



Università degli Studi di Napoli “Federico II”
Dipartimento di Scienze Chimiche

Le reazioni chimiche: la velocità

*Fabio Borbone, Antonio Carella, Marco Chino,
Roberto Esposito, Oreste Tarallo*



PLS Chimica
a.a. 2020/2021

Le Reazioni Chimiche: La Velocità

I prerequisiti



Conoscere il concetto di reazione chimica bilanciata

Conoscere il concetto di equazione

Saper scrivere e leggere la formula di un composto

Gli obiettivi



Conoscere il concetto di velocità di reazione

Conoscere i parametri che hanno effetto sulla velocità di reazione

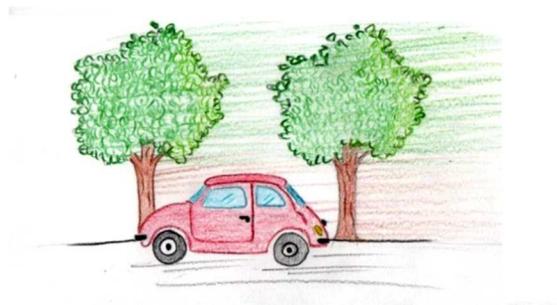
Il concetto di velocità

Tutti noi applichiamo il concetto di velocità quotidianamente...ad esempio sappiamo che se impieghiamo 2 ore per andare da Napoli ad Amorosi, distanti 60 km, la nostra **velocità media**, vale a dire lo spazio percorso Δs nell'intervallo di tempo impiegato Δt , sarà:

$$v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{60 \text{ Km}}{2 \text{ h}} = 30 \frac{\text{Km}}{\text{h}}$$



La **velocità istantanea** si riferisce invece a situazioni momentanee, cioè intervalli di tempo piccoli...



120 Km/h in autostrada

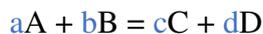


10 Km/h nel traffico

Il concetto di velocità di reazione

In modo del tutto analogo, la velocità media di una reazione chimica rappresenta **la variazione di concentrazione** (molare) dei reagenti (o dei prodotti) **in un intervallo di tempo**.

Data la generica reazione (A e B sono generici reagenti, C e D generici prodotti; a, b, c e d sono i coefficienti stechiometrici):



l'espressione della **velocità media** sarà dunque:

$$v_m = -\frac{1}{a} \times \frac{\Delta[A]}{\Delta t} = -\frac{1}{b} \times \frac{\Delta[B]}{\Delta t} = \frac{1}{c} \times \frac{\Delta[C]}{\Delta t} = \frac{1}{d} \times \frac{\Delta[D]}{\Delta t}$$

► Il segno *meno* davanti alla variazione di concentrazione dei reagenti serve a rendere positivo il valore della velocità, perché la variazione di concentrazione dei reagenti è negativa, in quanto gli stessi si consumano.

► La presenza dei fattori moltiplicativi pari **al reciproco dei coefficienti stechiometrici** è necessaria per fare in modo che il valore di velocità sia lo stesso, indipendentemente se si consideri un reagente o un prodotto.

Un caso pratico. Consideriamo la reazione:



L'espressione della velocità media sarà dunque:

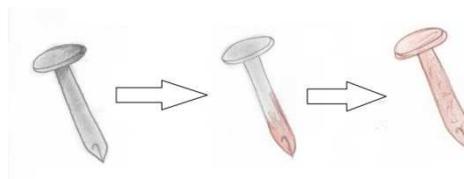
$$v_m = -\frac{1}{3} \times \frac{\Delta[\text{H}_2]}{\Delta t} = -\frac{\Delta[\text{N}_2]}{\Delta t} = \frac{1}{2} \times \frac{\Delta[\text{NH}_3]}{\Delta t}$$

Se, ad esempio, in un'ora si consumano 9 mol/L di idrogeno, si consumano anche 3 mol/L di azoto e si producono 6 mol/L di ammoniaca. Quindi il valore di velocità media sarà:

$$v_m = -\frac{1}{3} \times \frac{9 \text{ mol/L}}{1 \text{ h}} = -\frac{3 \text{ mol/L}}{1 \text{ h}} = \frac{1}{2} \times \frac{6 \text{ mol/L}}{1 \text{ h}} = 3 \frac{\text{mol}}{\text{L} \times \text{h}}$$

Chiaramente, al tendere di Δt a valori molto piccoli, la velocità della reazione tende a coincidere con quella **istantanea**.

Non tutte le reazioni avvengono alla stessa velocità. Si va da quelle velocissime, come le **esplosioni nei fuochi d'artificio** (che si completano in milionesimi di secondo), a quelle lentissime, come l'**arrugginimento di metalli**, il cui esito non può essere apprezzato prima di molti anni.

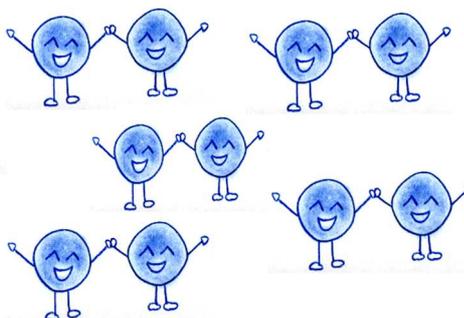
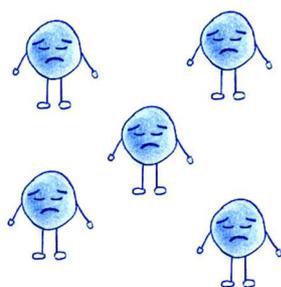


Da cosa dipende la velocità di una reazione chimica?

Dalla **concentrazione dei reagenti**:

aumenta con l'aumentare della loro concentrazione.

Perché? Le molecole dei reagenti devono urtarsi per dar luogo a una reazione. La probabilità che esse si incontrino aumenta qualora ve ne sia un numero maggiore nell'unità di volume.

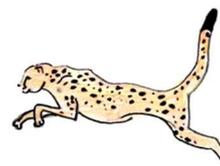
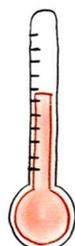
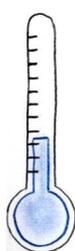


Dalla **temperatura**:

aumenta con l'aumentare della temperatura.

Perché? I reagenti devono urtarsi con una certa energia: solo così alcuni legami si potranno rompere a favore di quelli che si formeranno per dar vita ai prodotti. L'aumento di temperatura rende le molecole più veloci e i loro urti più efficaci.

ECCO PERCHÉ CONSERVIAMO I CIBI IN FRIGORIFERO: PER RALLENTARNE LA DECOMPOSIZIONE
ECCO PERCHÉ LA COTTURA È PIÙ RAPIDA NELLA PENTOLA A PRESSIONE

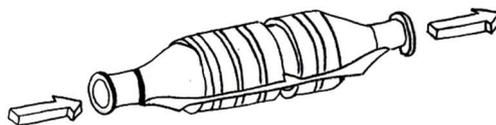


Dalla **presenza di catalizzatori**:

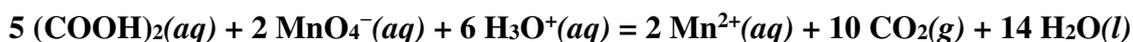
sono sostanze che aumentano la velocità di una reazione senza essere consumate.

Perché? I catalizzatori interagiscono con i reagenti facendo in modo che si incontrino attraverso percorsi alternativi e più efficaci.

LA NATURA USA I CATALIZZATORI: LA MAGGIOR PARTE DEI PROCESSI BIOCHIMICI È CATALIZZATA DA STRUTTURE MOLTO COMPLESSE, CHIAMATE ENZIMI.
ESISTONO ANCHE ATALIZZATORI ARTIFICIALI, CHE L'UOMO SFRUTTA PER MIGLIORARE L'EFFICIENZA DELLE SUE MANIFATTURE: UN ESEMPIO SONO LE MARMITTE CATALITICHE, LA CUI PRESENZA ABBATTE LE COMPONENTI INDESIDERATE DEI FUMI DI SCARICO



E adesso in Laboratorio: Velocità di una Reazione



ATTENZIONE! Il permanganato di potassio è pericoloso per ingestione.

ATTENZIONE! L'acido ossalico è pericoloso per ingestione e contatto.

ATTENZIONE! L'acido solforico causa gravi ustioni, e gravi danni agli occhi.

ATTENZIONE! L'acido cloridrico causa ustioni alla pelle e danni agli occhi.

Obiettivo

Osservazione dei fattori che determinano la velocità di una reazione, il cui procedere si manifesta con la decolorazione degli ioni permanganato.

1. Preparazione

Disporre due file di quattro provette ciascuna.

In quelle della prima fila, aiutandosi con l'imbuto, si pongono 10 mL di *permanganato di potassio*, KMnO_4 , 0.020 M.



Nelle provette della seconda fila si versano 10 mL di *acido ossalico*, $(\text{COOH})_2$, 0.10 M e, **CON CAUTELA!**, 2 mL di *acido solforico* al 95%.

2. Effetto della concentrazione



A. Versare il contenuto di una delle provette contenenti il permanganato di potassio nel beaker con un'ancoretta magnetica.

Versare quindi il contenuto di una provetta contenente acido ossalico e solforico, e porre il tutto in agitazione sulla piastra, facendo partire un cronometro (basta la lancetta contasecondi di un orologio).



acido



Alla completa decolorazione annotare il tempo di reazione impiegato nel rigo 1 della Tabella.

B. Prendere altre due provette da ciascuna fila e, aggiungervi 10 mL di acqua distillata.

Le due soluzioni divengono, così, più diluite (*di quanto?*, valutarne il valore annotandolo nel rigo 2 della Tabella).

Procedere come nel primo esperimento, versando l'acido ossalico con l'acido solforico nel beaker con il permanganato di potassio e l'ancoretta magnetica.

Porre il sistema in agitazione sulla piastra, facendo partire il cronometro fino al compimento della reazione, e completare il rigo 2 della Tabella.

Confrontare i tempi delle due reazioni, commentando quanto osservato.

3. Effetto della presenza di un catalizzatore

Sciogliere nella terza provetta contenente l'acido ossalico una punta di spatola di *cloruro di manganese*, $MnCl_2$, che fungerà da catalizzatore. Procedere come nel primo esperimento, versando l'acido ossalico nel beaker con il permanganato di potassio e l'ancoretta magnetica.

Porre il tutto sulla piastra agitante, rilevando il tempo di reazione (rigo 3), e riportando questo valore con quello del primo esperimento (uguali concentrazioni dei reagenti e uguale temperatura).

4. Effetto della temperatura

Versare il contenuto della quarta provetta della prima serie e della quarta provetta della seconda serie in due beaker distinti. Sottoporre a riscaldamento i beaker fino a una temperatura di circa $50^{\circ}C$.



Procedere quindi nel modo consueto, versando l'acido ossalico nel beaker con il permanganato di potassio e l'ancoretta magnetica.

Annotare il tempo di reazione (rigo 4), confrontandolo con quelli dei punti precedenti.

5. Effetto della superficie dei reagenti

Prendere un pezzo di *marmo* e sulla sua superficie ruvida gocciolarvi della soluzione di *acido cloridrico* 4 M: osservare l'effervescenza dovuta allo sviluppo di CO_2 , secondo la reazione:



Porre poi una spatolata di *carbonato di calcio* in polvere fine su un vetro da orologio aggiungendo alcune gocce di acido cloridrico.

Notare ancora sviluppo di biossido di carbonio.

Confrontare le velocità con cui avvengono le reazioni, e commentare.



Tabella					
	volume di $KMnO_4$ (mL)	volume di $(COOH)_2$ (mL)	T($^{\circ}C$)	catalizzatore	t(s)
1					
2					
3					
4					
Commenti:					

Materiale per Gruppo

Acido ossalico (50 mL di soluzione 0.10 M), permanganato di potassio (50 mL di soluzione 0.020 M), solfato di manganese (un poco), acido solforico concentrato (10 mL), acido cloridrico 4 M (qualche millilitro), CaCO₃ in polvere (un cucchiaino), CaCO₃ (un pezzetto), vetrino da orologio, beaker da 100 mL (2), spatolina, imbuto, piastra riscaldante, ancoretta magnetica, provette, contagocce graduati di plastica, bacchetta di vetro, cilindro da 50 mL, spruzzetta di acqua, cronometro.

Si ringrazia il prof Francesco Ruffo dell'Università degli Studi di Napoli Federico II