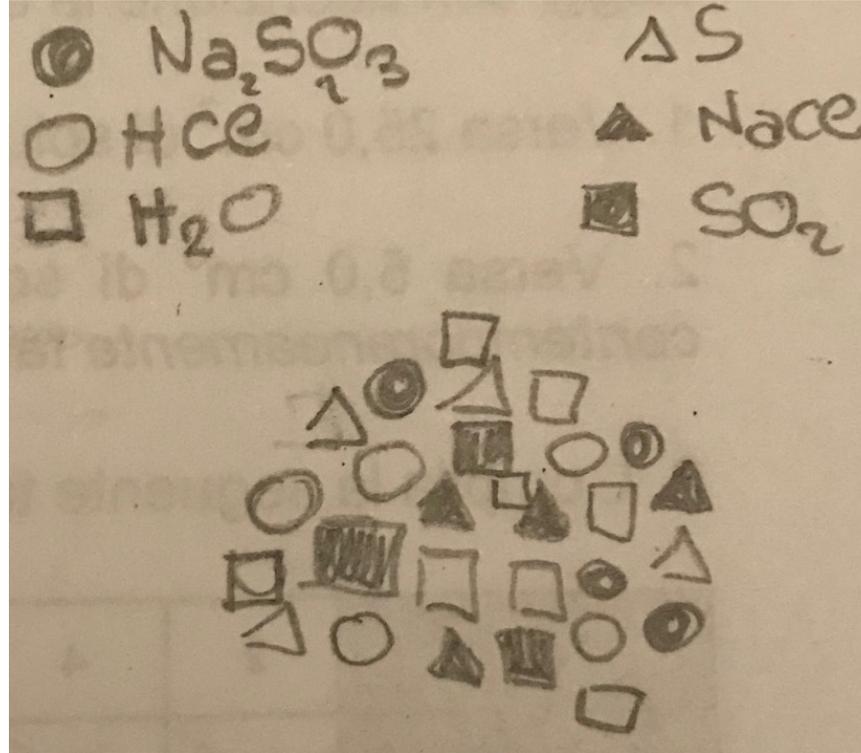
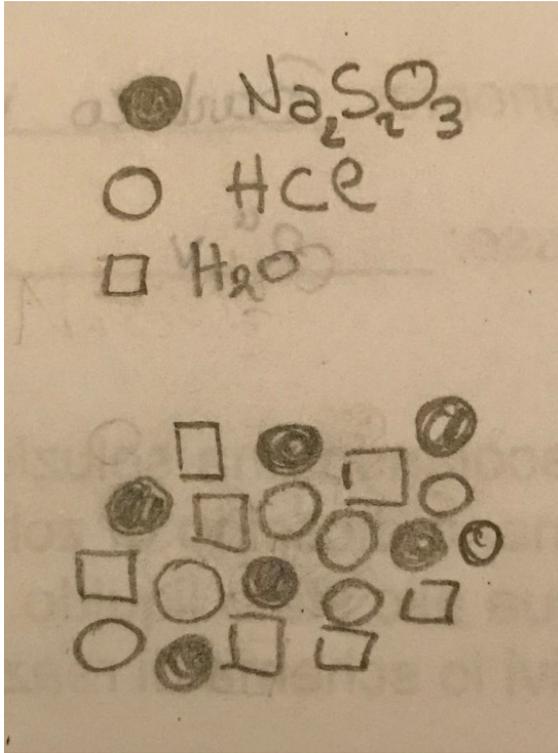
.....

Rappresenta dal punto di vista microscopico il sistema a **trasformazione conclusa** e giustifica la tua rappresentazione:

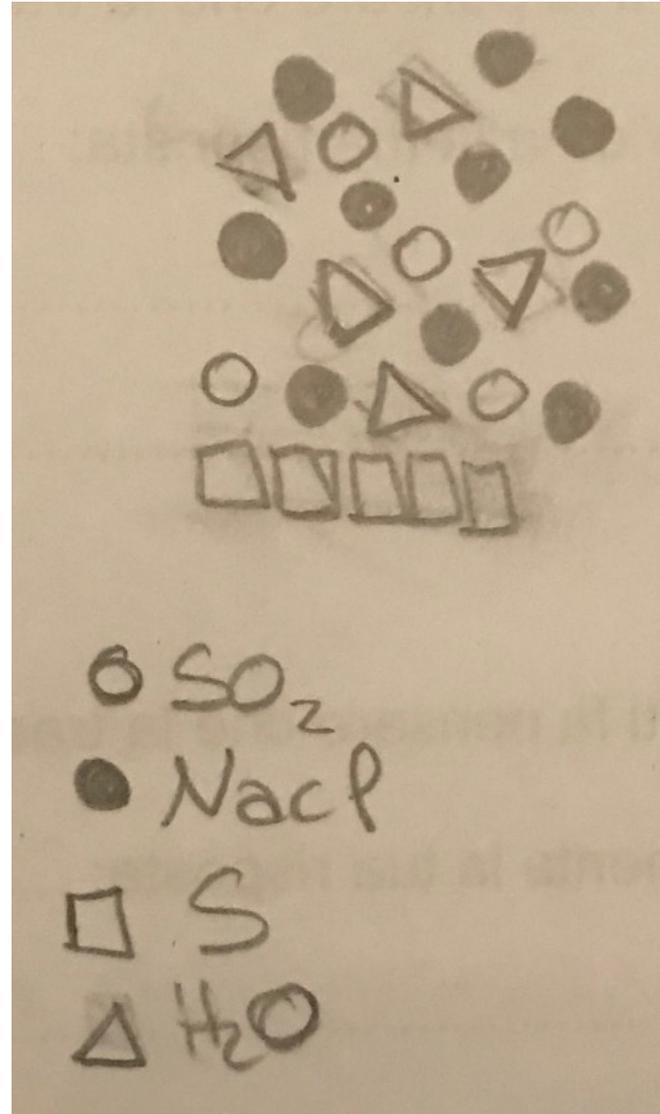
.....



# Quali sono le rappresentazioni?



## Quali sono le rappresentazioni?



## Attività di ristrutturazione

CONCLUSIONI SPECIFICHE	CONCLUSIONI GENERALI
<p>Quando si mescolano le due soluzioni si forma zolfo colloidale (in sospensione) e si ottiene una miscela eterogenea; ciò spiega l'intorbidamento del sistema.</p>	<p>UNA TRASFORMAZIONE CHIMICA <b>PUÒ</b> ESSERE RITENUTA <b>CONCLUSA</b> SE LA QUANTITÀ DI UN PRODOTTO È COSTANTE.</p>
<p>La gradualità con la quale si realizza l'intorbidamento indica che la trasformazione chimica non è istantanea.</p>	
<p>Quando si stima che l'intorbidamento raggiunge la massima intensità è possibile affermare che la trasformazione chimica è conclusa.</p>	



## Attività di ristrutturazione

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



Mescolando una soluzione acquosa di permanganato di potassio, una di ossalato di sodio e una di acido solforico si formano solfato di manganese (II), solfato di potassio, solfato di sodio, diossido di carbonio (tutti in in soluzione acquosa) e acqua allo stato liquido.

Scrivi lo schema di reazione della trasformazione chimica appena descritta:

.....

Leggi con attenzione le consegne 1, 2, 3 e 4 e poi esegui:

1. Versa 15,0 cm<sup>3</sup> di soluzione acquosa di permanganato di potassio in un becher.
2. Versa 10,0 cm<sup>3</sup> di soluzione acquosa di acido solforico nello stesso becher.
3. Versa 15,0 cm<sup>3</sup> di soluzione acquosa di ossalato di sodio nello stesso becher e *contemporaneamente* fai partire un cronometro.
4. Compila la seguente tabella:

t (min)	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
Non conclusa												
Conclusa												



Cosa ti fa pensare che la trasformazione chimica **non è conclusa**?

Argomenta la tua risposta: .....

.....

.....

Cosa ti fa pensare che la trasformazione chimica **è conclusa**?

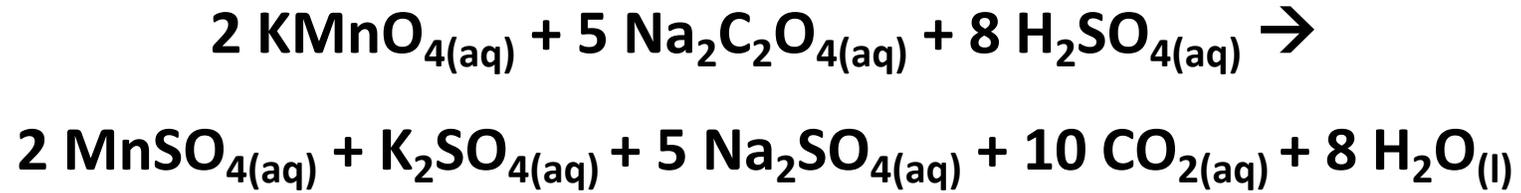
Argomenta la tua risposta: .....

.....

.....



## Quali sono le risposte?



Schema di reazione: impostano con difficoltà e **non bilanciano**

Gli studenti non hanno difficoltà a indicare che la trasformazione **non è conclusa** quando a livello macroscopico si percepiscono **cambiamenti**



## Quali sono le risposte?

***«si stava ancora schiarendo il colore»***

***«il continuo cambiamento della tonalità del colore»***

***«si sta schiarendo sempre di più e quindi può ancora cambiare»***

***«perché durante il secondo minuto il colore sta ancora mutando (viola → rosa chiaro)»***



Rappresenta dal punto di vista microscopico il sistema nello **stato iniziale** (un attimo prima della trasformazione) e giustifica la tua rappresentazione:

.....

Rappresenta dal punto di vista microscopico il sistema a **trasformazione non conclusa** e giustifica la tua rappresentazione:

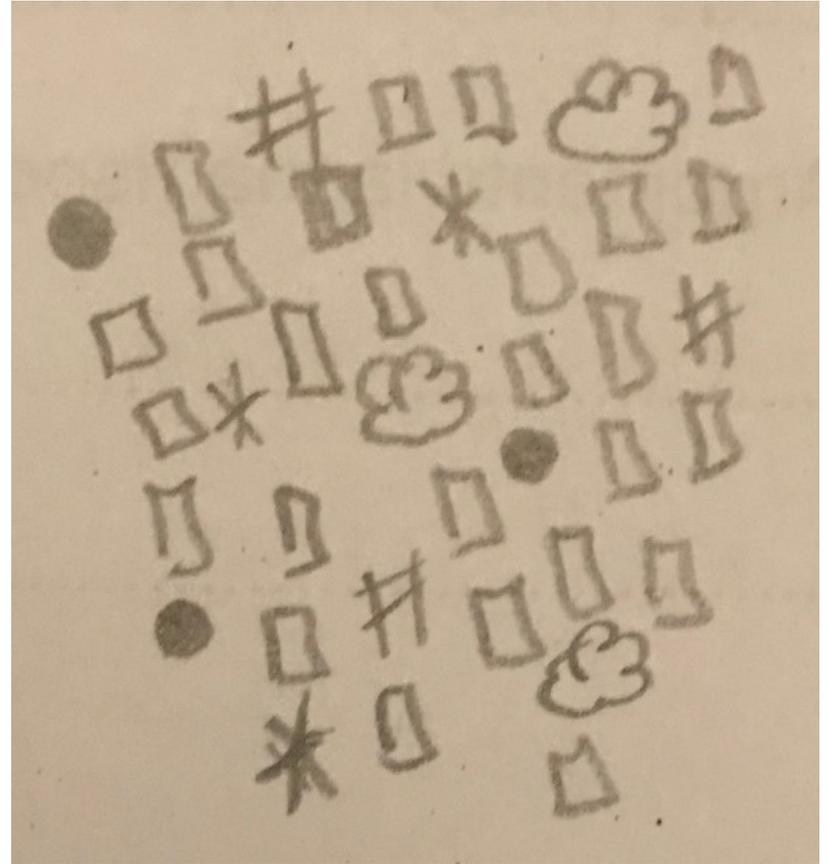
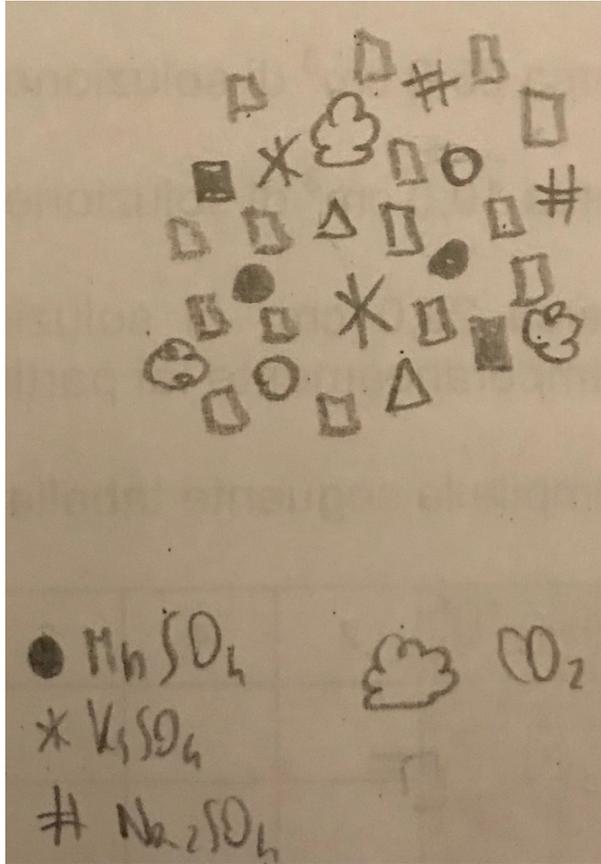
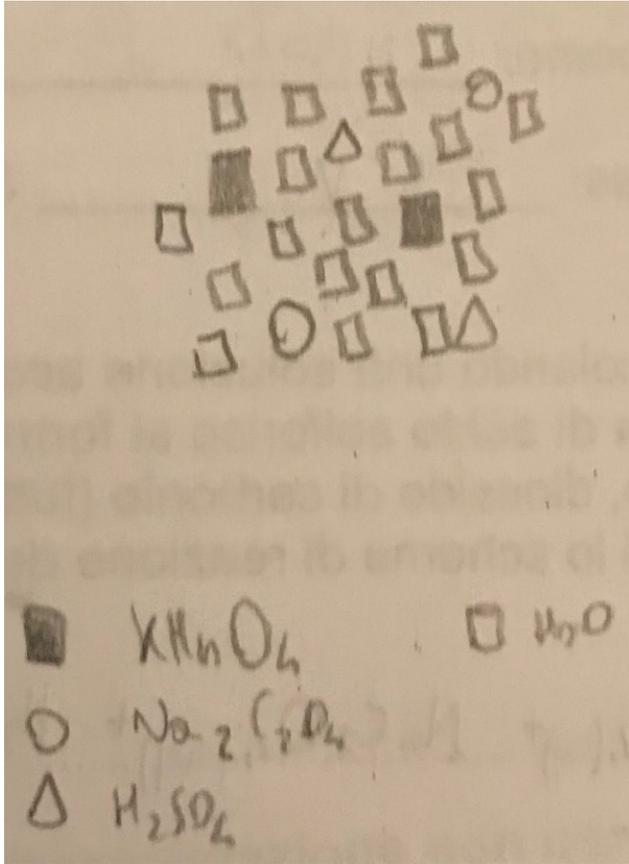
.....

Rappresenta dal punto di vista microscopico il sistema a **trasformazione conclusa** e giustifica la tua rappresentazione:

.....



# Quali sono le rappresentazioni?



## Attività di ristrutturazione

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



## Attività di ristrutturazione

CONCLUSIONI SPECIFICHE	CONCLUSIONI GENERALI
<p>Nello stato iniziale si rappresentano le particelle di permanganato di potassio, ossalato di sodio, acido solforico e acqua.</p>	<p>NELLO STATO INIZIALE SI RAPPRESENTANO LE PARTICELLE (MOLECOLE O ATOMI) DEI REAGENTI E DEL SOLVENTE (SE PRESENTE).</p>
<p>A trasformazione in corso si rappresentano le particelle di permanganato di potassio, ossalato di sodio, acido solforico, solfato di manganese (II), solfato di potassio, solfato di sodio, diossido di carbonio e acqua.</p>	<p>A TRASFORMAZIONE IN CORSO SI RAPPRESENTANO LE PARTICELLE (MOLECOLE O ATOMI) DEI REAGENTI, DEI PRODOTTI E DEL SOLVENTE (SE PRESENTE).</p>
<p>A trasformazione conclusa si rappresentano le particelle di solfato di manganese (II), solfato di potassio, solfato di sodio, diossido di carbonio e acqua.</p>	<p>A TRASFORMAZIONE CONCLUSA SI RAPPRESENTANO LE PARTICELLE (MOLECOLE O ATOMI) DEI PRODOTTI E DEL SOLVENTE (SE PRESENTE).</p>



Versando carbonato di calcio granulare o polverulento in una soluzione acquosa di cloruro di idrogeno si formano cloruro di calcio in soluzione acquosa, anidride carbonica e acqua. Scrivi lo schema di reazione della trasformazione chimica appena descritta:

.....

Leggi con attenzione le consegne 1, 2, e 3 e poi esegui:

1. Versa 15,0 cm<sup>3</sup> di acido cloridrico in un becher.
2. Versa 0,5 g di carbonato di calcio nello stesso becher e *contemporaneamente* fai partire un cronometro.
3. Compila la seguente tabella:

t (min)	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
Non conclusa												
Conclusa												



Cosa ti fa pensare che la trasformazione chimica **non è conclusa**?

Argomenta la tua risposta: .....

.....

.....

Cosa ti fa pensare che la trasformazione chimica **è conclusa**?

Argomenta la tua risposta: .....

.....

.....



## Quali sono le risposte?



Generalmente scrivono lo schema di reazione in modo corretto

Gli studenti non hanno difficoltà a indicare che fino a quando si ha uno **sviluppo di gas** la trasformazione **non può ritenersi conclusa**

Alcuni prendono in considerazione la contemporanea **scomparsa** di carbonato di calcio



## Quali sono le risposte?

**«continua formarsi anidride carbonica ( $\text{CO}_2$ ). Si nota dalla formazione di 'bollicine'»**

**«perché il reagente solido non si è totalmente disciolto nel cloruro di idrogeno producendo anidride carbonica sotto forma di bollicine»**

**«perché continua a formarsi  $\text{CO}_2$ , dimostrato dal continuo formarsi di bolle e il carbonato di calcio è ancora presente allo stato solido»**



Rappresenta dal punto di vista microscopico il sistema nello **stato iniziale** (un attimo prima della trasformazione) e giustifica la tua rappresentazione:

.....

Rappresenta dal punto di vista microscopico il sistema a **trasformazione non conclusa** e giustifica la tua rappresentazione:

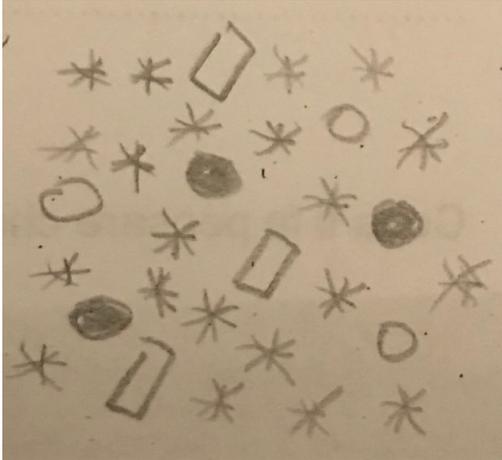
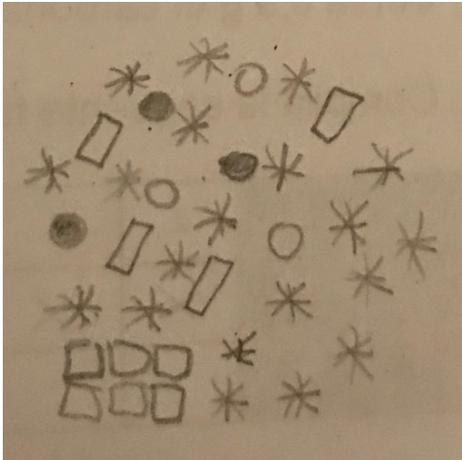
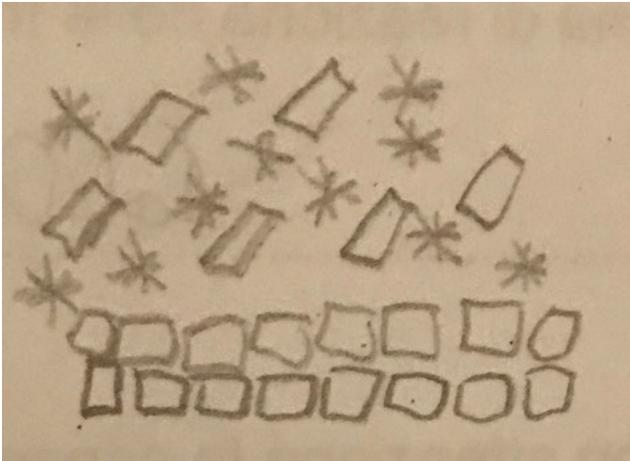
.....

Rappresenta dal punto di vista microscopico il sistema a **trasformazione conclusa** e giustifica la tua rappresentazione:

.....



# Quali sono le rappresentazioni?



## Quali sono le risposte?

**«non si forma più  $\text{CO}_2$ , ma non è detto che non si formi  $\text{CaCl}_2$ »**

**«se si tratta di prodotti, se se ne forma uno si forma anche l'altro e se uno non si produce più allora anche gli altri (sottinteso, non si producono più)»**

L'insegnante chiede agli studenti di indicare un modo per rilevare l'eventuale presenza di cloruro di idrogeno

**«si aggiunge altro  $\text{CaCO}_3$  e se frigge allora c'è ancora  $\text{HCl}$ »**



## Attività di ristrutturazione

CONCLUSIONI SPECIFICHE	CONCLUSIONI GENERALI
<p>Quando si aggiunge il reagente solido alla soluzione si forma diossido di carbonio e diminuisce visibilmente, fino al completo consumo, la quantità di carbonato di calcio.</p>	<p>UNA TRASFORMAZIONE CHIMICA <b>PUÒ</b> ESSERE RITENUTA <b>CONCLUSA E COMPLETA</b> SE ALMENO UN REAGENTE È COMPLETAMENTE CONSUMATO E LA QUANTITÀ DI UN PRODOTTO È COSTANTE.</p>
<p>La gradualità con la quale avviene la trasformazione chimica indica che essa non è istantanea.</p>	
<p>Quando la soluzione è 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.</p>	



## Attività di ristrutturazione

CONCLUSIONI SPECIFICHE	CONCLUSIONI GENERALI
Nello stato iniziale si rappresentano le particelle di carbonato di calcio, cloruro di idrogeno e acqua.	NELLO STATO INIZIALE SI RAPPRESENTANO LE PARTICELLE (MOLECOLE O ATOMI) DEI REAGENTI E DEL SOLVENTE (SE PRESENTE).
A trasformazione in corso si rappresentano le particelle di carbonato di calcio, cloruro di idrogeno, cloruro di calcio, anidride carbonica e acqua.	A TRASFORMAZIONE IN CORSO SI RAPPRESENTANO LE PARTICELLE (MOLECOLE O ATOMI) DEI REAGENTI, DEI PRODOTTI E DEL SOLVENTE (SE PRESENTE).
A trasformazione conclusa si rappresentano le particelle di cloruro di calcio, anidride carbonica e acqua.	A TRASFORMAZIONE CONCLUSA SI RAPPRESENTANO LE PARTICELLE (MOLECOLE O ATOMI) DEI PRODOTTI E DEL SOLVENTE (SE PRESENTE).



## FOL 4 EQ

Mescolando una soluzione acquosa di nitrato ferrico con una di tiocianato di potassio si forma tiocianato ferrico e nitrato di potassio in soluzione acquosa. Scrivi lo schema di reazione della trasformazione chimica appena descritta:

.....

Leggi con attenzione le consegne 1, 2 e 3 e poi esegui:

1. Versa circa  $10 \text{ cm}^3$  di soluzione di nitrato ferrico in un becher.
2. Versa circa  $10 \text{ cm}^3$  di soluzione di tiocianato di potassio nello stesso becher.
3. Prendi nota di ciò che accade:

.....

.....

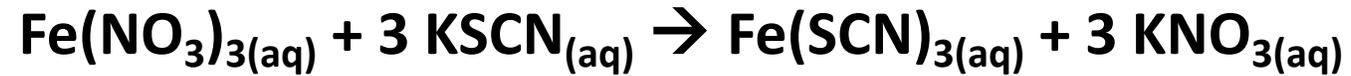
4. La trasformazione chimica è conclusa?      **SI**      **NO**      Giustifica la tua risposta:

.....

.....



## Quali sono le risposte?



Hanno **necessità di indicazioni** per scrivere lo schema di reazione

Molti annotano che la trasformazione chimica è **conclusa**

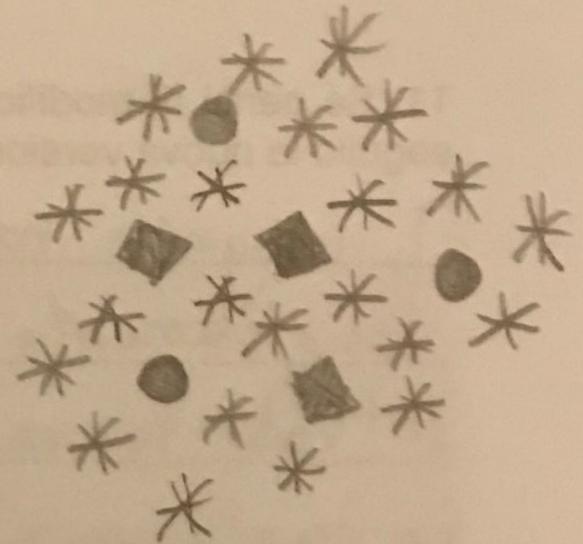
Qualcuno scrive che la trasformazione è **istantanea**



5. Rappresenta dal punto di vista microscopico il sistema a trasformazione conclusa e giustifica la tua rappresentazione:

.....

tutti i reagenti si sono trasf. in  
prodotti, che sono costanti. La  
soluzione è (aq) cioè è presente  
H<sub>2</sub>O in grande quantità.



.....  
.....



6. Ripartisci il contenuto del becher in tre tubi da saggio contrassegnati con le lettere A, B e C.

7. Introduci qualche cristallo di nitrato ferrico nel tubo da saggio B. Confronta il colore che assume la soluzione del tubo da saggio B con il colore della soluzione del tubo da saggio A (riferimento). Cosa noti dal confronto?

.....

.....

8. Come spieghi ciò che è accaduto?

.....



9. Introduci qualche cristallo di tiocianato di potassio nel tubo da saggio C. Confronta il colore che assume la soluzione del tubo da saggio C con il colore della soluzione del tubo da saggio A (riferimento). Cosa noti dal confronto?

.....

.....

10. Come spieghi ciò che è accaduto?

.....

11. Se pensi di modificare la rappresentazione che hai svolto al punto 5 allora riporta di seguito la nuova versione e giustifica la tua rappresentazione:

.....

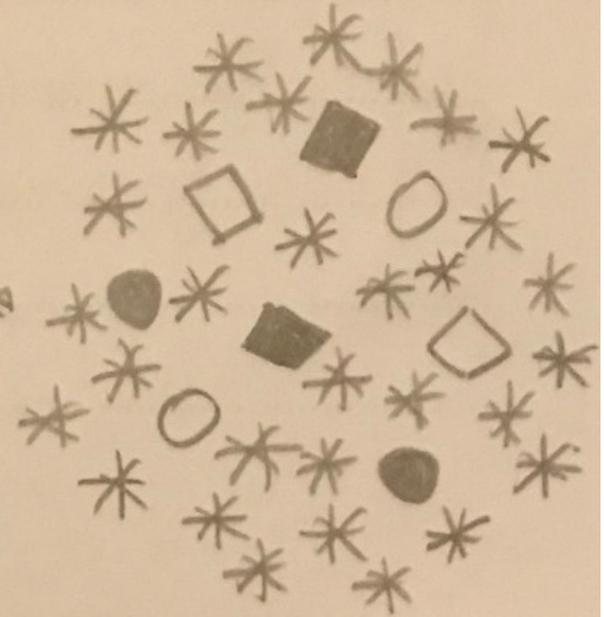


## Quali sono le rappresentazioni?

Nessuna rappresentazione presenta partizioni

seguito la nuova versione e giustifica la tua rappresentazione:

I reagenti non si sono trasformati  
completamente perché aggiungendo  
Mitrato Ferreo e KSCN avviene ancora  
una trasformazione, cioè i prodotti  
non sono costanti, ma possono  
ancora variare.



## Quali sono le risposte?

Riconoscono l'**intensificazione del colore** delle soluzioni B e C rispetto ad A

In alcuni casi si può diffondere l'idea che l'intensificazione della colorazione sia dovuta alla sostanza aggiunta in sé e non a una trasformazione chimica



## Quali sono le risposte?

**«dal confronto si nota che il colore della soluzione B è più scuro della soluzione A»**

**«i cristalli di  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$  danno un colore ancora più scuro alla soluzione»**

**«nella provetta B c'è più  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$  della provetta A, per questo motivo c'è una maggiore quantità che si deve combinare con il KSCN»**

**[«nella provetta B c'è più KSCN della provetta A, per questo motivo c'è una maggiore quantità che si deve combinare con il  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ »]**

**«il nitrato ferrico solido ha reagito completamente, trasformando leggermente il colore»**



## Quali sono le risposte?

**«non possono essere in eccesso entrambi i reagenti!»**

**«se lascio per più tempo la soluzione A il colore rosso si sarebbe intensificato?»**

**«come mai entrambi i reagenti sono in eccesso?»**

**QUESTI E ALTRI SIMILI INTERVENTI INDICANO QUANTO SIA  
DIFFICILE ACCETTARE L'IDEA DELLE TRAFORMAZIONI INCOMPLETE**

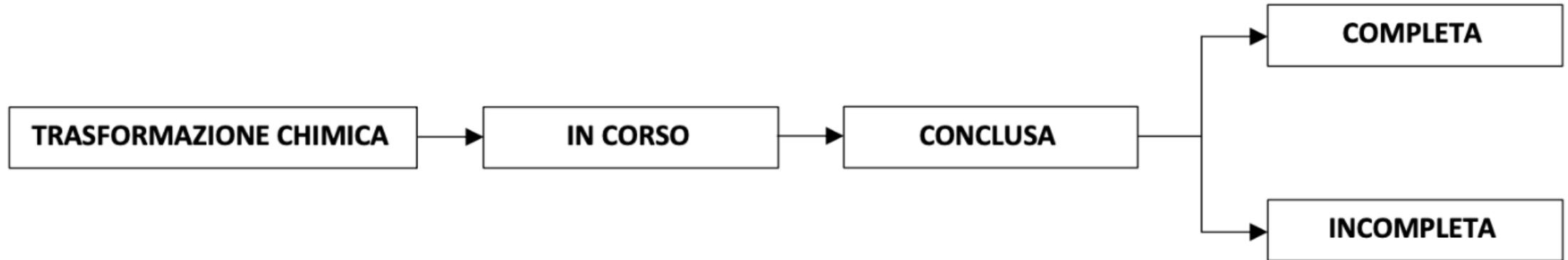


## Attività di ristrutturazione

CONCLUSIONI SPECIFICHE	CONCLUSIONI GENERALI
<p>Quando si mescolano le due soluzioni si forma tiocianato ferrico che rende la soluzione risultante di colore rosso scuro.</p>	<p>UNA TRASFORMAZIONE CHIMICA <b>PUÒ</b> ESSERE RITENUTA <b>CONCLUSA E INCOMPLETA</b> SE LA QUANTITÀ DI REAGENTI E PRODOTTI È COSTANTE E NESSUNO DEI REAGENTI È CONSUMATO COMPLETAMENTE.</p>
<p>La rapidità con la quale avviene la trasformazione chimica indica che essa è istantanea.</p>	
<p>Quando a una aliquota della soluzione sono aggiunti alcuni cristalli di nitrato ferrico si forma ancora tiocianato ferrico; ciò è interpretabile ammettendo che sia presente ancora tiocianato di potassio.</p> <p>Quando a un'altra aliquota della stessa soluzione sono aggiunti alcuni cristalli di tiocianato di potassio si forma ancora tiocianato ferrico; ciò è interpretabile ammettendo che sia presente ancora nitrato ferrico.</p>	



## SCHEMA RIASSUNTIVO



UNA TRASFORMAZIONE CHIMICA È **CONCLUSA** SE LE QUANTITÀ DEI PRODOTTI SONO COSTANTI.

UNA TRASFORMAZIONE CHIMICA È **CONCLUSA E COMPLETA** SE LE QUANTITÀ DEI PRODOTTI SONO COSTANTI E ALMENO UN REAGENTE È STATO COMPLETAMENTE CONSUMATO.

UNA TRASFORMAZIONE CHIMICA È **CONCLUSA E INCOMPLETA** SE LE QUANTITÀ DEI REAGENTI E DEI PRODOTTI SONO COSTANTI E NESSUN REAGENTE È STATO CONSUMATO COMPLETAMENTE.



## SEZIONE 2: TRASFORMAZIONI CHIMICHE OPPOSTE

Riconoscere e associare le **trasformazioni chimiche opposte** per facilitare la **corretta concettualizzazione** dei sistemi in equilibrio chimico dinamico (due **reazioni opposte** che avvengono contemporaneamente e alla stessa velocità)



Se a una soluzione alcolica contenete anioni complessi tetraclorocobaltato (II) si aggiunge acqua si ottengono cationi complessi esaacquocobalto (II) e anioni cloruro; scrivi il relativo schema di reazione:

.....

Leggi con attenzione le consegne 1, 2 e 3 e poi esegui:

1. Versa circa  $2 \text{ cm}^3$  di soluzione alcolica contenete anioni complessi tetraclorocobaltato (II) in un tubo da saggio.
2. Aggiungi acqua (goccia a goccia) nello stesso tubo da saggio, fino a quando noti un cambiamento significativo del sistema.



3. Prendi nota di ciò che accade e spiegalo:

.....

.....

.....

4. Rappresenta dal punto di vista microscopico il sistema a trasformazione conclusa:



5. Aggiungi una soluzione alcolica di dicloruro di calcio (goccia a goccia) nello stesso tubo da saggio, fino a quando noti un cambiamento significativo del sistema.

6. Prendi nota di ciò che accade e spiegalo:

.....

.....

.....

7. Rappresenta dal punto di vista microscopico il sistema a trasformazione conclusa:



8. Scrivi lo schema di reazione relativo alla trasformazione di cui ai punti 5 e 6:

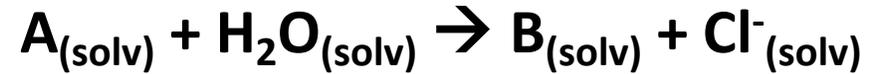
.....

Giustifica ciò che hai scritto:

.....

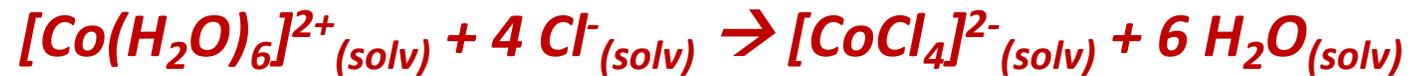


## Quali sono le risposte?



Hanno **necessità di indicazioni** per scrivere lo schema di reazione

Alcuni non tengono conto della presenza del solvente



Hanno **necessità di indicazioni** per scrivere lo schema di reazione

Generalmente svolgono correttamente la rappresentazione



## Quali sono le risposte?

**«il sistema, quando viene aggiunta l'acqua, cambia colore, e da blu diventa rosa trasparente»**

**«la soluzione torna nello stato iniziale. Lo schema di reazione si inverte.  $B + Cl^- \rightarrow A + H_2O$ . È un procedimento inverso»**

**«il sistema torna allo stato iniziale perché il cloro reagisce con un reagente non esaurito»**



## Attività di ristrutturazione

Due trasformazioni chimiche sono opposte se i reagenti di una sono i prodotti dell'altra e viceversa.



Rifletti sulle attività del Foglio di Lavoro 5 e rispondi ai seguenti interrogativi.

1. Quante trasformazioni chimiche ha subito complessivamente il sistema?

a) nessuna

b) una

c) due

d) altro: .....

Giustifica:

.....



## Quali sono le risposte?

- nessuna: nessuno
- una: nessuno
- due: quasi tutti
- altro: alcuni

***«perché si trasforma due volte. Cioè da blu a rosa e da rosa a blu. Il sistema potrebbe sopportare infinite volte. Sono opposte»***

***«essendo reversibile, se ne ottengono infinite»***

**Il termine 'reversibile' può generare equivoci; infatti, all'equilibrio avvengono contemporaneamente due reazioni opposte. È necessario distinguere il numero di trasformazioni dal tipo di trasformazioni subite dal sistema.**



2. Con quale delle seguenti affermazioni sei più 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”.*

Giustifica:

.....



## Quali sono le risposte?

**«perché nella seconda attività, il sistema è ritornato quello di partenza, per cui anche provando più volte, alla fine si ottengono gli stessi due sistemi in alternanza, quello blu e quello rosa»**

**«perché trovo errata la prima affermazioni. Perché i prodotti nella 2° trasf. diventano i 'reagenti' che si trasformano in altri 'prodotti'»**

**«le trasformazioni chimiche sono opposte, perché i loro procedimenti sono opposti perché noi possiamo passare da A (blu)  $\rightarrow$  B (rosa) e da B (rosa)  $\rightarrow$  A (blu)»**



**Complessivamente il sistema ha subito due tipi di trasformazioni chimiche**



## SEZIONE 3: SISTEMI IN EQUILIBRIO CHIMICO DINAMICO

Livello **macroscopico**: la trasformazione chimica è conclusa e incompleta;  
il sistema **non si sta trasformando**

Livello **microscopico**: due **reazioni opposte** che avvengono  
**contemporaneamente** e alla **stessa velocità**



Il tricloruro di fosforo reagisce con dicloro per produrre pentacloruro di fosforo; 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.

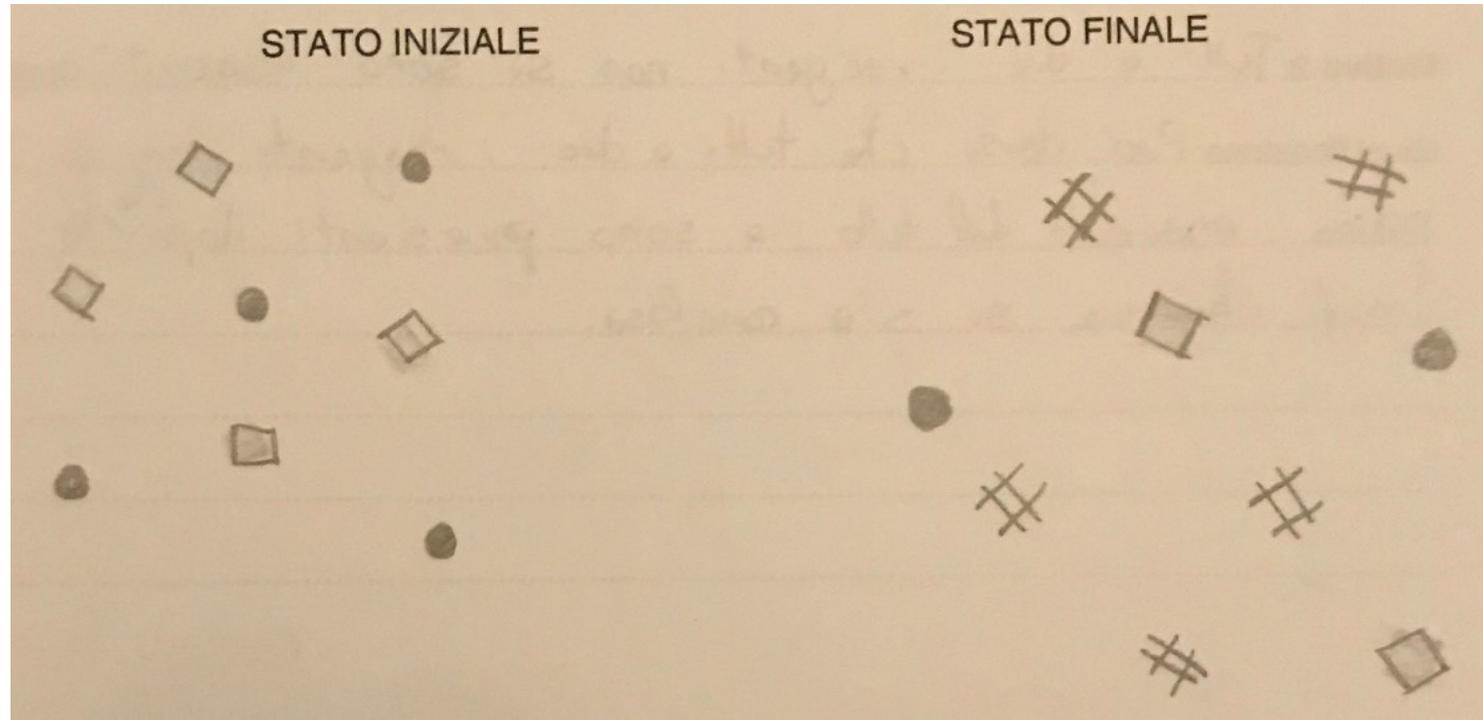
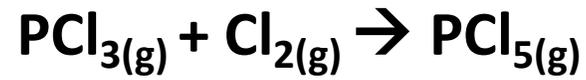
STATO INIZIALE

STATO FINALE

Giustifica la tua rappresentazione.



## Quali sono le rappresentazioni?



**Molte** rappresentazioni **corrette** dello **stato iniziale**

Solo circa la **metà** delle rappresentazioni dello **stato finale** sono **corrette**

Nessuna partizione tra reagenti e prodotti



2. Riporta almeno tre motivi che ritieni possano spiegare come mai la resa della reazione non è pari al 100%.

**Motivo 1:** .....

**Giustificazione:** .....



## Quali sono le risposte?

**«il sistema è saturo. Nel caso che il sistema fosse saturo il  $\text{PCl}_{3(g)}$  e il  $\text{Cl}_{2(g)}$  non reagiscono»**

**«potrebbero esserci delle modificazioni particolari che non fanno reagire tutte le molecole»**

**«la trasformazione chimica è conclusa ma non completa. ... i reagenti non si sono consumati completamente e ad una aggiunta di uno di essi e di tutti e due, può avvenire un'altra trasformazione chimica»**



## Quali sono le risposte?

L'insegnante chiede di spiegare come mai sia la concentrazione dei reagenti sia quella dei prodotti è costante

***«La velocità della reazione opposta deve essere uguale a quella della reazione diretta, perché le concentrazioni di reagenti e prodotti sono costanti e la velocità con la quale si formano i reagenti è uguale a quella con la quale si formano i prodotti»***



## Attività di ristrutturazione

- 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.



Riporta di seguito gli schemi di reazione relativi a tutte le trasformazioni chimiche precedentemente studiate; per ognuna di esse indica, giustificando, se pensi che siano complete, incomplete o non sia ipotizzabile nessuna delle precedenti conclusioni:

1. ....

completa       incompleta       non si può sapere

Giustificazione: .....

.....

Come proponi di modificare lo schema di reazione:

.....

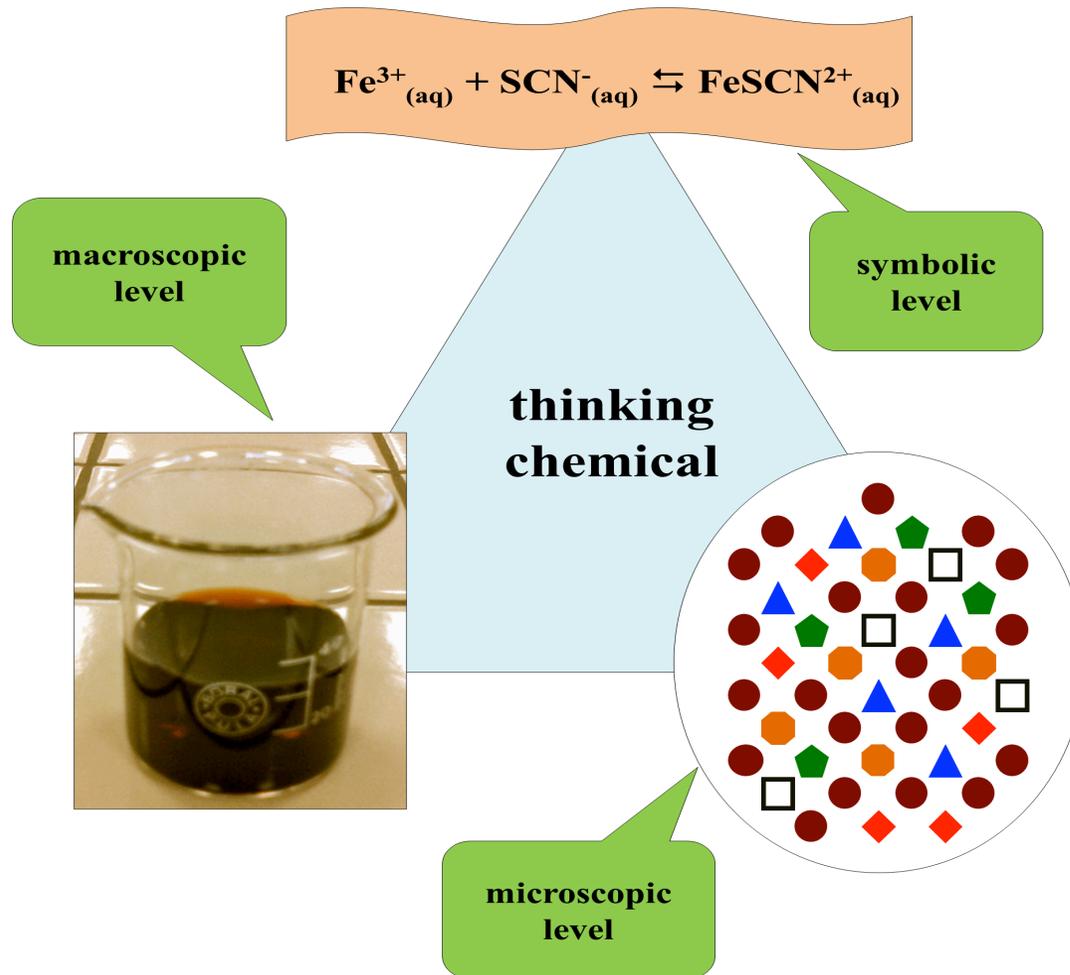


## Attività di ristrutturazione

<b>FOL</b>	<b>È stato completamente consumato almeno un R?</b>	<b>Il sistema è allo stato di equilibrio dinamico?</b>
<b>1</b>	<b>?</b>	<b>?</b>
<b>2</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>
<b>3</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>
<b>4</b>	<b>NO</b>	<b>SI</b>
<b>5</b>	<b>?</b>	<b>?</b>
<b>7</b>	<b>NO</b>	<b>SI</b>



# Conclusioni



**GRAZIE PER L'ATTENZIONE!**



Per chi vuole approfondire

Marco Ghirardi

# TEACHING AND LEARNING OF THE CONCEPT OF CHEMICAL EQUILIBRIUM



## BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE

### ARTICOLI

- 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.
- Giordan, A. "Le modele allosterique et les theories contemporaines sur l'apprentissage" ([http://www.lides.unige.ch/publi/rech/th\\_app.htm](http://www.lides.unige.ch/publi/rech/th_app.htm)), in Giordan, A.; Girault, Y.; Clément, P. *Conceptions et connaissance*, 1994, Bern: Peter Roletto, E. *La scuola dell'apprendimento*, Erickson, 2005, Trento.
- 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.

### TESTI

- Aristotele, "Metafisica", Milano, Rusconi, 1993.
- Lucrezio, "De Rerum Natura" Torino, UTET, 2005.
- I. Newton, "Opticks", Fourth Edition, London, 1730.
- AAVV, "Storia della scienza moderna e contemporanea", 5 voll., Torino, UTET, 1988.
- N. Abbagnano, "Storia della filosofia", 4 voll., Torino, UTET, 2005.
- M. Ciardi, "L'atomo fantasma", Firenze, Leo S. Olschki, 1995.
- L. Geymonat, "Storia del pensiero filosofico e scientifico", 11 voll., Milano, Garzanti, 1988.
- M.H. Le Châtelier, Recherches expérimentales et théoriques sur les équilibres chimiques, Paris, Dunod, 1888.
- Ezio Roletto, La scuola dell'apprendimento, Erickson 2005, Trento.
- P. Rossi, C. A. Viano, "Storia della filosofia", 6 voll., Bari, Laterza, 1993.
- L. Russo, "La rivoluzione dimenticata", Milano, Feltrinelli, 2003.
- J.I. Solov'ev, "L'evoluzione del pensiero chimico dal '600 ai giorni nostri", Milano, Mondadori, 1976.
- J. H. Van 't Hoff, "Etudes de dynamique chimique", Amsterdam, Muller, 1884.

