



Insegnamento di Chimica Generale  
083424 - CCS *CHI* e *MAT*

 POLITECNICO DI MILANO



# Esercizi sulle Reazioni

Prof. Attilio Citterio

Dipartimento CMIC "Giulio Natta"

<http://iscamap.chem.polimi.it/citterio/education/general-chemistry-exercises/>



## Identificazione del Tipo di Reazione Chimica

**Problema:** Classificare le seguenti reazioni come reazioni di combinazione, decomposizione, o spostamento, identificare la natura del processo chimico come precipitazione, acido-base, redox, o scambio di legante, e scrivere per ciascuna l'equazione molecolare bilanciata. Per le redox, identificare gli agenti ossidanti e riducenti; per quelle di scambio di legante, identificare i leganti.

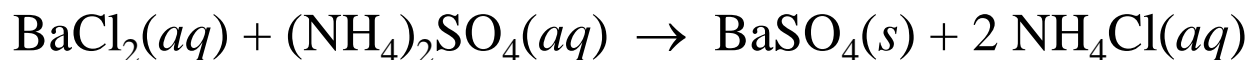
- a) Cloruro di bario(aq) + solfato di ammonio(aq)
- b) Manganese metallico + cloruro di stagno(IV)(aq)
- c) Idrossido di stronzio + acido bromico
- d) Cobalto metallico + azoto gas a dare nitruro di cobalto(II)
- e) Perossido di sodio a dare ossido di sodio e ossigeno gas
- f) Cloruro di esaacquorame(II) con ammoniaca a dare cloruro di tetraamminorame(II)



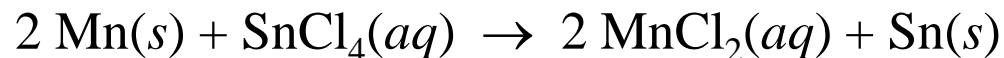
- a) **Piano 1:** Identificare il tipo di reazione, stabilendo i prodotti e l'equazione.

## **Risoluzione:**

- a) Reazione di doppio spostamento (metatesi): due sostanze a partire da due altre, di cui una è un precipitato.



- b) Reazione di spostamento (singolo): Reazione “redox” dovuta al fatto che il metallo manganese più attivo sposta lo stagno meno riducente.

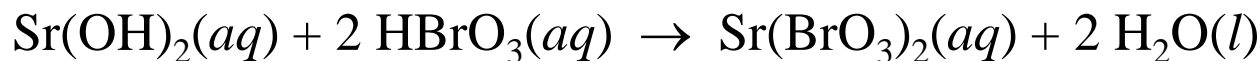


Mn metallico è l'agente riducente, e  $\text{SnCl}_4$  è l'agente ossidante.



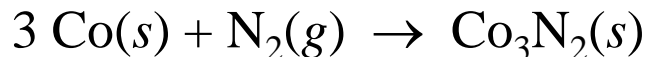
### c) Reazione di spostamento (metatesi):

Due sostanze da due altre. Reazione acido-base. La base  $\text{Sr}(\text{OH})_2$  reagisce con il doppio in moli di acido bromico a dare acqua e il sale bromato di stronzio sciolto in acqua.



### d) Reazione di Combinazione :

Reazione REDOX che avviene quando il cobalto metallico viene scaldato in atmosfera di azoto gas e forma il composto solido nitruro di cobalto(II).

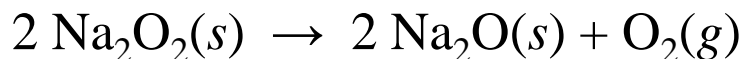


L'azoto è l'agente ossidante, e viene ridotto; il cobalto è l'agente riducente, e viene ossidato.



## e) Reazione di Decomposizione :

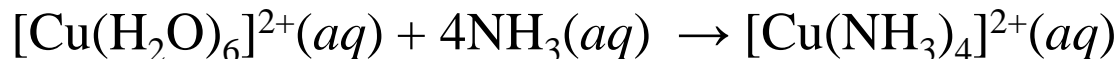
Una sostanza forma due sostanze. Si tratta di una reazione redox che forma ossigeno gas.



Il perossido di sodio è l'agente sia riducente che ossidante, in quanto gli atomi di ossigeno (N.O. -1) sono sia ossidati ( $\text{O}_2$  N.O. = 0) che ridotti ( $\text{O}^{2-}$  N.O. = -2).

## f) Reazione di Scambio di Leganti :

Il legante ammoniacca sposta il legante acqua dal catione rame(II). Il cloruro è spettatore.



Il catione rame è il centro acido a cui sono legate 6  $\text{H}_2\text{O}$  nello ione complesso esaacquorame(II) e 4  $\text{NH}_3$  nel tetraamminorame(II).



**Problema.** Una soluzione concentrata di ammoniaca è aggiunta ad una soluzione di zinco ioduro senza che si formi un precipitato, mentre se si aggiunge una soluzione diluita di ammoniaca si forma un precipitato. Stabilire che reazioni avvengono e classificarle.

**Piano:** lo Zn è un metallo di transizione e può perciò formare facilmente complessi. Il diverso comportamento in ambiente di ammoniaca più o meno concentrata è legato alla competizione per l' $\text{NH}_3$  nel comportamento da legante (o base di Brønsted (generatore di  $\text{OH}^-$ )).

## **Risoluzione:**

- A)  $4 \text{NH}_3(g) + \text{Zn}^{2+}(aq) \rightarrow [\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}(aq)$   
*(reazione di formazione del complesso –  $\text{NH}_3$  si comporta da legante)*
- B) Precipitato Zinco idrossido:  $\text{Zn}^{2+} + 2 \text{OH}^- \rightarrow \text{Zn}(\text{OH})_2 \downarrow$  (*precipit.*)  
*perché si ha la reazione*  $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$



**Problema.** Si aggiunge del sodio metallico a una certa quantità di acqua. La soluzione risultante è acida, basica o neutra? SPIEGARE e fornire un esempio di come si può dimostrare in lab. la risposta.

**Risoluzione:**

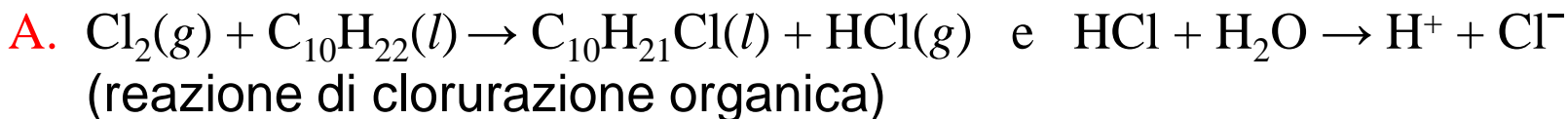


**B.** La soluzione risultante sarà basica perché si libereranno ioni  $\text{OH}^-$  in eccesso su quelli presenti nel solvente acqua. Si potrà provarlo mediante aggiunta dell'indicatore fenolftaleina che virerà al rosa in mezzo basico o mediante un piaccametro, strumento sensibile al pH del mezzo.



**Problema.** Del Cloro gas viene insufflato in decano liquido in eccesso e in presenza di luce formando un composto clorurato più alto bollente del decano. Indicare se il pH dell'acqua messa a contatto con la miscela di reazione sarà acido, neutro o basico.

**Risoluzione:**



B. La soluzione acquosa sarà acida in quanto la reazione di sostituzione organica porta alla formazione di acido cloridrico che è un acido forte che rilascia ioni  $\text{H}^+$ .





**Problema.** Una soluzione diluita di acido acetico è aggiunta a carbonato di magnesio solido. La soluzione risultante sarà acida, basica o neutra?

## Risoluzione

- $2 \text{HC}_2\text{H}_3\text{O}_2(aq) + \text{MgCO}_3(s) \rightarrow 2 \text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2^-(aq) + \text{H}_2\text{O}(l) + \text{CO}_2(g) + \text{Mg}^{2+}(aq)$   
(reazione di spostamento acido-base)
- La soluzione risultante sarà vicina alla neutralità in quanto lo ione acetato è debolmente basico essendo la base coniugata debole (provenendo da un acido coniugato debole) e la  $\text{CO}_2$  in acqua è invece acida essendo un ossido non-metallico di natura acida che in acqua produce una soluzione debolmente acida.



**Problema.** Del cloruro di ammonio solido è aggiunto a dell'acqua.  
Scrivere la reazione, classificarla e dire se la soluzione risultante sarà  
acida, basica o neutra.

## Risoluzione

- $\text{NH}_4\text{Cl}(s) + \text{H}_2\text{O}(l) \rightarrow \text{NH}_3(aq) + \text{H}_3\text{O}^+(aq) + \text{Cl}^-(aq)$   
(Acido/Base generale, Idrolisi in particolare)
- Lo ione ammonio è l'acido coniugato della base debole  $\text{NH}_3$  e perciò in acqua forma una soluzione acida.



**Problema.** Si aggiunge una soluzione di cloruro di stagno(II) ad una soluzione di solfato di ferro(III). Scrivere e bilanciare la reazione. Prevedere il pH della soluzione risultante.

## Risoluzione

- $\text{Sn}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{Fe}^{3+}(\text{aq}) \rightarrow \text{Sn}^{4+}(\text{aq}) + 2 \text{Fe}^{2+}(\text{aq})$  (reazione redox)
- $\text{Sn}^{2+} \rightarrow \text{Sn}^{4+} + 2 \text{e}^{-}$
- $\text{Fe}^{3+} + \text{e}^{-} \rightarrow \text{Fe}^{2+}$
- Il pH della soluzione risultante sarà leggermente acido visto che gli ioni ad alta carica idrolizzano in acqua ( $\text{X}^{n+} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow [\text{X-OH}]^{(n-1)+} + \text{H}^{+}$ )



**Problema.** Si introduce un pezzo di litio metallico in un contenitore di azoto gassoso. Dopo alcune ore il peso del solido è aumentato. Scrivere la reazione avvenuta e classificarla.

### Risoluzione

- $6 \text{Li}(s) + \text{N}_2(g) \rightarrow 2 \text{Li}_3\text{N}(s)$  (reazione redox)
- Ma anche Reazione di Sintesi (o combinazione) in quanto un prodotto più complesso si forma da reagenti più semplici. La reazione richiede del tempo perché eterogenea ed interessa le superficie di separazione tra il solido e la fase gassosa.



**Problema.** Si mescolano i gas trifluoruro di boro e ammoniaca. Si separa un solido bianco. Scrivere e classificare la reazione.

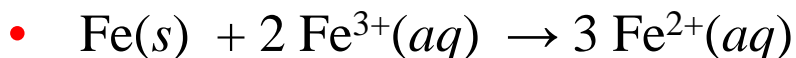
**Risoluzione:**

- $\text{BF}_3(g) + \text{NH}_3(g) \rightarrow \text{BF}_3\text{NH}_3(s)$  (reazione Acido-Base di Lewis)
- L'atomo di boro del  $\text{BF}_3$  si comporta da centro acido di Lewis essendo in grado di accettare una coppia elettronica formando un legame covalente di coordinazione, mentre l'atomo di azoto dell'ammoniaca è un centro basico di Lewis, possedendo una coppia di elettroni non condivisa cedibile.



**Problema.** Un pezzo di ferro metallico è aggiunto ad una soluzione di solfato di ferro(III). Scrivere e classificare la reazione. Scrivere la configurazione elettronica dello ione prodotto illustrando e specificando se è diamagnetico o paramagnetico.

**Risoluzione:**



**paramagnetico**



**Problema.** Si aggiunge un eccesso di una soluzione concentrata di idrossido di potassio a un precipitato di idrossido di zinco originando una soluzione limpida e incolore. Stabilire la reazione e classificarla.

**Risoluzione:**

- $2 \text{OH}^-(aq) + \text{Zn}(\text{OH})_2(s) \rightarrow [\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}(aq)$   
(reazione di formazione di uno ione complesso)
- La soluzione è incolore perché lo ione zinco ha configurazione  $d^{10}$  e non esiste possibilità di avere transizioni elettroniche  $d-d$  nel visibile.



**Problema.** Una soluzione di nitrato di argento, nitrato di ferro(III), nitrato di rame(II) e nitrato di zinco è trattata con acido cloridrico 6 M. Si forma un solido che, filtrato, risulta di colore bianco e non contenere zinco. Scrivere la reazione e classificarla.

**Risoluzione:**

- $\text{Ag}^+(aq) + \text{Cl}^-(aq) \rightarrow \text{AgCl}(s)$
- (reazione di precipitazione usata nell'analisi qualitativa)
- Il solido bianco è il cloruro di argento (i due ioni sono incolore come lo è il sale nitrato di argento). Gli ioni Fe(III) e Cu(II) sono colorati e darebbero precipitati colorati, mentre lo ione Zn(II) è incolore ma la sua presenza nel precipitato è esclusa dall'analisi del precipitato stesso.





**Problema.** Si aggiunge dell'ossido di sodio solido a un po' di acqua. Scrivere la reazione e classificarla. La soluzione risultante sarà acida, basica o neutra? Spiegare.

**Risoluzione:**

- $\text{Na}_2\text{O}(s) + \text{H}_2\text{O}(l) \rightarrow 2\text{Na}^+(aq) + 2\text{OH}^-(aq)$   
(reazione Acido-Base di Lewis)
- La soluzione è Basica ( $\text{pH} > 7$ ). Gli ossidi di metalli formano idrossidi basici in acqua e l'idrossido di sodio è una base forte, cioè totalmente dissociata in acqua a dare ioni  $\text{OH}^-$  in eccesso su quelli presenti nell'acqua.



**Problema.** Del gas 1-propene brucia all'aria a r.t.. Scrivere e classificare la reazione. Descrivere l'ibridizzazione e le variazioni di geometria molecolare che subiscono i tre atomi di carbonio nel passare dal reagente al prodotto.

**Risoluzione:**

- $2 \text{C}_3\text{H}_6(g) + 9 \text{O}_2(g) \rightarrow 6 \text{CO}_2(g) + 6 \text{H}_2\text{O}(l)$   
(reazione di combustione - redox)
- Gli atomi 1 e 2 del propene passano da una ibridizzazione  $sp^2$  a geometria trigonale planare ad una ibridizzazione  $sp$  a geometria lineare nella  $\text{CO}_2$ . L'atomo in 3 passa da  $sp^3$  a  $sp$ .



**Problema.** Si tratta con biossido di carbonio a) una soluzione di idrossido di bario e b) dell'ossido di magnesio solido. Scrivere le reazioni e classificarle. Descrivere cosa ci si aspetta di notare nel corso dei due esperimenti.

**Risoluzione:**

- A.**  $\text{CO}_2(g) + \text{Ba}^{2+}(aq) + 2\text{OH}^-(aq) \rightarrow \text{BaCO}_3(s) + \text{H}_2\text{O}(l)$   
(reazione di precipitazione usata nell'Analisi Qualitativa)
- B.**  $\text{MgO}(s) + \text{CO}_2(g) \rightarrow \text{MgCO}_3(s)$  (reazione Acido-Base di Lewis)
- Nel primo caso la soluzione iniziale limpida diventa lattescente formandosi del carbonato di bario insolubile, mentre nel secondo caso si noterà che il solido si sfalda e che pesa di più del solido iniziale.



**Problema.** Dell'acido nitrico diluito è aggiunto a cristalli di ossido di calcio puro. Scrivere la reazione e classificarla segnalando cosa ci si aspetta di vedere nel corso della reazione.

**Risoluzione:**

- $\text{H}^+(aq) + \text{CaO}(s) \rightarrow \text{Ca}^{2+}(aq) + \text{H}_2\text{O}(l)$   
(reazione di doppio spostamento)
- Il solido, CaO, scomparirà e si otterrà una soluzione limpida.



**Problema.** Si aggiunge una piccola quantità di biossido di manganese ad una soluzione di acqua ossigenata al 35%. Si sviluppa un gas, il recipiente si scalda e la soluzione entra in ebollizione. Scrivere la reazione e classificarla. Spiegare i fatti osservati.

**Risoluzione:**

- $2\text{H}_2\text{O}_2(aq) \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(l) + \text{O}_2(g)$   
(reazione di decomposizione – redox N.O. da -1 a -2 e 0)
- La reazione è molto esotermica, rilasciando una gran quantità di calore ( $\Delta H^\circ = - 196 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ) che fa alzare la temperatura fino all'ebollizione. Il biossido di manganese non si consuma nella reazione e funziona quindi come catalizzatore del processo.



**Problema.** Si aggiunge dell'acido cloridrico concentrato ad una soluzione acquosa di solfito di sodio. Si sviluppa del gas. Scrivere e classificare la reazione. Che variazione nell'angolo tra i legami S-O vi aspettate passando dal reagente solforato al prodotto?

**Risoluzione:**

- $2 \text{H}^+(aq) + \text{SO}_3^{2-}(aq) \rightarrow \text{SO}_2(g) + \text{H}_2\text{O}(l)$   
(reazione di doppio spostamento acido-base (Metatesi))
- Nello ione solfito la geometria dello zolfo è trigonale piramidale (circa  $107^\circ$ ) mentre lo zolfo nel biossido di zolfo è angolato (minore di  $120^\circ$ ).



**Problema.** Dell'oro solido è aggiunto a una miscela di acidi concentrati cloridrico e nitrico sciogliendosi, sviluppando un gas e formando uno ione complesso. Così si chiama la miscela degli acidi?

**Risoluzione:**

- $4 \text{H}^+(aq) + 4 \text{Cl}^-(aq) + \text{NO}_3^-(aq) + \text{Au} \rightarrow$   
 $[\text{AuCl}_4]^-(aq) + \text{NO}(g) + 2 \text{H}_2\text{O}(l)$   
(reazione redox con complessazione del catione metallico)
- Acqua regia.



**Problema.** Si aggiunge una soluzione satura limpida di idrossido di calcio ad una soluzione di cloruro di magnesio. Si forma un precipitato bianco. Scrivere la reazione e classificarla. Indicare quali sono gli ioni spettatori nel processo.

**Risoluzione:**

- $2 \text{OH}^-(aq) + \text{Mg}^{2+}(aq) \rightarrow \text{Mg}(\text{OH})_2(s)$   
(reazione di metatesi e di associazione con precipitazione)
- Ioni spettatori:  $\text{Ca}^{2+}(aq)$  e  $\text{Cl}^-(aq)$





**Problema.** Si scalda del carbonato di ammonio solido fino a sviluppo di gas. Scrivere la reazione e classificarla. Come fareste a confermare i prodotti formati nella reazione?

**Risoluzione:**

- $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3(\text{s}) \rightarrow 2\text{NH}_3(\text{g}) + \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$   
(reazione di decomposizione - Acido-Base di Lewis )
- La rivelazione dell'ammoniaca si potrebbe dedurre dall'odore sgradevole o meglio da una cartina al tornasole imbevuta di acqua. La determinazione della presenza di  $\text{CO}_2$  richiede un test con idrossido di bario per dare il precipitato bianco  $\text{BaCO}_3$ .
- Un metodo unico consisterebbe nell'analisi dei gas mediante gas cromatografia – spettrometria di massa. Si separano i tre componenti e se ne determina il rispettivo peso molecolare.



**Problema.** Dell'acido solforico è aggiunto ad una soluzione satura limpida di idrossido di bario in volumi equimolari. Cosa si osserverebbe se si misurasse la conducibilità della soluzione nel corso dell'aggiunta?

**Risoluzione:**

- $2 \text{H}^+(aq) + \text{SO}_4^{2-}(aq) + \text{Ba}^{2+}(aq) + 2 \text{OH}^-(aq) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(l) + \text{BaSO}_4(s)$   
(reazione Acido-Base, con Precipitazione)
- Con uno strumento per la misura di conducibilità introdotto nella soluzione si vedrebbe diminuire il valore segnato al procedere della reazione. Se nel circuito del conduttimetro è inserita una lampadina, la luce emessa sarebbe all'inizio forte per poi progressivamente diminuire fino a scomparire. La dissociazione dell'acqua pura è così bassa che praticamente non circola corrente.



**Problema.** Del cloro gassoso viene fatto passare in una soluzione incolore di bromuro di sodio. Si sviluppa un colore rosso e nel tempo si separa un liquido rosso-bruno. Scrivere e classificare la reazione. Sapreste dire come fareste a monitorare il corso della reazione?

**Risoluzione:**

- $\text{Cl}_2(g) + 2 \text{Br}^-(aq) \rightarrow \text{Br}_2(l) + 2 \text{Cl}^-(aq)$  (reazione redox)
- Essendo la reazione di natura eterogenea (sono presenti tre fasi: una liquida acquosa, una liquida insolubile, costituita dal bromo, e una gassosa) il monitoraggio si potrebbe fare o misurando l'aumento del volume di bromo nel tempo oppure (all'inizio) l'aumento del colore rosso nel tempo.



**Problema.** Si mescolano volumi uguali di soluzioni equimolari diluite di carbonato di sodio e acido perclorico. Scrivere e classificare la reazione. La soluzione finale sarà acida, basica o neutra? Cosa succede se si continua ad aggiungere acido perclorico?

**Risoluzione:**

- $\text{CO}_3^{2-}(aq) + \text{H}^+(aq) \rightarrow \text{HCO}_3^-(aq)$   
(reazione acido-base di doppio spostamento)
- La soluzione sarà debolmente basica ( $\text{HCO}_3^-(aq)$  idrolizza! Anfolita!).
- Si svilupperebbe biossido di carbonio in quanto si formerebbe l'acido carbonico ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ) che è instabile rispetto alla reazione di decomposizione  $\text{H}_2\text{CO}_3(aq) \rightarrow \text{CO}_2(g) + \text{H}_2\text{O}(l)$ .



**Problema.** Si mescolano due soluzioni, una di nitrato d'argento e l'altra di cromato di sodio. Scrivere e classificare la reazione. Come si può notare l'evoluzione della reazione?

**Risoluzione:**

- $2 \text{Ag}^+(aq) + \text{CrO}_4^{2-}(aq) \rightarrow \text{Ag}_2\text{CrO}_4(s)$   
(reazione di precipitazione per metatesi)
- La soluzione limpida incolore del nitrato d'argento quando viene aggiunta alla soluzione gialla limpida del cromato di sodio lascia separare un precipitato rosso di cromato di argento.



**Problema.** Una soluzione incolore di tiocianato di potassio si aggiunge ad una soluzione giallo pallido di cloruro di ferro(III). La soluzione rimane limpida ma sviluppa un colore rosso sangue intenso. Scrivere e classificare la reazione. Cosa succede se si dovesse aggiungere del cloroformio liquido?

**Risoluzione:**

- $\text{SCN}^-(aq) + \text{Fe}^{3+}(aq) \rightarrow [\text{FeSCN}]^{2+}(aq) (+ [\text{Fe}(\text{SCN})_2]^+ + [\text{Fe}(\text{SCN})_3])$   
(reazione di scambio di legante con formazione di complessi tiocianato solubili)
- Del colore rosso passerebbe nel cloroformio in quanto il complesso neutro  $[\text{Fe}(\text{SCN})_3]$  è covalente polare e si scioglie in mezzo covalente polare.



**Problema.** Si aggiunge del ossitricloruro di fosforo(V) liquido a temperatura ambiente a dell'acqua. Si osserva un forte riscaldamento fino all'ebollizione dell'acqua (se poca) e lo sviluppo di vapori acidi. Scrivere e classificare la reazione. Perché il composto in esame si deve conservare in ambiente anidro ma non in una atmosfera inerte?

**Risoluzione:**

- $\text{POCl}_3(l) + \text{H}_2\text{O}(l) \rightarrow \text{H}_3\text{PO}_4(aq) + \text{HCl}(g)$   
e  $\text{HCl}(g) \rightarrow \text{Cl}^-(aq) + \text{H}^+(aq)$   
(reazioni acido-base di Lewis)
- Essendo la reazione veloce l'eventuale umidità dell'ambiente sarebbe catturata rapidamente. Si noti che il composto è a sua volta formato per idratazione del  $\text{PCl}_5$ .  $\text{PCl}_5 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{POCl}_3 + 2 \text{Cl}^- + 2 \text{H}^+$ .
- L'atmosfera inerte non è necessaria in quanto il fosforo è nel suo stato di ossidazione massimo (V) e quindi non sensibile all'ossigeno né al biossido di carbonio, normalmente presenti nell'aria.