

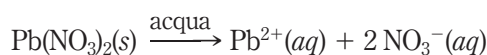
APPROFONDIMENTO

Le reazioni di precipitazione

Può succedere che mescolando due soluzioni elettrolitiche abbia luogo una reazione chimica. Supponiamo per esempio di aver preparato due soluzioni acquose, una di ioduro di potassio, KI, e l'altra di nitrato piomboso, $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$. Versando una soluzione nell'altra si osserva immediatamente la formazione di un solido giallo, segno che è avvenuta una trasformazione chimica (figura 1).

Il composto solido, poco solubile in acqua, che si forma a seguito del mescolamento di due soluzioni, viene indicato dai chimici con il termine generico di *precipitato*.

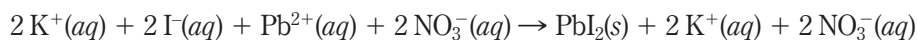
Per poter scrivere l'equazione chimica che è avvenuta occorre individuare qual è il composto solido giallo che si è formato. Per far questo scriviamo le equazioni di dissociazione di ciascun reagente:



Mescolare le due soluzioni significa allora mettere insieme queste quattro specie ioniche, per cui il precipitato che si forma non può che essere un composto costituito da una delle due nuove coppie di ioni K^+ e NO_3^- oppure Pb^{2+} e I^- .

Possiamo escludere la prima, perché sappiamo che il nitrato di potassio (KNO_3) è molto solubile in acqua; di conseguenza, è l'altra coppia di ioni quella responsabile della formazione del precipitato, la cui formula è PbI_2 .

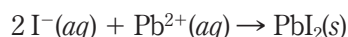
La reazione può essere rappresentata da un'equazione in cui vengono riportati tutti gli ioni presenti in soluzione. Del precipitato si riporta invece la formula intera, per sottolineare il fatto che esso non libera ioni a causa della sua bassissima solubilità. Questo modo di rappresentare una reazione chimica prende il nome di *equazione in forma ionica*:



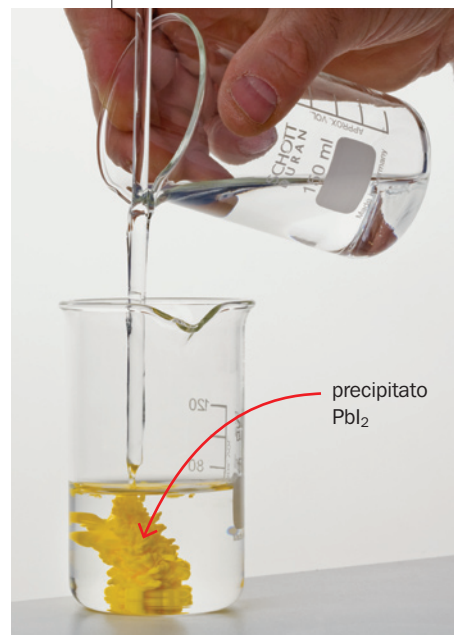
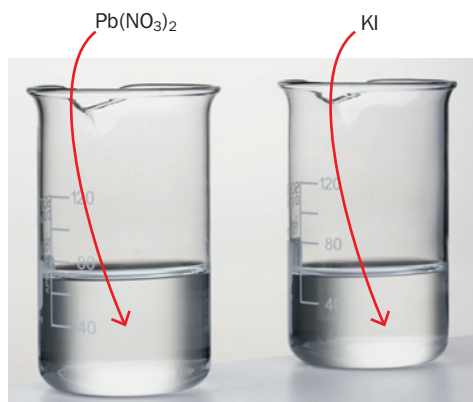
Dato che ogni ione Pb^{2+} si lega a 2 ioni I^- , abbiamo aggiunto il coefficiente 2 davanti agli ioni derivanti dalla dissociazione di KI. Solo in questo modo la somma delle cariche positive e negative risulta zero sia a sinistra sia a destra della freccia.

A reagire, in realtà, sono solo gli ioni I^- e Pb^{2+} ; gli altri ioni restano inalterati in soluzione e sono sempre gli stessi, prima e dopo la reazione. Essi sono anche chiamati *ioni spettatori* e si possono «semplificare», proprio come nelle espressioni algebriche.

La reazione che porta alla formazione dello ioduro di piombo può essere quindi rappresentata in un modo più essenziale scrivendo la cosiddetta *equazione in forma ionica semplificata*:



Quest'ultima equazione consente un'importante riflessione: tutte le volte che in una soluzione sono presenti sostanze che liberano ioni I^- e altre che liberano ioni Pb^{2+} , avviene una reazione che porta alla formazione di PbI_2 .

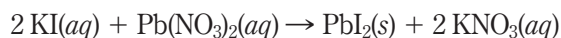


▲ **Figura 1** Le soluzioni dei due sali sono entrambe incolori e contengono gli ioni resi liberi in seguito al processo di dissociazione ionica. Versando una soluzione nell'altra si forma una sostanza insolubile di colore giallo.

APPROFONDIMENTO
Le reazioni di precipitazione

In generale, possiamo affermare che quando si mescolano soluzioni contenenti ioni si ha una **reazione di precipitazione** solo se si forma un composto praticamente insolubile.

A questo punto, preso atto di ciò che davvero succede a livello particellare, possiamo comprendere il vero significato di questa reazione anche rappresentandola nel modo consueto, scrivendo cioè *l'equazione in forma molecolare*:


Come individuare il precipitato

Per individuare qual è il precipitato che si ottiene a seguito del mescolamento di due soluzioni occorre sempre considerare le nuove coppie di ioni che si formano. La **tabella 1** consente di stabilire la coppia di ioni che dà origine a un composto insolubile. È chiaro anche che gli eventuali prodotti che risultano solubili in acqua restano dissociati in ioni e non possono quindi formare un precipitato.

Tabella 1 La tabella riporta gli anioni più comuni e, per ognuno di essi, i cationi con i quali essi formano composti poco solubili. Non compaiono né lo ione nitrato NO_3^- né lo ione acetato CH_3COO^- , perché nessun catione forma composti poco solubili con questi anioni.

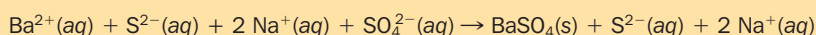
Ioni negativi (anioni)	Ioni positivi (cationi)	Esempi
cloruro Cl^- bromuro Br^- ioduro I^-	Ag^+ ; Pb^{2+} ; Hg_2^{2+} ; Cu^+	PbI_2
cromato CrO_4^{2-}	Ba^{2+} ; Cu^{2+} ; Ag^+ ; Hg_2^{2+} ; Pb^{2+}	Ag_2CrO_4
solfoato SO_4^{2-}	Ca^{2+} ; Sr^{2+} ; Ba^{2+} ; Pb^{2+} ; Hg_2^{2+}	SrSO_4
solfoso S^{2-}	tutti (esclusi gli ioni alcalini, alcalino-terrosi e NH_4^+)	CoS
ossidrile OH^-	tutti (esclusi gli ioni alcalini, NH_4^+ , Sr^{2+} , Ba^{2+} , Ca^{2+})	$\text{Zn}(\text{OH})_2$
fosfato PO_4^{3-} carbonato CO_3^{2-} solfito SO_3^{2-}	tutti (esclusi gli ioni alcalini e NH_4^+)	CuSO_3

ESEMPIO

Proviamo a utilizzare la tabella 1 per verificare se il mescolamento di due soluzioni ioniche dà luogo a una reazione chimica oppure no.

Supponiamo di mescolare una soluzione acquosa di solfuro di bario (BaS) e una di solfato di sodio (Na_2SO_4). Gli ioni presenti in soluzione sono i seguenti: Ba^{2+} , S^{2-} , Na^+ e SO_4^{2-} . Dobbiamo individuare la coppia di ioni che forma un precipitato. Le due coppie possibili sono Na^+ e S^{2-} oppure Ba^{2+} e SO_4^{2-} . Dalla tabella si vede che lo ione solfuro forma composti poco solubili con tutti i cationi tranne alcuni, per esempio i metalli alcalini. Dunque il composto Na_2S è solubile in acqua. Invece lo ione solfato forma composti poco solubili con cinque ioni, tra cui proprio lo ione bario.

Avviene pertanto una reazione chimica la cui equazione scritta in forma ionica è la seguente:


PROVA TU

Versando una soluzione di cromato di sodio (Na_2CrO_4) in una soluzione di cloruro rameico (CuCl_2) si osserva la formazione di un precipitato.

► Rappresenta la reazione scrivendo l'equazione in forma ionica.

ESERCIZI

Le reazioni di precipitazione

- In riferimento a una stessa reazione chimica, che differenza c'è tra l'equazione scritta in forma molecolare e quella scritta in forma ionica?
- In una equazione chimica scritta in forma ionica come si riconoscono gli ioni spettatori?
- Scrivi nei tre modi diversi l'equazione della reazione che avviene tra le soluzioni acquose di tricloruro di alluminio e di carbonato di litio.
- Si può affermare che è avvenuta una reazione di precipitazione quando mescolando due soluzioni acquose di elettroliti:
 - si forma almeno una sostanza gassosa non solubile nell'acqua
 - si forma una sostanza liquida indissociata
 - si forma almeno una sostanza solida poco solubile in acqua
 - si ha un processo di dissociazione in acqua
 - gli ioni cedono le loro cariche e si trasformano in atomi neutri
- Quali sono gli ioni spettatori nella reazione di precipitazione tra NH_4Cl e AgNO_3 ?
 - NH_4^+ e Cl^-
 - NH_4^+ e Ag^+
 - NH_4^+ e NO_3^-
 - Cl^- e NO_3^-
 - Ag^+ e Cl^-
- Quale tra i seguenti composti ionici è poco solubile in acqua?
 - Cloruro di potassio
 - Solfato di litio
 - Fosfato di calcio
 - Carbonato di ammonio
 - Idrossido di potassio
- Scrivi le equazioni di dissociazione ionica in acqua dei seguenti composti:
 - $\text{Au}(\text{NO}_3)_3$
 - $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$
- Considera i seguenti quattro ioni:
 Pb^{2+} NH_4^+ NO_3^- SO_4^{2-}
 - Scrivi le formule di tutti i composti che si possono ottenere dalla loro combinazione.
 - Scrivi la formula del composto che è scarsamente solubile in acqua.

- Considera i seguenti quattro ioni:
 K^+ Ni^{2+} Br^- SO_4^{2-}
 - Scrivi le formule di tutti i composti che si possono ottenere dalla loro combinazione.
 - Mescolando soluzioni acquose che contengono i quattro ioni, può avvenire una reazione di precipitazione? Perché?
- Scrivi le equazioni in forma ionica semplificata delle reazioni di precipitazione che avvengono in seguito al mescolamento dei seguenti reagenti in soluzione acquosa:
 - $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2 + \text{NaI}$
 - $\text{BaCl}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4$
 - $\text{FeCl}_3 + \text{KOH}$
 - $\text{AgNO}_3 + \text{K}_2\text{CrO}_4$
- Completa la seguente tabella scrivendo le formule dei composti che si ottengono dalla combinazione degli ioni indicati:

	Sr^{2+}	NH_4^+
SO_3^{2-}
OH^-
PO_4^{3-}
I^-

- Nei laboratori di analisi, per stabilire se un dato ione è presente in soluzione si sfruttano reazioni di precipitazione. Suggestisci quale soluzione può essere utilizzata per verificare la presenza dello ione SO_4^{2-} .
- Se si aggiunge una soluzione di AgNO_3 a una soluzione di HCl , si ottiene un precipitato? Argomenta la risposta.
- Mescolando una soluzione acquosa di Na_2SO_4 con una soluzione acquosa di $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ avviene una reazione di precipitazione?