



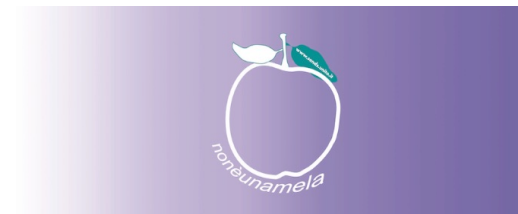
«Lo studio dei sistemi chimici e lo stato di equilibrio chimico dinamico»

Abano Terme, 11 e 12 Novembre 2024

Marco Ghirardi (mrc.ghirardi@gmail.com)

Istituto Tecnico Industriale «Q. Sella» - Biella

Gruppo SENDS – Storia ed Epistemologia per una Nuova Didattica delle Scienze (www.sends.unito.it)



Equilibrio chimico

- **Concetto integratore**

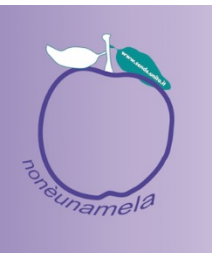
- collega concetti diversi
- a livelli differenti

- **Concetto unificante**

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

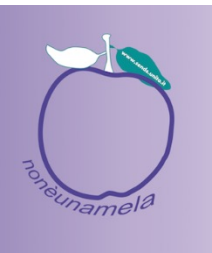
- **Ristrutturazione complessiva delle conoscenze**

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

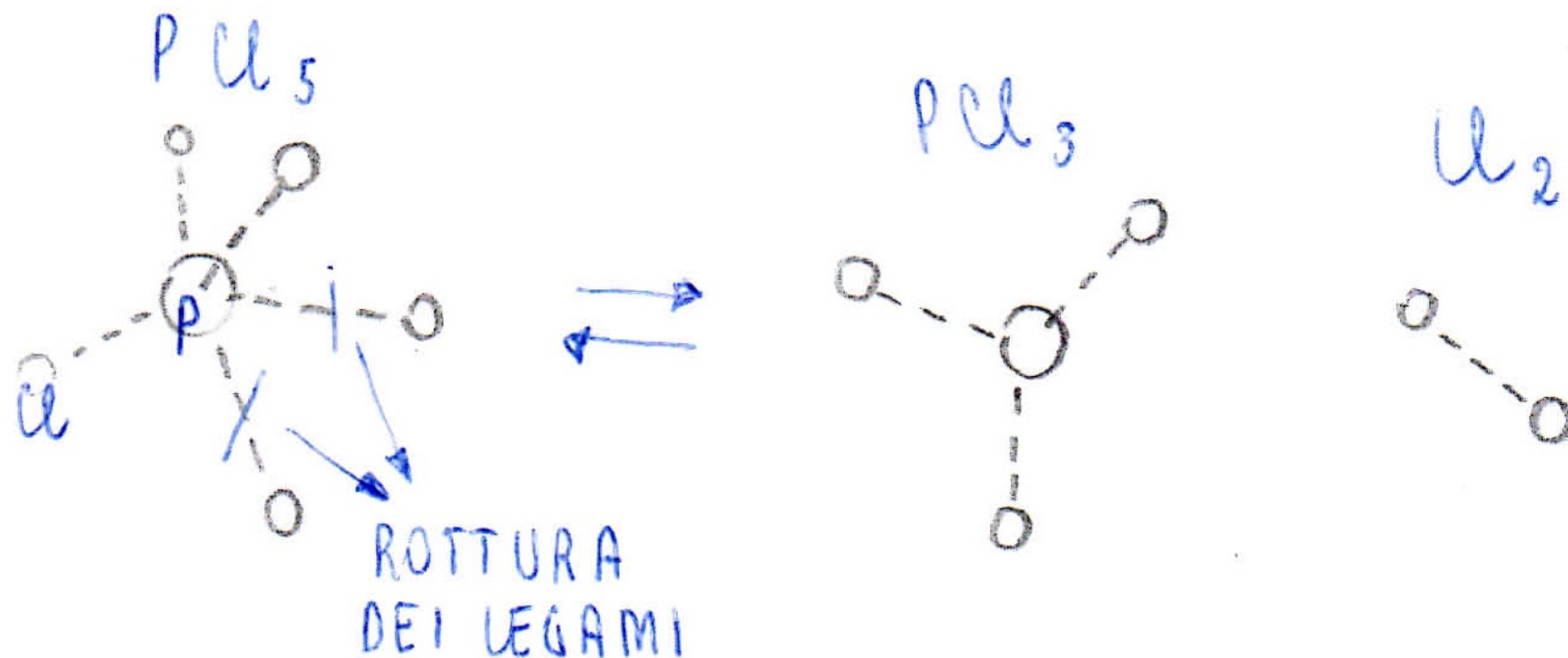


Requisito 1) Il concetto di **trasformazione chimica**:

- 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**

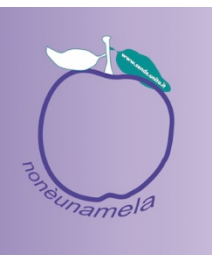


Richiesta agli studenti: rappresenta con un disegno una **piccola porzione** ... [di sistema] ... in cui siano rappresentate le molecole delle sostanze del sistema in equilibrio

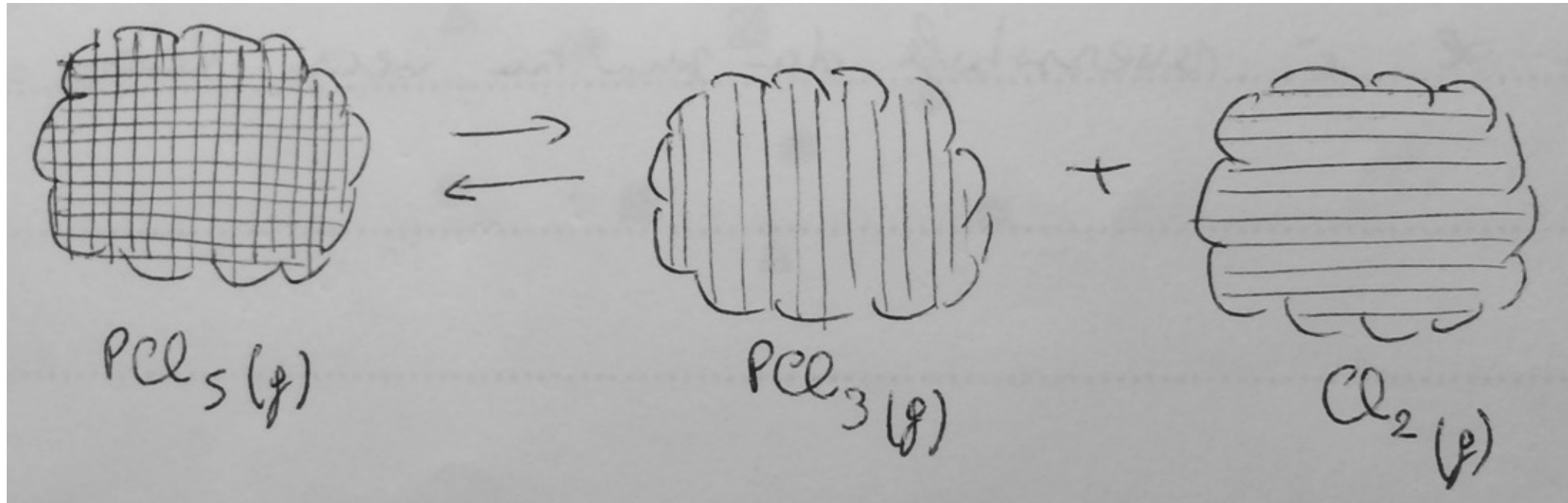


Il livello microscopico e il livello simbolico sono confusi

Le concezioni difformi degli studenti richiedono un approccio alternativo

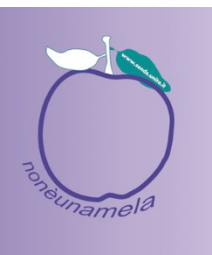


Richiesta agli studenti: [situazione di equilibrio] rappresenta con un disegno lo spazio in cui si svolge la trasformazione chimica (**livello macroscopico**)

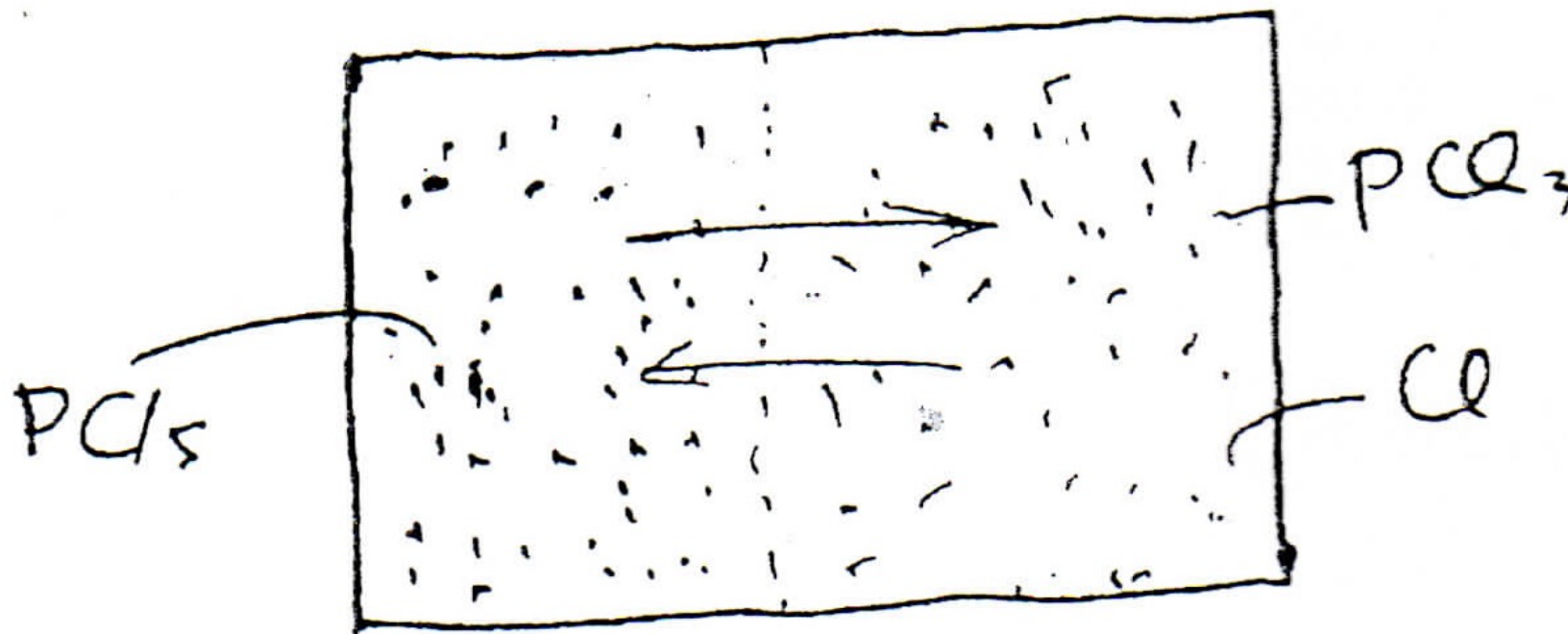


Il livello macroscopico e il livello simbolico sono confusi

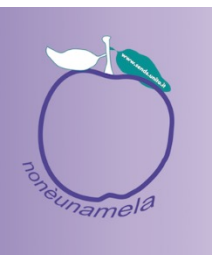
Le concezioni difformi degli studenti richiedono un approccio alternativo



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

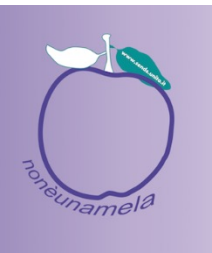
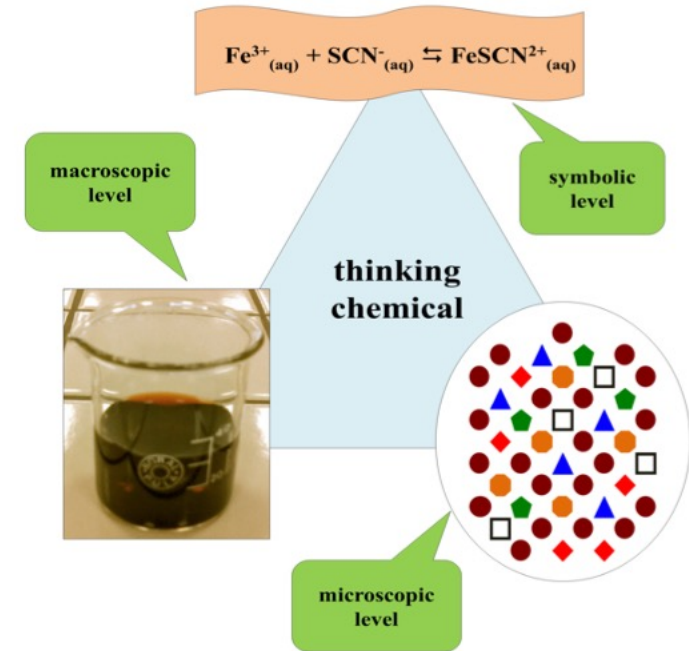


Il livello macroscopico, microscopico e simbolico sono confusi
Le concezioni difformi degli studenti richiedono un approccio alternativo



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

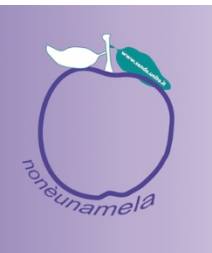
Un sistema chimico può essere descritto e interpretato sia con modelli **macroscopici** sia con modelli **microscopici**, nonché rappresentato in modo **simbolico** con uno schema di reazione.



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.

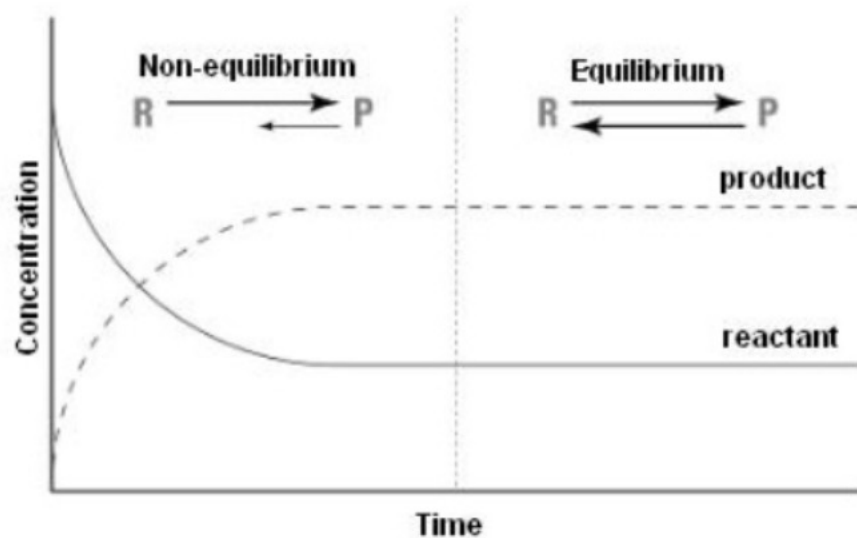
Pertanto, per descrivere e interpretare le trasformazioni chimiche a livello microscopico si ricorre al modello di *reazione chimica*, che può essere espresso come segue: “*in una reazione chimica, le particelle dei reagenti interagiscono tra loro e ciò comporta la formazione delle particelle dei prodotti*”.

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*.

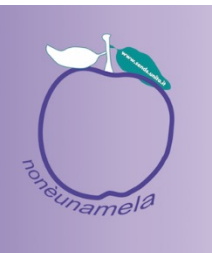


I vantaggi della distinzione fra *trasformazioni chimiche* e *reazioni chimiche*, sono importanti quando si affronta lo studio dei sistemi in equilibrio chimico.

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).

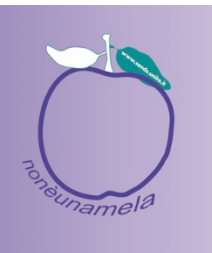
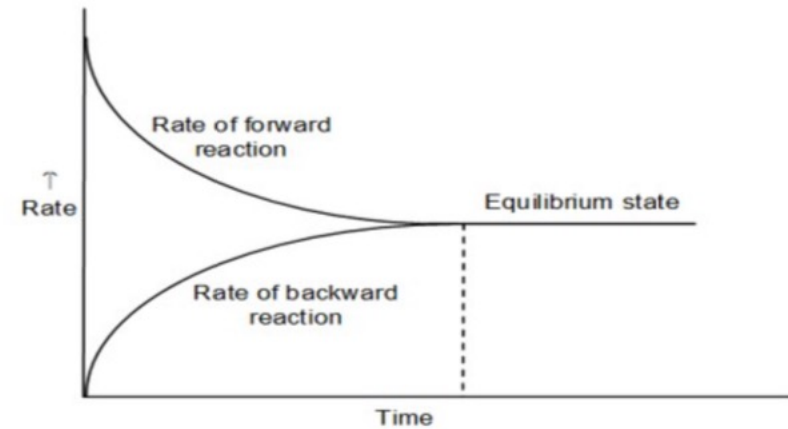


$$\text{velocità} = -\frac{\Delta[R]}{\Delta t} = \frac{\Delta[P]}{\Delta t}$$



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*.

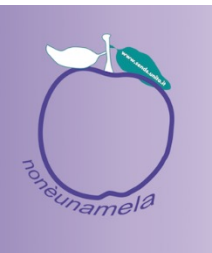
Immaginare **due reazioni**, *una opposta all'altra*, che avvengono **simultaneamente** e alla **stessa velocità** permette di comprendere come mai non vi sia più evoluzione del sistema (*concentrazione di reagenti e prodotti costanti e diverse da zero*), anche se sono presenti tutte le specie chimiche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



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

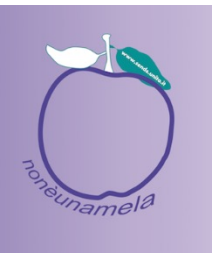
- la **trasformazione chimica** è il processo a **livello macroscopico** nel quale sono coinvolte le sostanze; infatti, in una trasformazione chimica il sistema passa dalle sostanze iniziali (**reagenti**) alle sostanze che da queste prendono origine (**prodotti**)
- la **trasformazione chimica** viene 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)

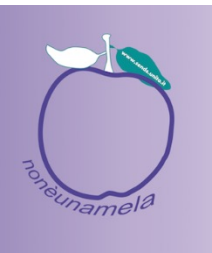


In **conclusione** possiamo affermare che:

- 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**

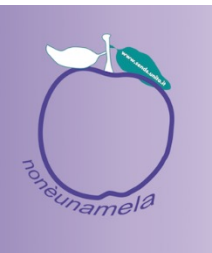
In **estrema sintesi**:

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



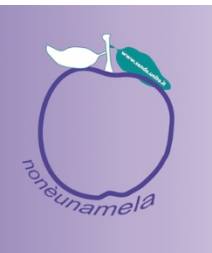
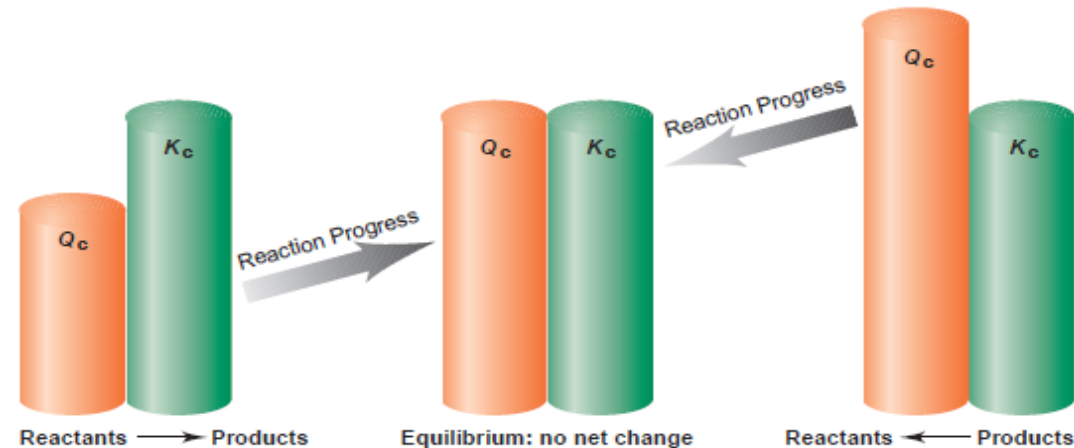
Le **concezioni difformi** più diffuse sono:

- 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** →

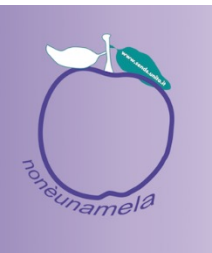
identiche concezioni alternative

analoghe difficoltà di apprendimento

Allora l'acquisizione dei concetti →

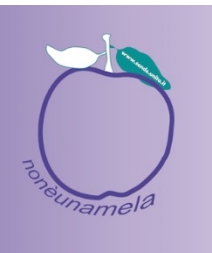
criticità connaturate ai concetti stessi

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



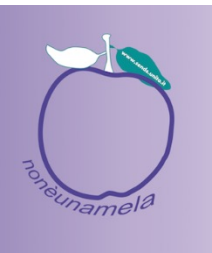
Indicazioni generalmente rivolte agli insegnanti:

- 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.



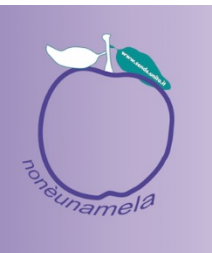
L'intera sequenza didattica sull'equilibrio chimico è costituita di sette sezioni:

Primo biennio

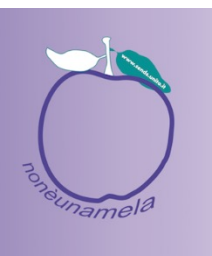
- 1. TRASFORMAZIONI CHIMICHE INCOMPLETE**
- 2. TRASFORMAZIONI CHIMICHE OPPOSTE**
- 3. SISTEMI IN EQUILIBRIO CHIMICO DINAMICO**

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**



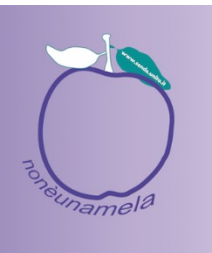
SEQUENZA DIDATTICA



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.

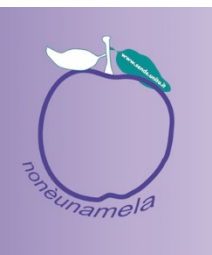
Scrivi lo schema di reazione della trasformazione chimica appena descritta:

.....

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:

.....

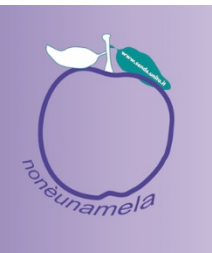
.....

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

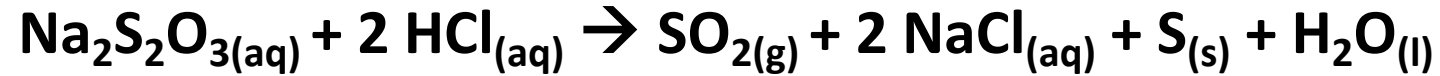
Argomenta la tua risposta:

.....

.....



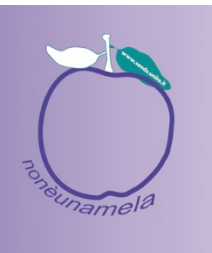
Quali sono le risposte?



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**



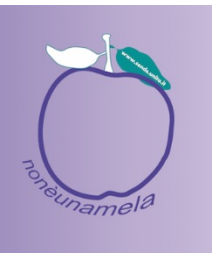
Quali sono le risposte?

«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»



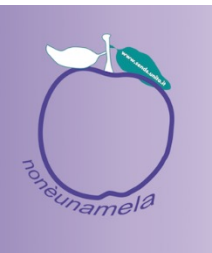
Quali sono le rappresentazioni?

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:

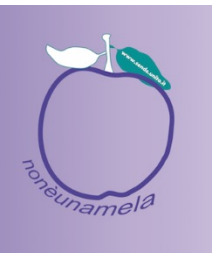
.....

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

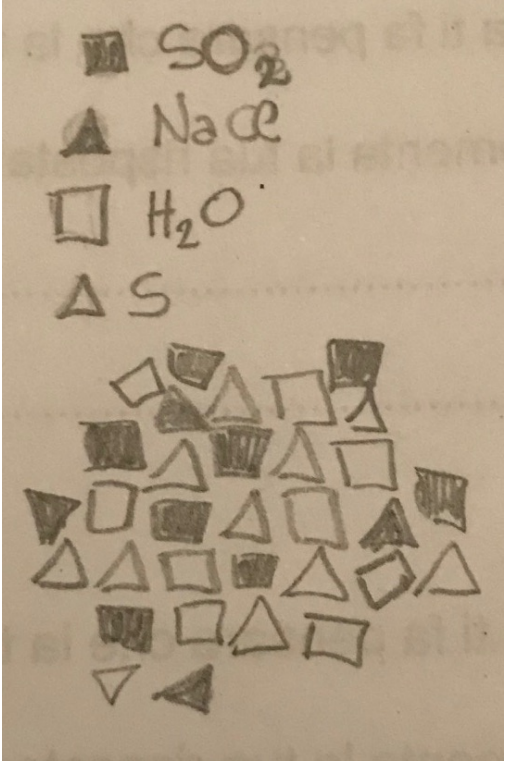
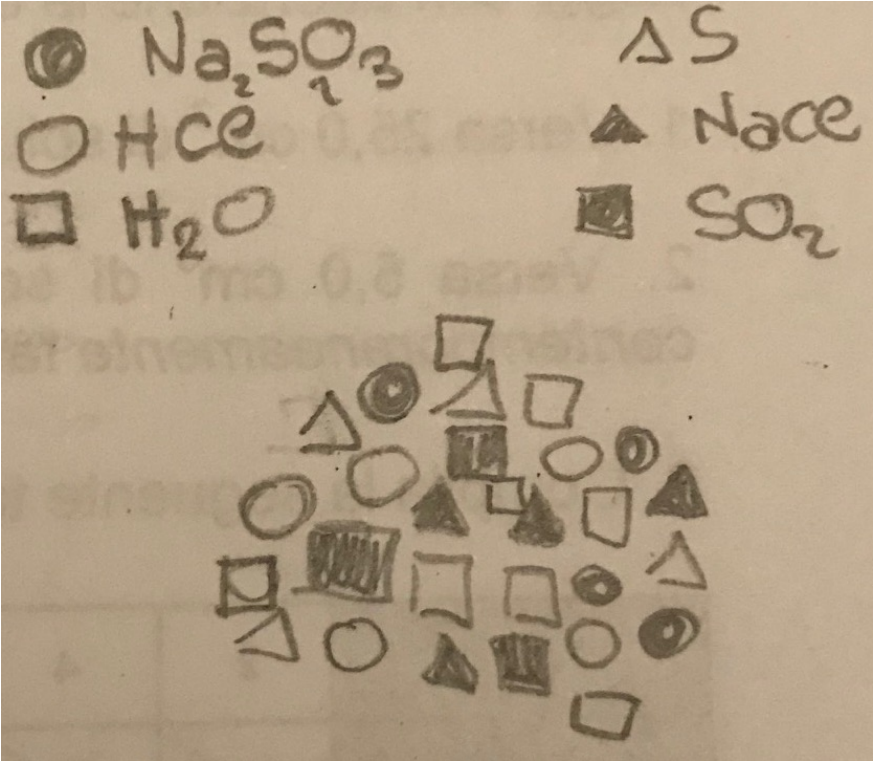
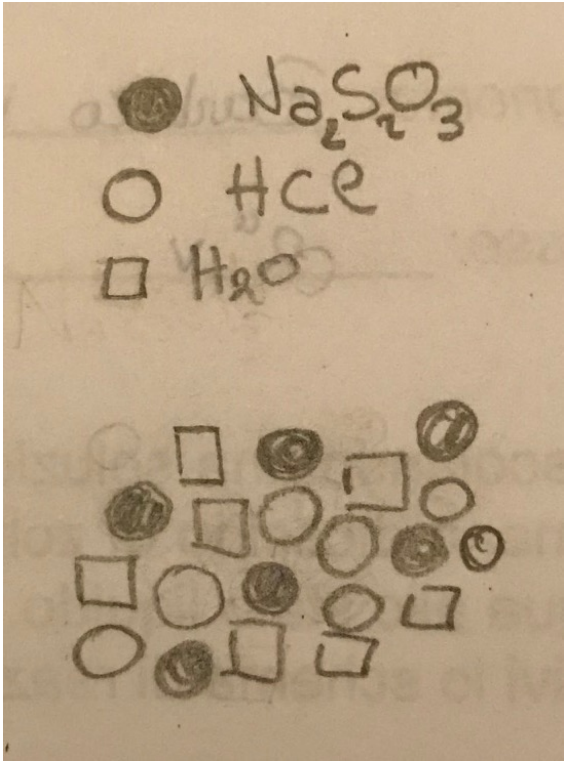
.....

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

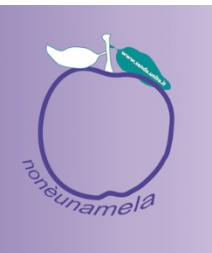
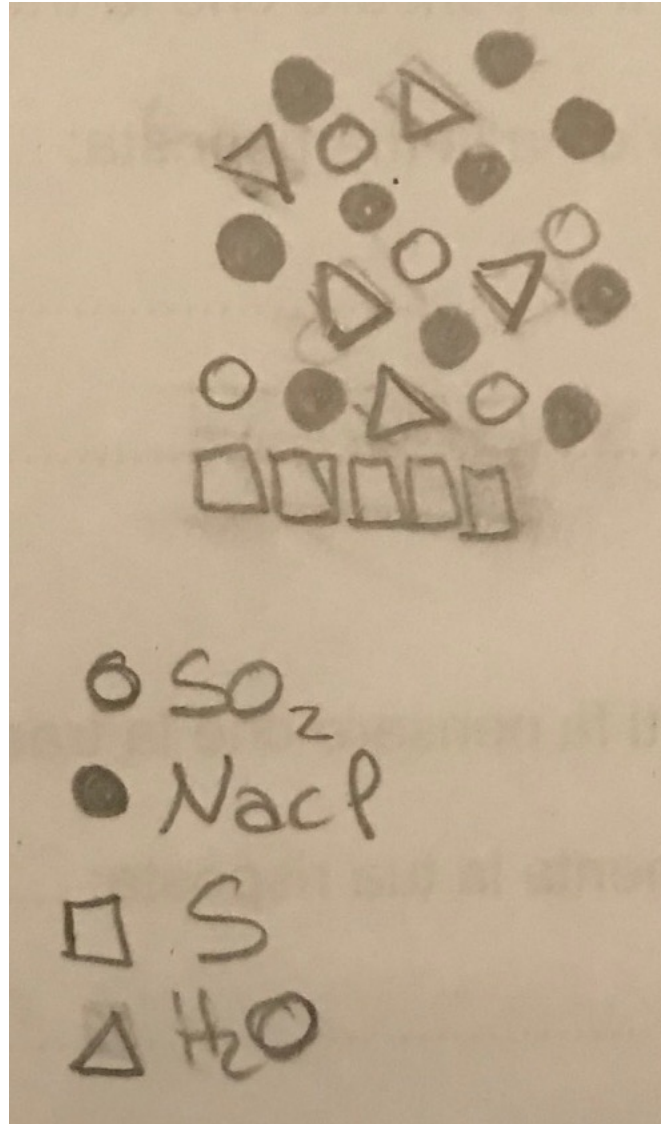
.....



Quali sono le rappresentazioni?

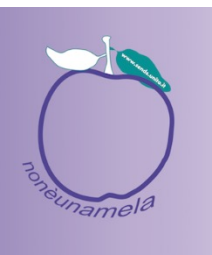


Quali sono le rappresentazioni?



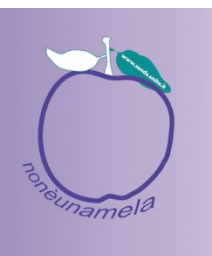
Attività di ristrutturazione

CONCLUSIONI SPECIFICHE	CONCLUSIONI GENERALI
Quando si mescolano le due soluzioni si forma zolfo colloidale (in sospensione) e si ottiene una miscela eterogenea; 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.	
Quando si stima che l'intorbidamento raggiunge la massima intensità è possibile affermare che la trasformazione chimica è conclusa.	



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 soluzione acquosa) e acqua allo stato liquido.

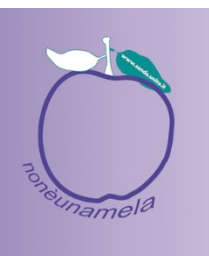
Scrivi lo schema di reazione della trasformazione chimica appena descritta:

.....

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

1. Versa 15,0 cm³ di soluzione acquosa di permanganato di potassio in un becher.
2. Versa 10,0 cm³ di soluzione acquosa di acido solforico nello stesso becher.
3. Versa 15,0 cm³ 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:

.....

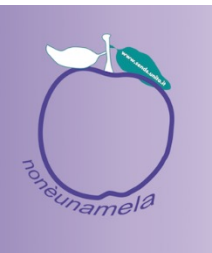
.....

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

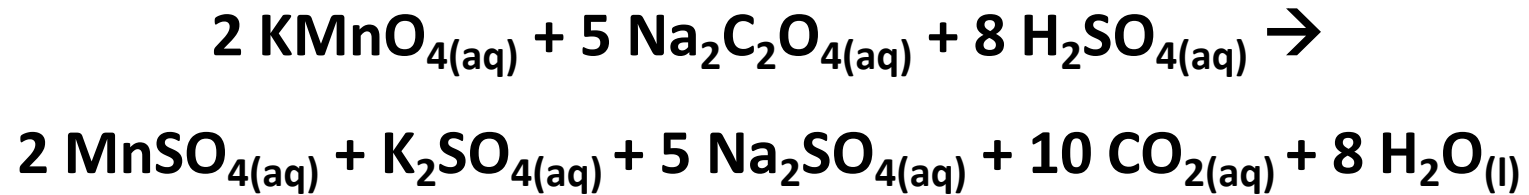
Argomenta la tua risposta:

.....

.....

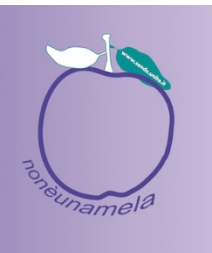


Quali sono le risposte?



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:

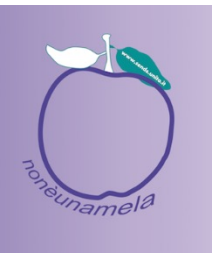
.....

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

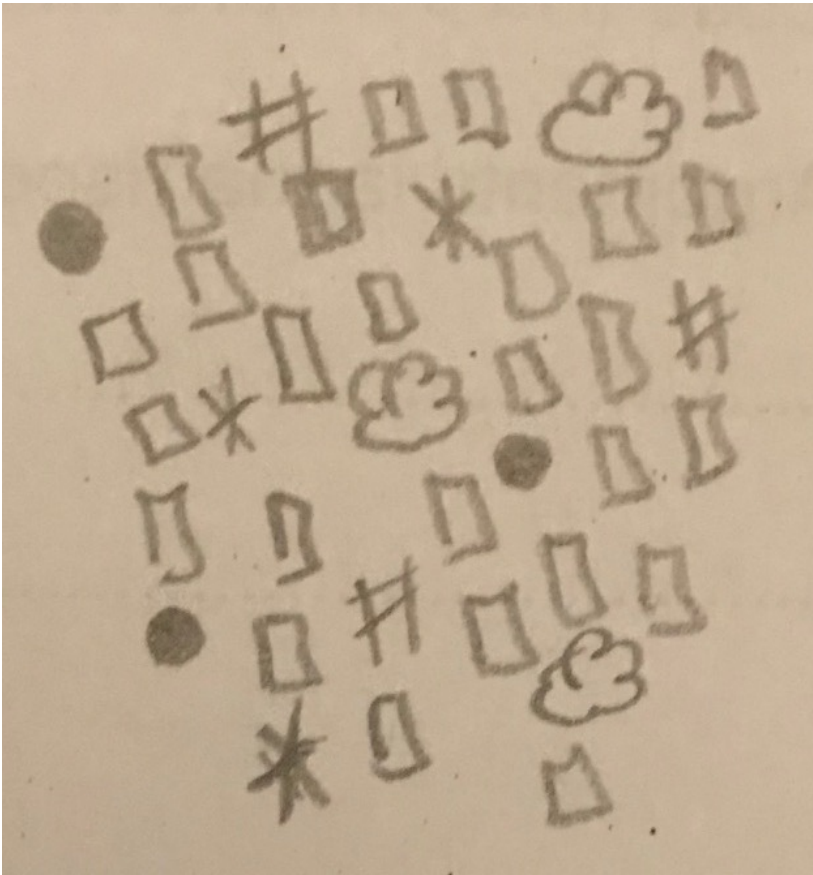
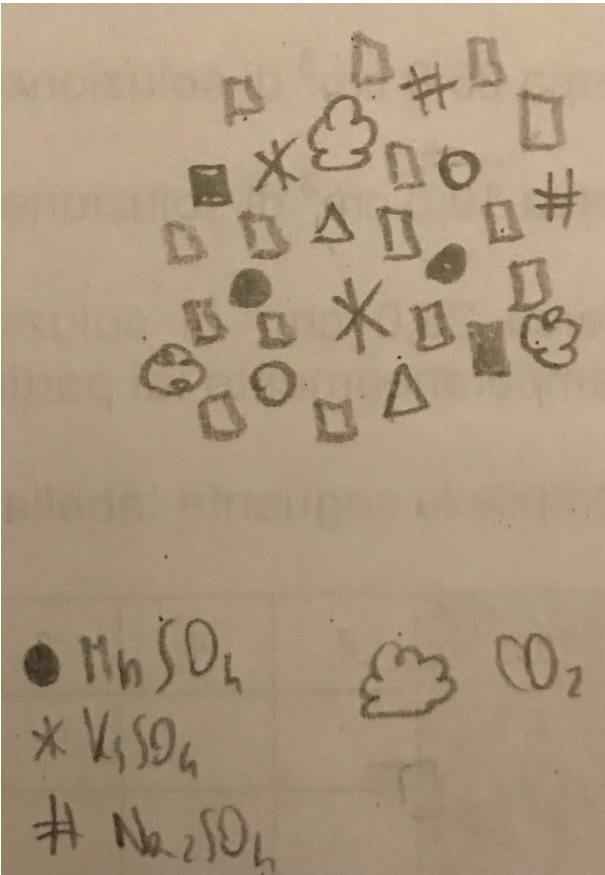
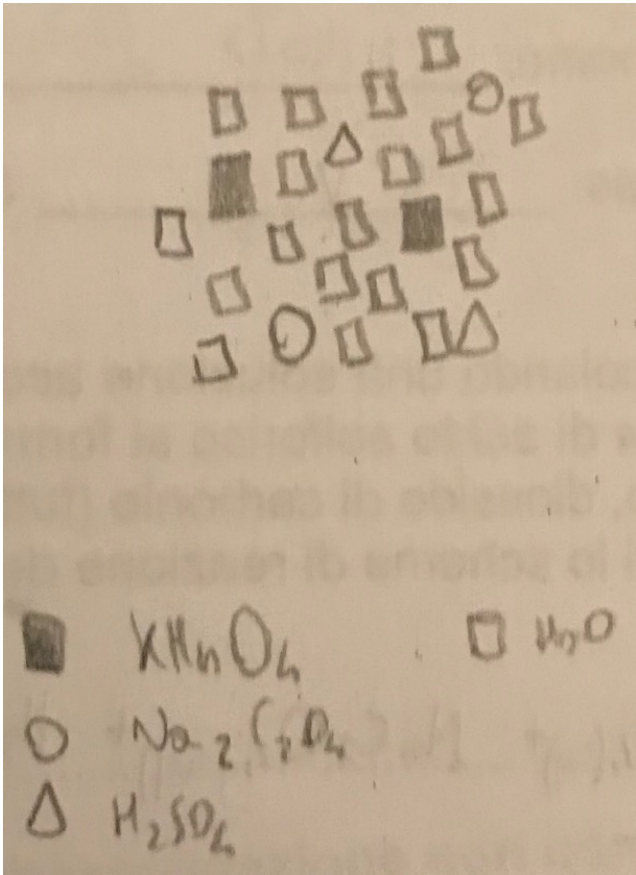
.....

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

.....

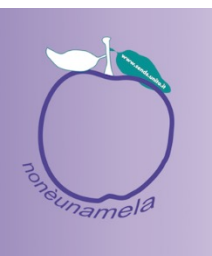


Quali sono le rappresentazioni?



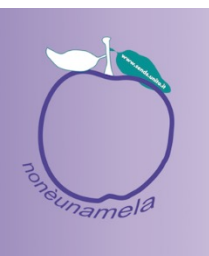
Attività di ristrutturazione

CONCLUSIONI SPECIFICHE	CONCLUSIONI GENERALI
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).	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 trasparente incolore è possibile affermare che la trasformazione chimica è conclusa ed è avvenuta in modo completo.	



Attività di ristrutturazione

CONCLUSIONI SPECIFICHE	CONCLUSIONI GENERALI
Nello stato iniziale si rappresentano le particelle di permanganato di potassio, ossalato di sodio, acido solforico 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 permanganato di potassio, ossalato di sodio, acido solforico, solfato di manganese (II), solfato di potassio, solfato di sodio, diossido di carbonio 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 solfato di manganese (II), solfato di potassio, solfato di sodio, diossido di carbonio e acqua.	A TRASFORMAZIONE CONCLUSA SI RAPPRESENTANO LE PARTICELLE (MOLECOLE O ATOMI) DEI PRODOTTI E DEL SOLVENTE (SE PRESENTE).



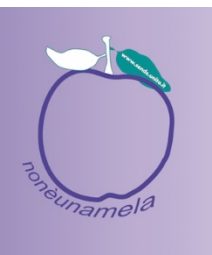
Versando carbonato di calcio granulare o polverulento in una soluzione acquosa di cloruro di idrogeno si formano cloruro di calcio in soluzione acquosa, anidride carbonica e acqua. Scrivi lo schema di reazione della trasformazione chimica appena descritta:

.....

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

1. Versa $15,0 \text{ cm}^3$ di acido cloridrico in un becher.
2. Versa $0,5 \text{ g}$ 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:

.....

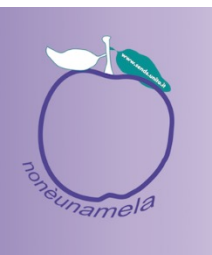
.....

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

Argomenta la tua risposta:

.....

.....



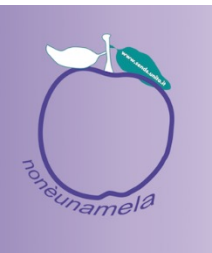
Quali sono le risposte?



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

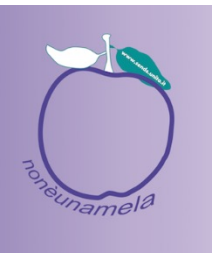


Quali sono le risposte?

«continua formarsi anidride carbonica (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 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:

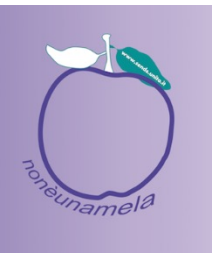
.....

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

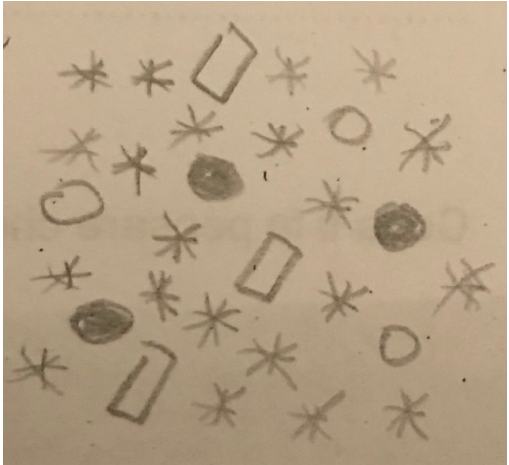
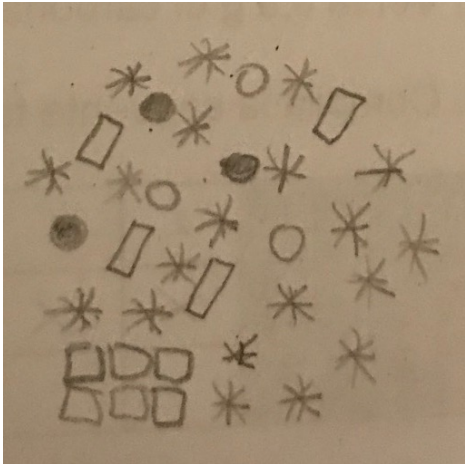
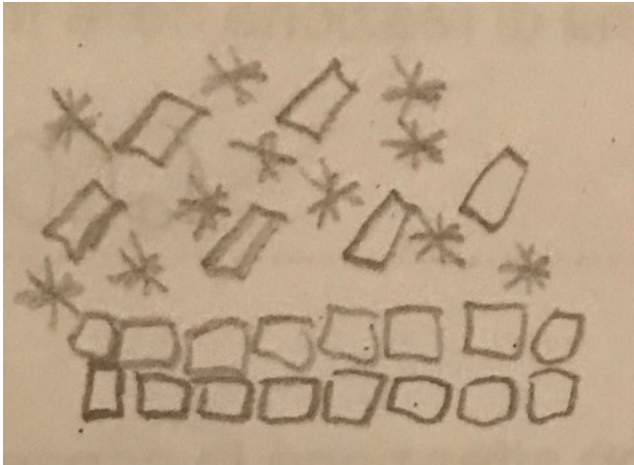
.....

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

.....



Quali sono le rappresentazioni?



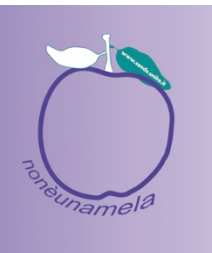
Quali sono le risposte?

«non si forma più CO_2 , ma non è detto che non si formi 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)»

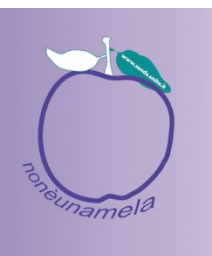
L'insegnante chiede agli studenti di indicare un modo per rilevare l'eventuale presenza di cloruro di idrogeno

«si aggiunge altro CaCO_3 e se frigge allora c'è ancora HCl »



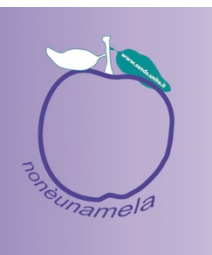
Attività di ristrutturazione

CONCLUSIONI SPECIFICHE	CONCLUSIONI GENERALI
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.	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 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.	



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).



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

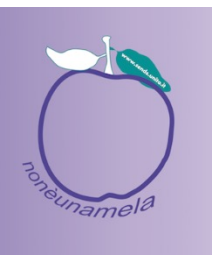
.....

.....

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

.....

.....



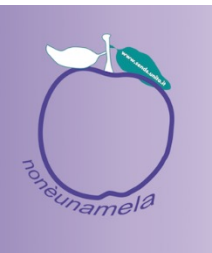
Quali sono le risposte?



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

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

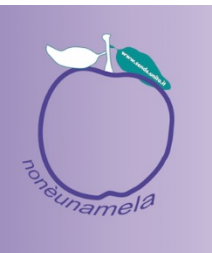
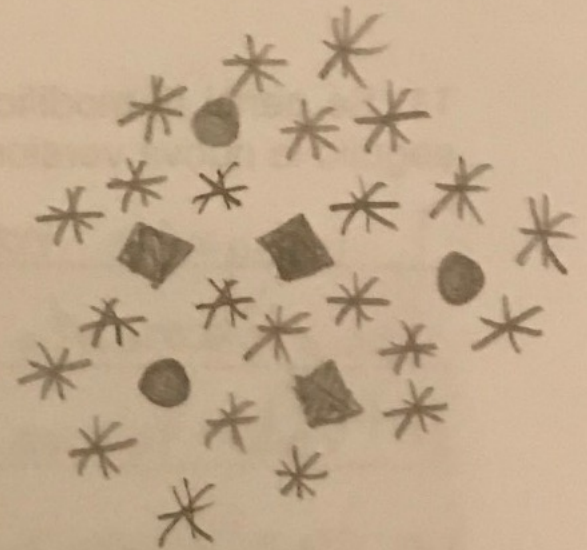
Qualcuno scrive che la trasformazione è **istantanea**



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_2O in grande quantità.



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

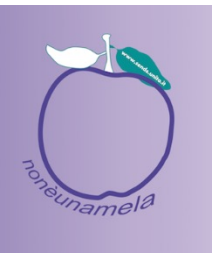
7. Introduci qualche cristallo di nitrato ferrico nel tubo da saggio B. Confronta il colore che assume la soluzione del tubo da saggio B con il colore della soluzione del tubo da saggio A (riferimento). Cosa noti dal confronto?

.....

.....

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?

.....

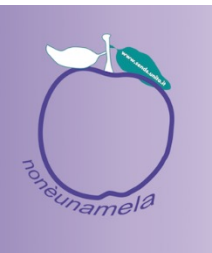
.....

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:

.....

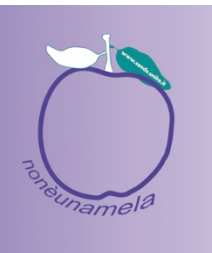
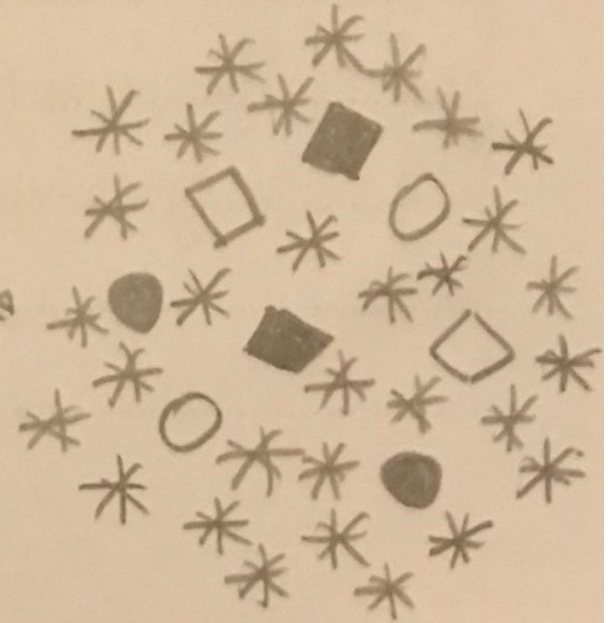


Quali sono le rappresentazioni?

Nessuna rappresentazione presenta partizioni

seguito la nuova versione e giustifica la tua rappresentazione:

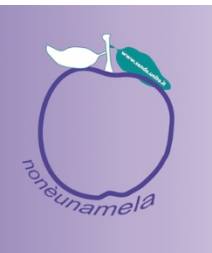
I reagenti non si sono trasformati
completamente perché aggiungendo
Nitrato Ferreo e KSCN avviene ancora
un trasformazione, cioè il prodotto
non sono costanti, ma possono
ancora variare.



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?

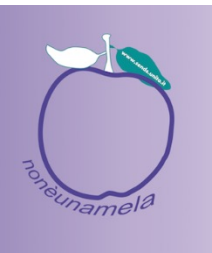
«dal confronto si nota che il colore della soluzione B è più scuro della soluzione A»

«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»



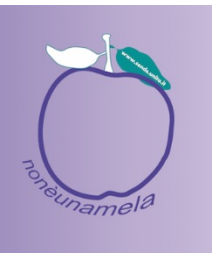
Quali sono le risposte?

«non possono essere in eccesso entrambi i reagenti!»

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

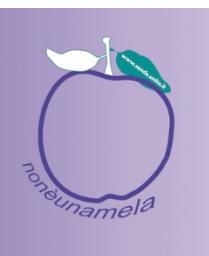
«come mai entrambi i reagenti sono in eccesso?»

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

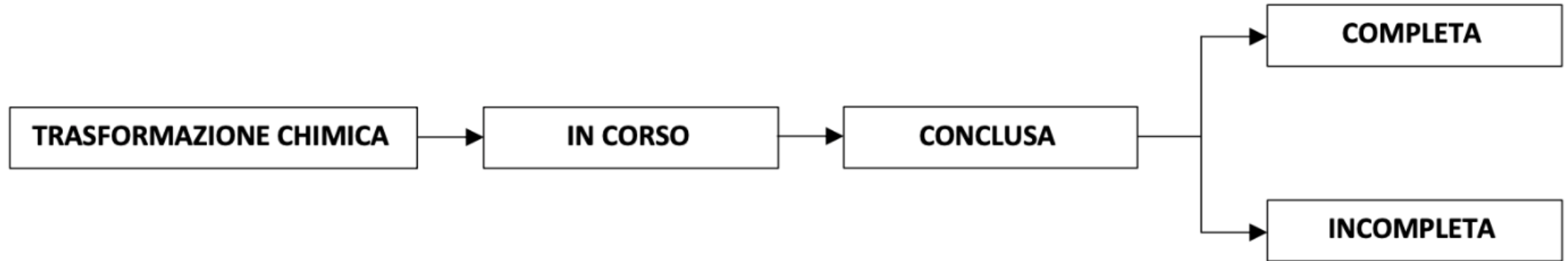


Attività di ristrutturazione

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.
La rapidità con la quale avviene la trasformazione chimica indica che essa è istantanea.	
<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>	



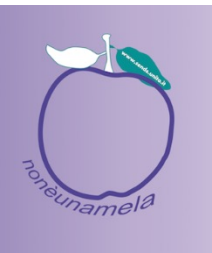
SCHEMA RIASSUNTIVO



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

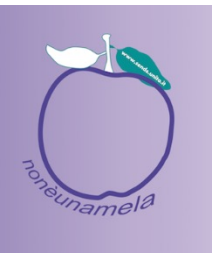
UNA TRASFORMAZIONE CHIMICA È **CONCLUSA E COMPLETA** SE LE QUANTITÀ DEI PRODOTTI SONO COSTANTI E ALMENO UN REAGENTE È STATO COMPLETAMENTE CONSUMATO.

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)

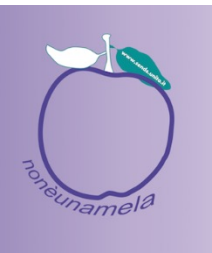


Se a una soluzione alcolica contenete anioni complessi tetraclorocobaltato (II) si aggiunge acqua si ottengono cationi complessi esaacquocobalto (II) e anioni cloruro; scrivi il relativo schema di reazione:

.....

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

1. Versa circa 2 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.

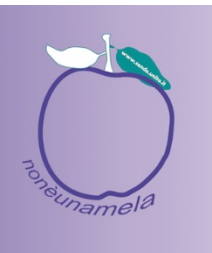
6. Prendi nota di ciò che accade e spiegalo:

.....

.....

.....

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

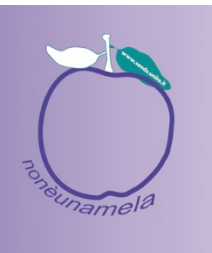


8. Scrivi lo schema di reazione relativo alla trasformazione di cui ai punti 5 e 6:

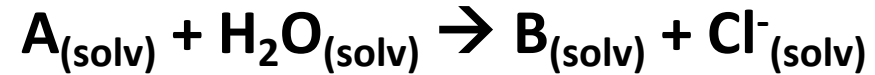
.....

Giustifica ciò che hai scritto:

.....

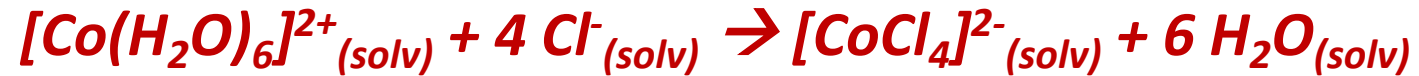


Quali sono le risposte?



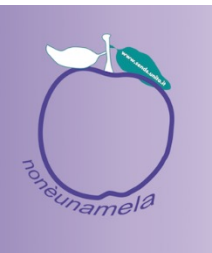
Hanno **necessità di indicazioni** per scrivere lo schema di reazione

Alcuni non tengono conto della presenza del solvente



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

Generalmente svolgono correttamente la rappresentazione

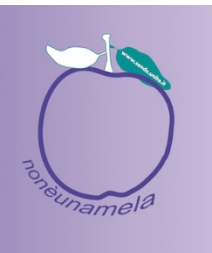


Quali sono le risposte?

«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:

.....



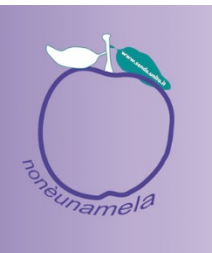
Quali sono le risposte?

- | | |
|------------|-------------|
| - 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.

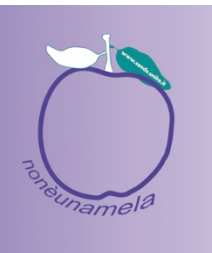


2. Con quale delle seguenti affermazioni sei più d'accordo?

- 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:

.....

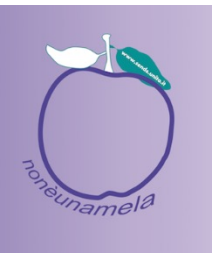


Quali sono le risposte?

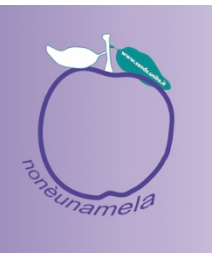
«perché nella seconda attività, il sistema è ritornato quello di partenza, per cui anche provando più volte, alla fine si ottengono gli stessi due sistemi in alternanza, quello blu e quello rosa»

«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)»



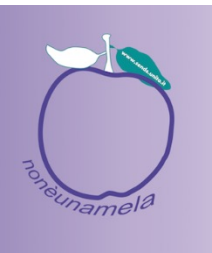
Complessivamente il sistema ha subito due tipi di trasformazioni chimiche



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:

.....

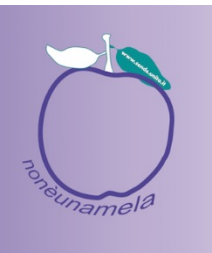
Resoconti sperimentali indicano che se la trasformazione avviene in un **sistema chiuso** in cui le condizioni operative sono $T = 550^{\circ}\text{C}$ e $p = 2,2 \text{ atm}$, la resa della trasformazione chimica è pari all'**80%**.

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

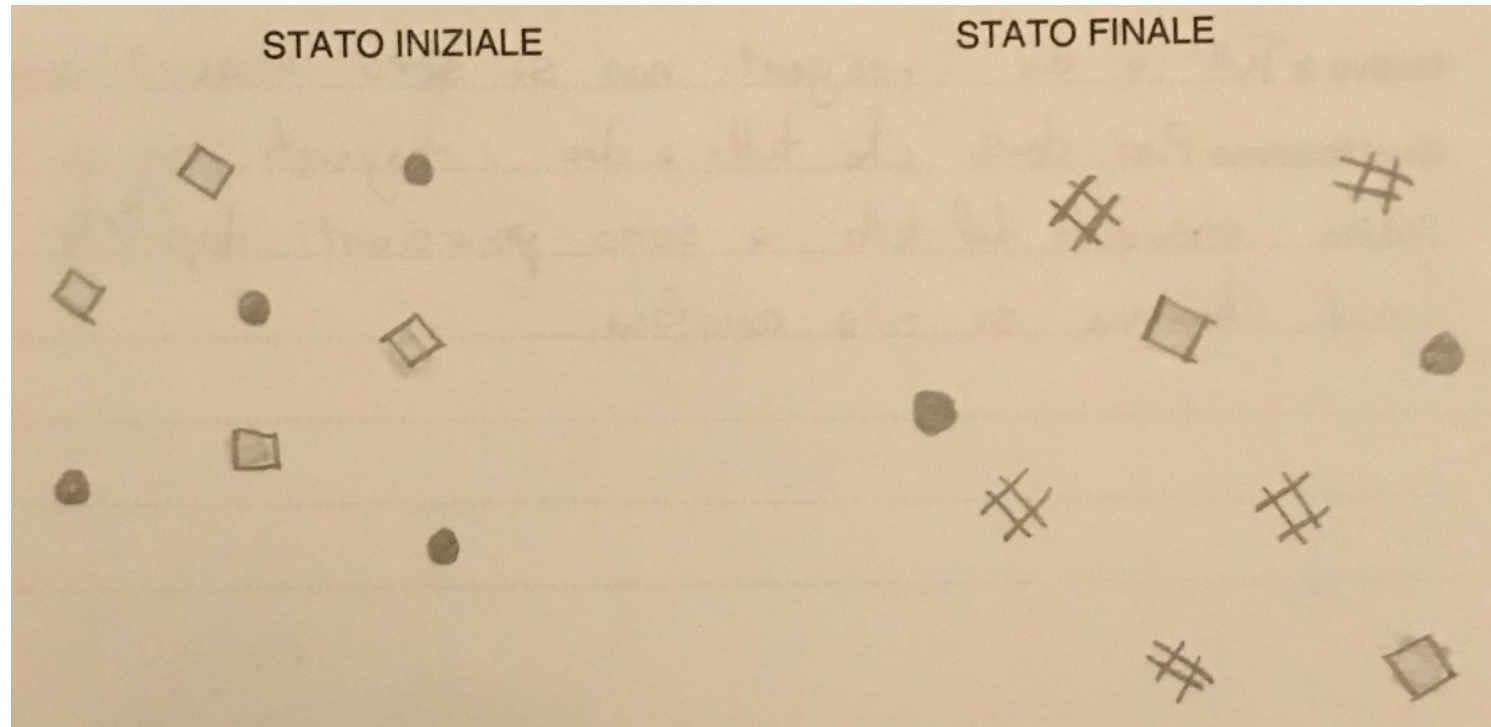
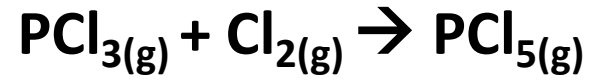
STATO INIZIALE

STATO FINALE

Giustifica la tua rappresentazione.

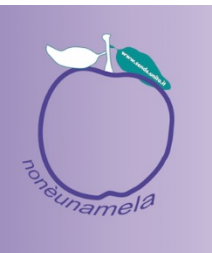


Quali sono le rappresentazioni?



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

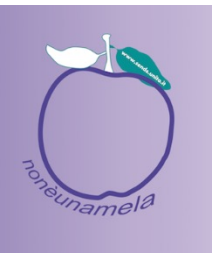
Solo circa la **metà** delle rappresentazioni dello **stato finale** sono **corrette**
Nessuna partizione tra reagenti e prodotti



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

Motivo 1:

Giustificazione:

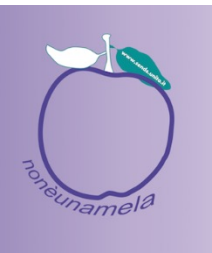


Quali sono le risposte?

«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»

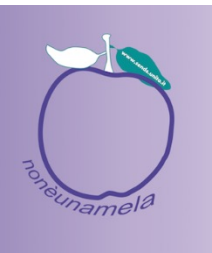
«la trasformazione chimica è conclusa ma non completa. ... i reagenti non si sono consumati completamente e ad una aggiunta di uno di essi e di tutti e due, può avvenire un'altra trasformazione chimica»



Quali sono le risposte?

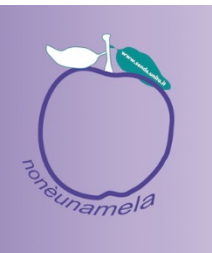
L'insegnante chiede di spiegare come mai sia la concentrazione dei reagenti sia quella dei prodotti è costante

«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

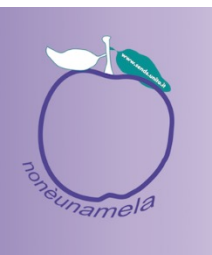
☐ non si può sapere

Giustificazione:

.....

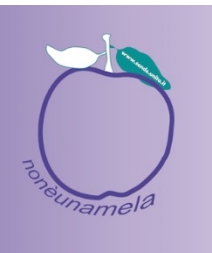
Come proponi di modificare lo schema di reazione:

.....

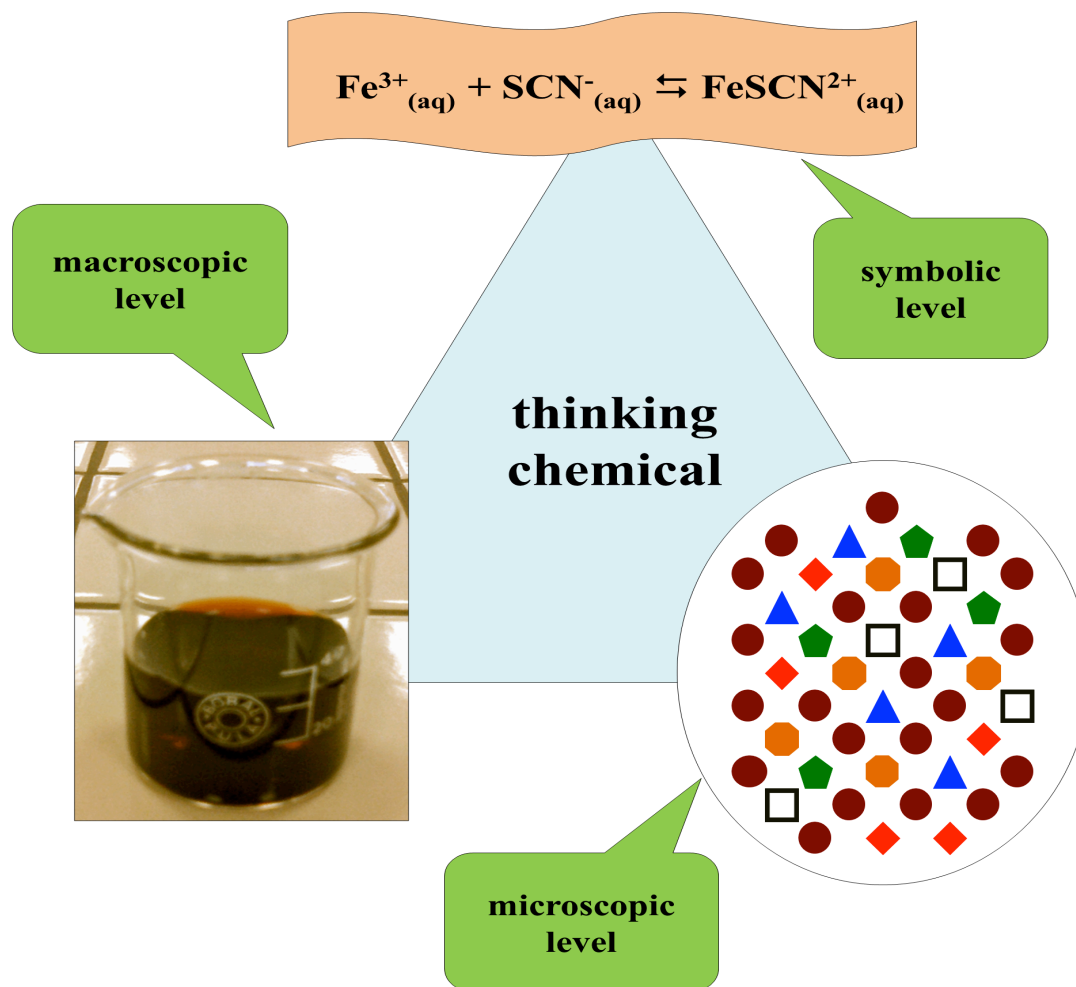


Attività di ristrutturazione

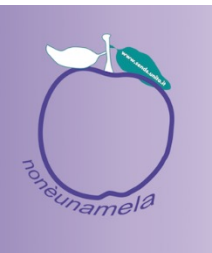
FOL	È stato completamente consumato almeno un R?	Il sistema è allo stato di equilibrio dinamico?
1	?	?
2	SI	NO
3	SI	NO
4	NO	SI
5	?	?
7	NO	SI



Conclusioni



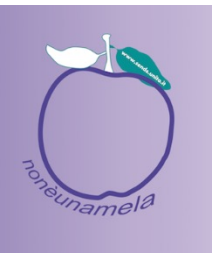
GRAZIE PER L'ATTENZIONE!



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), 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.

