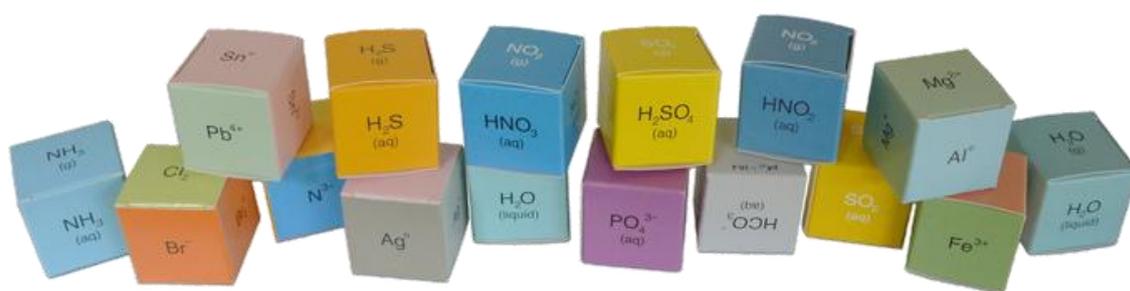


Chemistry

Cube

Game

Regole del gioco



Gioco con i dadi per le lezioni di chimica
di Markus T. Müller

A Sophie e Bärbel

Grazie...

...ad Hansueli Ehrensperger, Jörg Engweiler e Vesna Klingel per le preziose conversazioni e le osservazioni critiche durante la messa a punto del gioco e delle sue regole.

...alle mie classi presso la Kantonsschule Frauenfeld per la creazione dei primi 200 prototipi e dei numerosi suggerimenti per forme di gioco più appassionanti.

...a Peter Schaltegger per la realizzazione grafica e la definizione dei dettagli delle numerose formule e per la sua assistenza nella scelta dei colori.

...ad Hansruedi Dütsch per il supporto e la disponibilità a vendere il Chemistry Cube Game nel VSN-Shop.

...alla Schweizerischen Chemischen Gesellschaft (SCG), per il supporto finanziario nella preparazione della prima edizione, e all'Accademia svizzera di scienze naturali (SCNAT) per l'assistenza nel finanziamento delle traduzioni.

...alla mia famiglia per il supporto morale nello sviluppo di questo gioco.

Impressum

1. Edizione febbraio 2017 (versione tedesca), agosto 2017 (versione inglese), settembre 2017 (versione francese), luglio 2018 (versione italiana)

Copyright: Markus T. Müller, Im Baumgarten 5, CH-8500 Frauenfeld, Schweiz

Contatto: markus.mueller@kftg.ch

Distribuzione: www.vsn-shop.ch

Indice

Informazioni generali sul gioco

Sali

- 1.1 Sali, formule dei sali, nomenclatura ionica
- 1.2 Solvatazione di sali altamente solubili
- 1.3 Solvatazione di sali scarsamente solubili
- 1.4 Cristallizzazione dei sali
vedere anche 3.1, 4.1, 4.2, 4.4

Acidi e basi

- 2.1 Quale specie è presente a quale valore di pH?
- 2.2 Relazione tra pH e valore di pK_a
- 2.3 Titolazione di un acido con soda caustica
- 2.4 Titolazione di una base con un acido forte
vedere anche 4.1, 4.2, 4.3, 4.4

Ossidoriduzione

- 3.1 I metalli reagiscono con i non metalli per formare i sali
- 3.2 Riconoscere le reazioni di ossidoriduzione - I numeri di ossidazione
- 3.3 Reazioni di ossidoriduzione che avvengono realmente ed E°
vedere anche 4.4

Chimica ambientale – Inquinanti atmosferici e piogge acide

- 4.1 Carbonio - Diossido di carbonio - Acido carbonico - Carbonati
- 4.2 Zolfo - Diossido di zolfo - Acido solforico - Gesso
- 4.3 Azoto - Ossido di azoto - Acido nitroso - Acido nitrico
- 4.4 Fissazione dell'azoto, nitrificazione e denitrificazione

Abstract

Il Chemistry Cube Game si compone di 16 diversi dadi. I dadi possono essere ruotati di 90° nelle direzioni indicate in orizzontale o verticale. Ciascuna rotazione rappresenta una reazione chimica o una transizione fisica. La novità che abbiamo sviluppato è la speciazione di acidi e basi (anioni), metalli elementari (Me^0) e relativi cationi metallici (Me^{x+}), non metalli (O_2^0) e i loro anioni (O^{2-}). Inoltre, sono stati considerati e aggiunti ai dadi anche altri aspetti, come l'origine delle sostanze, le transizioni di fase, gli equilibri di solubilità dei gas nell'acqua. In questo modo, le diverse rotazioni assumono anche un significato chimico.

Con SwissChemCubes è possibile imparare tramite il gioco vari argomenti di insegnamento della chimica, come i sali, gli equilibri chimici, le basi acide, le reazioni redox e altri argomenti nel campo della chimica ambientale.

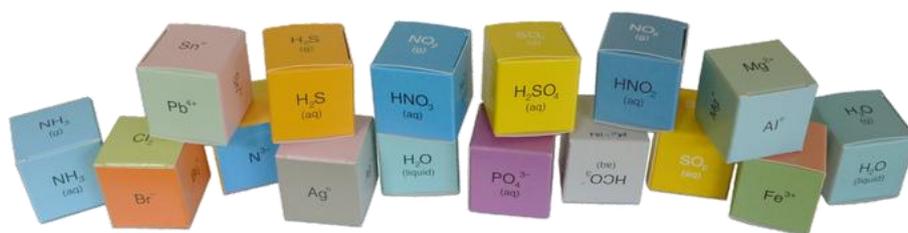
Nella parte relativa ai sali si parlerà di formazione dei sali, derivazione di formule dei sali e la loro nomenclatura, la dissoluzione, la cristallizzazione.

Per quanto riguarda la chimica degli acidi e delle basi, questo gioco si concentra sulle specie che sono presenti a diversi livelli di pH (speciazione). Con questi dadi è possibile anche giocare con le relazioni tra i valori della costante acida pK_a e i valori del pH, così come con la titolazione di un acido o di una base.

Nella chimica delle reazioni redox, questo gioco parte dalla formazione dei sali dalle sostanze elementari, come i metalli e i non metalli. Con l'aiuto dei numeri di ossidazione, è possibile riconoscere le reazioni redox e scrivere correttamente le reazioni parziali di ossidazione e riduzione.

Il capitolo relativo alla chimica ambientale inizia con il ciclo del carbonio e i diversi equilibri che devono essere considerati. Le piogge acide vengono descritte utilizzando gli esempi dell'acido solforico e dell'acido nitrico. Qui l'obiettivo è di riconoscere le complesse relazioni tra le diverse reazioni e la loro dipendenza dalle condizioni ambientali, come il valore di pH, la temperatura e la pressione. Il ciclo dell'azoto, a cui sono state aggiunte le condizioni aerobiche e anaerobiche, collegano i diversi temi appena trattati.

Le istruzioni di gioco del Chemistry Cube Games includono cinque anni di esperienza con i prototipi autoprodotti. Oltre a questo, offre la possibilità di provare e applicare le proprie idee di gioco.



Informazioni generali

Idee di gioco

Il Chemistry Cube Game include le diverse forme o specie in cui una sostanza, come un acido o una base, un agente riducente od ossidante (metalli, non metalli e loro ioni) può essere presente. Sui dadi è possibile trovare anche le formule dei precursori, da cui può essere formato, per esempio, l'acido considerato. Grazie a questi dadi è possibile provare le reazioni più diverse.

Contenuto

16 dadi diversi (totale di 204 dadi, per metà classe)

Num.	
24	H ₂ O
12	H ₂ S
12	H ₂ SO ₃
12	H ₂ SO ₄

Num.	
12	NH ₃
12	HNO ₂
12	HNO ₃
12	H ₂ CO ₃

Num.	
12	H ₃ PO ₄
12	Na, Mg, Al
12	Ca, Zn, Ag,
12	Fe, Cu

Num.	
12	Pb, Sn
12	N ₂ , O ₂ , S
12	F ₂ , Cl ₂ , Br ₂
12	vuoto

I dadi non stampati possono essere utilizzati per le proprie idee e proposte. Fateci sapere le vostre idee per i prossimi dadi. In una seconda edizione potremmo inserire eventuali proposte.

Assemblare i dadi

I dadi vengono consegnati piatti, punzonati, scanalati e incollati una volta. Prima del primo utilizzo, devono essere assemblati (per esempio insieme alla classe). Una volta assemblati, i dadi non devono essere riaperti per evitare che si rompano. Se necessario, è possibile incollare i bordi per chiudere i dadi.

Conservazione e pulizia dei dadi

Dopo essere stati assemblati, i dadi possono essere conservati in una scatola. È possibile utilizzare un contenitore UTZ da 40 x 30 x 65 cm (8 x 6 x 1 = 48 dadi) (vedere immagine) o da 40 x 30 x 120 cm (8 x 6 x 2 = 96 dadi) se viene riempito con 2 strati di dadi. I dadi sono rivestiti da una pellicola protettiva, per questo possono essere puliti con un panno umido.



Regole generali:

I cubi possono essere ruotati o inclinati in tutte le direzioni indicate dalle scritte, che devono essere facili da leggere. Se una scritta si ritrova capovolta, allora quella transizione non è possibile direttamente.

I dadi possono anche essere lanciati, inserendo anche il fattore della probabilità nei giochi con le formule dei sali. Possono anche essere impilati, per esempio per creare un cristallo di sale.

Si consiglia di giocare con i dadi su un tavolo per evitare la sporcizia e la contaminazione.

Utilizzando frecce di reazione laminare, frecce di equilibrio e/o coefficienti stechiometrici (1, 2, 3, 4, 5, 6), è possibile visualizzare correttamente equazioni di reazione e reazioni di equilibrio.

Significato del colore del font

Il cambiamento di colore del font quando si gira il dado indica che quella transizione non è possibile senza una reazione chimica.

Dadi di acidi e basi

Acido (perde un protone H^+) Ruotare il dado verso sinistra.

Base (acquista un protone H^+) Ruotare il dado verso destra.

I dadi con gli acidi e le basi sono costruiti in modo che, ruotandoli, vengano mostrate le diverse specie dell'acido corrispondente e le sue basi corrispondenti. Inclinando o ruotando il cubo a sinistra, si verifica la perdita del protone di un acido. Inclinando o ruotando il cubo a destra, si verifica l'acquisto del protone di una base. I valori della costante di acidità pK_a sono indicati sopra ai rispettivi acidi e possono essere alzati inclinando il cubo in avanti. Questo metodo serve per memorizzare i valori di pK_a secondo il motto: sapere o cercare. È possibile utilizzare questo metodo per diversi acidi e basi di protoni.

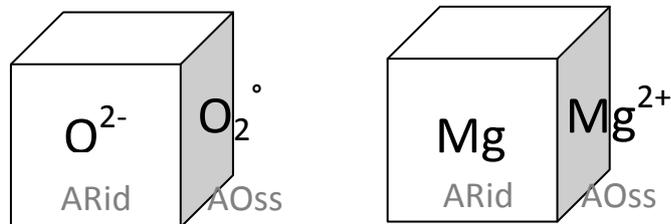
Valori di pK_a (pK_s)

I valori del pK_a sono stati presi da "Formeln, Tabellen, Begriffe" di Orell Füssli Verlag (quinta edizione). Per l'abbreviazione della costante di acidità è stata scelta la variante inglese ($pK_s = pK_a =$ costante di acidità).

Valori di pH

Il pH è definito come segue: $pH = -\log c(H_3O^+(aq))$. Le istruzioni di gioco includono una scala di valori del pH che può essere stampata, plastificata e utilizzata per il gioco. Inoltre, la tabella mostra la relazione tra il valore di pH e il valore di pOH. I numeri colorati possono anche essere usati come valori del pH.

Redox



Cubi multicolore per la chimica delle reazioni redox

Agente riducente (donatore di elettroni) ARid

Agente ossidante (accettore di elettroni) AOss

Ossidazione (= donazione di elettroni): Ruotare il dado verso sinistra.

Riduzione (= accettazione di elettroni): Ruotare il dado verso destra.

Schema di reazione generale:



Metalli e ioni metallici

I dadi con i metalli e i loro ioni possono essere utilizzati per la chimica redox o per la formazione di sali. Se un dado contenente un metallo non caricato (ad esempio, il magnesio: Mg^0) viene girato o inclinato verso sinistra, rappresenta una cessione di elettroni (ossidazione), da cui si forma il catione di magnesio Mg^{2+} . Un'acquisizione di elettroni (riduzione) si verifica ruotando o inclinando il cubo verso destra. L'agente riducente e il corrispondente agente ossidante si trovano quindi uno accanto all'altro.

Il potenziale di riduzione standard E° [V] è stato volontariamente omissso. Se necessario, si consiglia di utilizzare una tabella separata, corrispondente allo schema di cui sopra.

Non metalli e ioni non metallici

I dadi con i non metalli e i loro ioni possono essere utilizzati per la chimica redox o per la formazione di sali. Se un dado contenente un non metallo non caricato (ad esempio, l'ossigeno: O_2^0) viene girato o inclinato verso destra, rappresenta un'acquisizione di elettroni (riduzione), da cui si forma lo ione ossido O^{2-} .

Il potenziale di riduzione standard E° [V] è stato volontariamente omissso. Se necessario, si consiglia di utilizzare una tabella separata.

Sali

I dadi possono anche essere utilizzati per la derivazione delle formule dei sali e per imparare i nomi dei sali. Partiamo dall'idea di rappresentare sempre le formule dei sali nella cosiddetta **nomenclatura ionica**. Grazie ai dadi, la nomenclatura ionica può essere facilmente determinata.

Gli studenti mostrano sempre grosse difficoltà a distinguere le sostanze elementari (Mg^0) dagli ioni (Mg^{2+}). Poiché sui dadi sono presenti entrambe le forme, dovrebbe essere un modo divertente per imparare a distinguerle.

I colori

La seguente tabella spiega la scelta del colore.

Nr		
1	H ₂ O	Colore dell'acqua (turchese)
2	H ₂ S	Colore dello zolfo (giallo) e del modello Molymod
3	H ₂ SO ₃	
4	H ₂ SO ₄	
5	NH ₃	Colore dell'azoto nel modello Molymod (blu)
6	HNO ₂	
7	HNO ₃	
8	H ₂ CO ₃	Colore del carbonio (grafite) (grigio)
9	H ₃ PO ₄	Colore del fosforo nel modello Molymod
10	Na	-
10	Mg	-
10	Al	-
11	Ca	-
11	Zn	-
11	Ag	Colore argento
12	Fe	-
12	Cu	Color rame
13	Pb	-
13	Sn	-
14	N ₂	Colore dell'azoto nel modello Molymod (blu)
14	O ₂	Colore dell'ossigeno nel modello Molymod (rosso)
14	S	Colore dello zolfo (giallo)
15	F ₂	Colore del fluoro gassoso (giallo chiaro)
15	Cl ₂	Colore del cloro gassoso (giallo verdastro)
15	Br ₂	Colore del bromo gassoso (arancione)
16	vuoto	

Ordini

I dadi possono essere acquistati come set per metà classe (204 dadi), come pacchetto campione (16 dadi) oppure singolarmente in qualsiasi numero presso il negozio VSN.

www.vsn-shop.ch

Età e livello della classe

Le istruzioni di ogni gioco specificano il livello della classe per il quale il gioco è **adatto** (appropriato e adatto). I giochi leggermente modificati o semplificati possono essere applicati anche a classi di livelli diversi.

Età	10	11	12	13	14	15	16	17	18	>19
Classe	4	5	6	7	8	9	10	11	12	FH
	PS	PS	PS	Sek I	Sek I	Sek I	Sek II	Sek II	Sek II	FH/HS

Ruolo dell'insegnante

I cubi permettono l'apprendimento tramite il gioco, o seguendo le istruzioni oppure con una breve presentazione da parte dell'insegnante. A seconda del gioco, l'insegnante può agire da guida.

In giochi come "Titolazione di un acido" o "Titolazione di una base", il gioco può essere accompagnato anche da un esperimento.

L'insegnante dovrebbe anche decidere in che modo gli studenti devono registrare i risultati, se in tabelle predefinite o su modelli per la valutazione. Nelle istruzioni di gioco troverete alcuni spunti e suggerimenti.

Se sono richiesti dei tavoli durante il gioco (come per costanti di acidità, potenziali di riduzione, prodotti di solubilità, solubilità dei sali, ecc.), dovrebbero essere disponibili.

Ruolo dello studente

Gioca con i dadi da solo, in piccoli gruppi o in classe, per imparare giocando. Registra i risultati e discutine. Per imparare le leggi e i principi teorici semplicemente giocando.

Si possono anche sviluppare strategie in piccoli gruppi per potersi confrontare con un altro gruppo durante una partita (modalità competizione).

ChemCube - Formule dei sali

4	5	6	7	8	9	10	11	12	HS
---	---	---	---	---	---	----	----	----	----

1.1 Sali, formule dei sali, nomenclatura degli ioni

Teoria

Sali e composti ionici Sono costituiti da cationi carichi positivamente (+, 2+, 3+, ...) e anioni carichi negativamente (-, 2-, 3-, ...). La tabella (vedi retro) elenca le formule degli ioni e i loro nomi corretti.

Il nome del sale è composto dal nome del catione (ad es. sodio, magnesio, ...) seguito dal nome dell'anione, che di solito porta un suffisso salino (-uro, -ito, -ato), come il **cloruro** (Cl⁻), **solfuro** (S²⁻), **solfito** (SO₃²⁻) o ione **solfato** (SO₄²⁻).

I sali solitamente non sono carichi, significa cioè che le cariche di cationi e anioni si annullano a vicenda. Il rapporto tra cationi e anioni è indicato nella formula, ma non nel nome del sale (1).

generale: **x** catione + **y** anione \longrightarrow Sale

Es.: **1** Mg²⁺ + **2** Cl⁻ \longrightarrow MgCl₂ (1)
 lone magnesio lone cloruro Cloruro di magnesio

Scegli un dado con i metalli (fila in alto) e ruotalo fino a trovare un catione, poi scegli un dado con i non metalli (fila in basso) e ruotalo fino a trovare un anione. Completa con il numero dei cationi (**x**) e degli anioni (**y**) in modo che le cariche degli ioni si annullino a vicenda. Inserisci prima il rapporto degli ioni in una tabella (1. nomenclatura ionica), da qui ricava la formula del sale (2.) e definisci il sale con il nome corretto (3.). Assicurati che il nome del sale sia unico (vedi retro).

1. Nomenclatura ionica		2. Formula del sale	3. Nome del sale
x Catione/i	y Anione/i		
1 Mg ²⁺	2 Cl ⁻	MgCl ₂	Cloruro di magnesio

Na ⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	Sn	Cu	Fe	Ca ²⁺	Zn	Ag ⁺
			N ³⁻	S ²⁻	O ²⁻	F ⁻	Cl ⁻	Br ⁻

ChemCube - Formule dei sali

1.1 Sali, formule dei sali, nomenclatura ionica (ff)

Tabella degli ioni semplici e composti (gli ioni **in grassetto** devono essere conosciuti)

Catione	Nome	Anione	Nome
Li⁺	Litio	F⁻	Fluoruro
Na⁺	Sodio	Cl⁻	Cloruro
K⁺	Potassio	Br⁻	Bromuro
Ag⁺	Argento	O²⁻	Ossido
Be²⁺	Berilio	S²⁻	Solfuro
Mg²⁺	Magnesio	N³⁻	Nitruro
Ca²⁺	Calcio	(NO₂)⁻	Nitrito
Fe²⁺, Fe³⁺	Ferro (II), Ferro (III)	(NO₃)⁻	Nitrato
Cu⁺, Cu²⁺	Rame (I), Rame (II)	(OH)⁻	Idrossido
Zn²⁺	Zink-	(CH₃COO)⁻	Acetato
Pb²⁺, Pb⁴⁺	Piombo (II), Piombo (IV)	(CO₃)²⁻	Carbonato
Al³⁺	Alluminio	(HCO₃)⁻	Idrogenocarbonato
Sn²⁺, Sn⁴⁺	Stagno(II), Stagno(IV)	(SO₃)²⁻	Solfito
Ti²⁺, Ti⁴⁺	Titanio(II), Titanio(IV)	(SO₄)²⁻	Solfato
Cr³⁺, Cr⁶⁺	Cromo(III), Cromo(VI)	(HSO₄)⁻	Idrogenosolfato
Ni²⁺, Ni³⁺	Nichel(II), Nichel(III)	(PO₄)³⁻	Fosfato
NH₄⁺	Ammonio	(HPO₄)²⁻	Idrogenofosfato
H₃O⁺	Lo ione ossonio non forma sali!	(H₂PO₄)⁻	Diidrogenofosfato

Gioco 2

Molti anioni sono ioni molecolari composti da diversi atomi non metallici.

Adesso tira anche gli anioni con i dadi della fila in basso.

Na ⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	Sn	Cu	Fe	Ca ²⁺	Zn	Ag ⁺
H ₂ CO ₃	H ₂ SO ₃	H ₂ SO ₄	H ₂ S	NH ₃	HNO ₂	HNO ₃	H ₃ PO ₄	H ₃ O ⁺

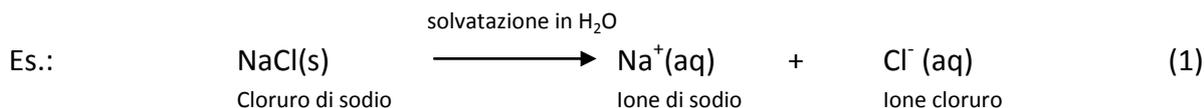
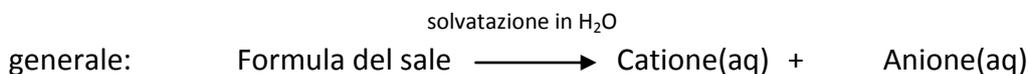
ChemCube - Solvatazione dei sali

4	5	6	7	8	9	10	11	12	HS
---	---	---	---	---	---	----	----	----	----

1.2 Solvatazione di sali altamente solubili

Teoria

Il processo di solvatazione dei sali, cioè i composti ionici, in acqua può essere rappresentato come segue.



I sali con buona solubilità spesso possono essere sciolti in acqua in grandi quantità. Per il sale comune, per esempio, la solubilità è di circa 358 g/L. Per ogni ione disciolto, ci sono ancora 4-5 particelle d'acqua che lo circondano. Quanto è buona la solubilità degli altri sali? Esistono sali più solubili del cloruro di sodio?

Gioco: Il sale più solubile vince (Variante A: [g/L], Variante B: [mol/L])

Gioco per 3/4 studenti, 1 iPad o tablet per la ricerca online

1. Il giocatore ... seleziona un catione da un dado dei metalli (prima fila) e un anione da un cubo della seconda o terza fila. Annotare la formula e il nome del sale. Il gruppo ricerca su Internet l'idrosolubilità del sale in [g/L] (e il peso molecolare M) e lo registra.
2. Il giocatore ... seleziona un **catione diverso** da un dado dei metalli (prima fila). Determinare la formula e il nome del sale, ricercare la solubilità. Il giocatore con il sale dalla migliore solubilità (1 o 2) vince e riceve un punto.
3. Il giocatore ... seleziona un **altro anione**. Determinare la formula e il nome del sale, ricercare la solubilità. Il giocatore con il sale dalla migliore solubilità (2 o 3) vince e riceve un punto.

Così via.

Quali strategie aiutano a vincere? Sfida un gruppo a duello!

Na [°]	Mg [°]	Al [°]	Sn [°]	Cu [°]	Fe [°]	Ca [°]	Zn [°]	Ag [°]
	°	°	N ₂ [°]	S [°]	O ₂ [°]	F ₂ [°]	Cl ₂ [°]	Br ₂ [°]
H ₂ CO ₃	H ₂ SO ₃	H ₂ SO ₄	H ₂ S	NH ₃	HNO ₂	HNO ₃	H ₃ PO ₄	H ₃ O ⁺

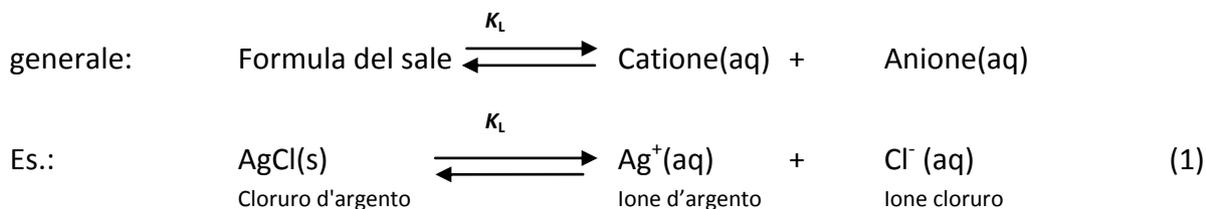
ChemCube - Solvatazione dei sali

4	5	6	7	8	9	10	11	12	HS
---	---	---	---	---	---	----	----	----	----

1.3 Solvatazione di sali scarsamente solubili

Teoria

I sali scarsamente solubili non si dissolvono completamente, ma spesso rimane un sedimento. Tra il sedimento e gli ioni disciolti, si crea così un equilibrio di solubilità (1) che è indicato da una doppia freccia (freccia di equilibrio).



La costante di solubilità può essere descritta matematicamente dal prodotto di solubilità K_L (2). Le concentrazioni degli ioni disciolti vengono moltiplicate tra di loro.

Calcolo:
$$K_L(\text{AgCl}) = c(\text{Ag}^+(\text{aq})) * c(\text{Cl}^-(\text{aq})) = 2 \cdot 10^{-10} \frac{\text{mol}^2}{\text{L}^2} \quad (2)$$

Il prodotto di solubilità è costante per un sale a una data temperatura. La tabella sul retro elenca i prodotti di solubilità (valori di K_L) per diversi sali poco solubili.

Gioco: Il sale meno solubile vince

Gioco per 3/4 studenti, 1 iPad o tablet per la ricerca online

1. Il giocatore ... sceglie un catione da un dado dei metalli della prima fila e un anione da un dado dei non metalli della seconda o terza fila. Annotare la formula e il nome del sale. Il gruppo ricerca su Internet l'idrosolubilità del sale e la registra.
2. Il giocatore ... seleziona un altro dado dei metalli e tira un altro catione. Determinare la formula e il nome del sale, ricercare la solubilità. Il giocatore con il sale dalla solubilità più bassa (1 o 2) vince e riceve un punto.
3. Il giocatore ... seleziona un altro dado dei non metalli e tira un nuovo anione. Determinare la formula e il nome del sale, ricercare la solubilità. Il giocatore con il sale dalla solubilità più bassa (2 o 3) vince e riceve un punto.

Così via.

Quali strategie aiutano a vincere? Sfida un gruppo a duello!

Na°	Mg°	Al°	Sn°	Cu°	Fe°	Ca°	Zn°	Ag°
	°	°	N ₂ °	S°	O ₂ °	F ₂ °	Cl ₂ °	Br ₂ °
H ₂ CO ₃	H ₂ SO ₃	H ₂ SO ₄	H ₂ S	NH ₃	HNO ₂	HNO ₃	H ₃ PO ₄	H ₃ O ⁺

Tabella: Prodotti di solubilità (valori pK_L) di diversi sali poco solubili.

Fonte: Formelsammlung di Urs Wuthier

	pK_L		pK_L
AgBr	12.1	FeC ₂ O ₄	6.7
AgBrO ₃	4.2	Fe(OH) ₂	13.8
Ag ₂ CO ₃	11.2	FeS	18.4
AgCl	9.8	Fe(OH) ₃	36.0
Ag ₂ CrO ₄	11.0		
Ag ₂ Cr ₂ O ₇	6.7	HgBr	20.9
AgI	15.8	HgCl	17.7
AgIO ₃	8.0	HgI	27.9
AgOH	7.8	HgS	52.4
Ag ₂ S	48.8		
AgSCN	11.9	MgCO ₃	4.6
		MgC ₂ O ₄	4.1
Al(OH) ₃	32.3	MgF ₂	8.2
		MgNH ₄ PO ₄	12.6
		Mg(OH) ₂	10.9
BaCO ₃	8.1		
BaC ₂ O ₄	6.8		
BaCrO ₄	9.7	Mn(OH) ₂	13.4
BaF ₂	5.8	MnS	14.9
Ba(IO ₃) ₂	9.2		
BaSO ₄	10.0	NiCO ₃	6.9
		Ni(OH) ₂	14.0
CaCO ₃	8.1	NiS	23.9
CaC ₂ O ₄	8.6		
CaF ₂	10.4	PbCO ₃	13.5
Ca(IO ₃) ₂	6.2	PbC ₂ O ₄	10.6
CaSO ₄	4.6	PbCrO ₄	13.8
		PbF ₂	7.5
		PbI ₂	7.9
CdC ₂ O ₄	7.8	Pb(IO ₃) ₂	12.6
Cd(OH) ₂	13.9	Pb(OH)	15.6
CdS	28.4	PbS	27.5
		PbSO ₄	8.0
CoS	25.5		
		SnS	28.0
CuBr	7.4		
CuI	11.3	SrCO ₃	8.8
Cu ₂ S	46.7	SrC ₂ O ₄	7.3
CuSCN	10.8	SrF ₂	8.6
CuC ₂ O ₄	7.5	SrSO ₄	6.4
Cu(IO ₃) ₂	6.9		
Cu(OH) ₂	19.8	ZnCO ₃	10.2
CuS	44.1	ZnC ₂ O ₄	8.9
		Zn(OH) ₂	13.7
		ZnS	22.9

Def: $pK_L = -\log K_L$ $K_L = 10^{-pK_L}$

La concentrazione equivalente all'equilibrio EEC per la solubilità dei sali scarsamente solubili:



$$K_L(\text{AgCl}) = c(\text{Ag}^+(\text{aq})) * c(\text{Cl}^-(\text{aq})) \\ = 2 \cdot 10^{-10} \frac{\text{mol}^2}{\text{L}^2}$$

Supponendo che:

$$c(\text{Ag}^+(\text{aq})) = c(\text{Cl}^-(\text{aq})) = \sqrt[2]{K_L} = \text{EEC}$$

EEC sta per:

Sali di 2 ioni (AgCl, CaSO₄, ...):

$$\text{EEC} = \sqrt[2]{K_L \frac{\text{mol}^2}{\text{L}^2}} = 10^{-\frac{pK_L}{2}} \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

Sali di 3 ioni (CaF₂, Fe(OH)₂, ...)

$$\text{EEC} = \sqrt[3]{K_L \frac{\text{mol}^3}{\text{L}^3}} = 10^{-\frac{pK_L}{3}} \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

Sali di 4 ioni (Al(OH)₃, Fe(OH)₃, ...)

$$\text{EEC} = \sqrt[4]{K_L \frac{\text{mol}^4}{\text{L}^4}} = 10^{-\frac{pK_L}{4}} \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

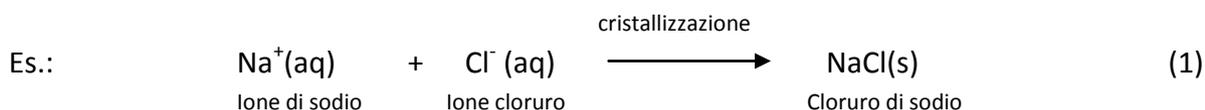
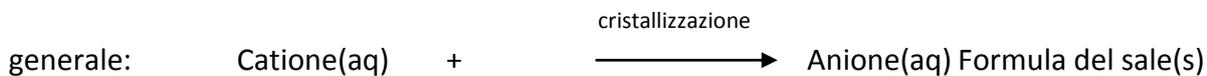
ChemCube - Cristallizzazione dei sali

4	5	6	7	8	9	10	11	12	HS
---	---	---	---	---	---	----	----	----	----

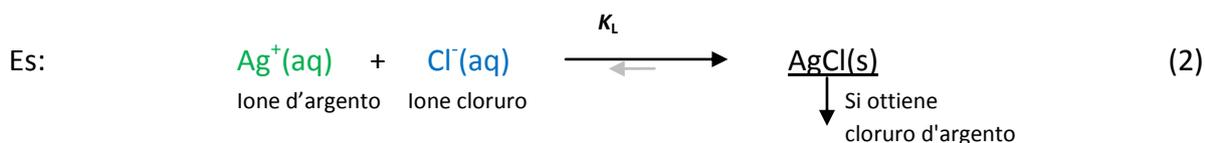
1.4 Cristallizzazione dei sali

Teoria

I sali possono essere cristallizzati per evaporazione, se l'acqua (o il solvente) evapora.



È possibile cristallizzare i sali anche in modo mirato **aggiungendo uno ione**, che forma con gli **altri ioni presenti** un sale scarsamente solubile (vedi tabella con valori di pK_L). Quindi, per esempio, è possibile cristallizzare o precipitare gli ioni cloruro $\text{Cl}^-(\text{aq})$ in una soluzione salina diluita (NaCl), aggiungendo **ioni d'argento $\text{Ag}^+(\text{aq})$** , che insieme agli ioni cloruro $\text{Cl}^-(\text{aq})$ formano un sale poco solubile. Questo sale può quindi essere sedimentato, filtrato e separato.



Gioco: Cristallizzazione dei sali - Trovare gli ioni (3 persone)

Giocatore 1 Seleziona un dado e **tira** uno **ione** che deve essere precipitato.

Giocatore 2 e 3* Cercano entrambi un dado con un **controione**, che formi un sale poco solubile con lo **ione** dato. (30 sec) Invertire i ruoli! 9 round.

*Variante: **Giocatore 2** solo con iPad o tablet / **Giocatore 3** solo con la tabella dei valori pK_L .

Risultato (ricerca con iPad o tablet **o** calcolo della **concentrazione equivalente all'equilibrio EEC** secondo le istruzioni accanto alla tabella con i prodotti di solubilità pK_L)

Punteggio: i giocatori 2 e 3 non trovano **nessun controione**. --> il **giocatore 1** guadagna 2 punti solo **un** giocatore (2 o 3) trova **un controione**. Quel giocatore guadagna 1 punto il giocatore con il **miglior controione**, cioè la migliore EEC rispetto alla solubilità, guadagna 2 punti

1 x ogni dado

Na°	Mg°	Al°	Sn°	Cu°	Fe°	Ca°	Zn°	Ag°
	°	°	N ₂ °	S°	O ₂ °	F ₂ °	Cl ₂ °	Br ₂ °
H ₂ CO ₃	H ₂ SO ₃	H ₂ SO ₄	H ₂ S	NH ₃	HNO ₂	HNO ₃	H ₃ PO ₄	H ₃ O ⁺

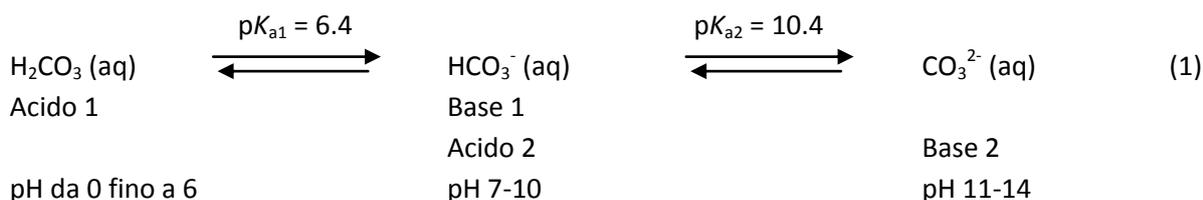
ChemCube - Acidi e basi



2.1 Quale specie è presente a quale valore di pH?

Preparazione:

Distribuisci i dadi basici e acidi su un tavolo da gioco al quale partecipano 3-6 persone. Per ciascun giocatore deve esserci almeno un dado. Ogni dado viene selezionato in modo che la forma acida completamente protonata si veda da sopra (H_2CO_3 , H_2SO_3 , H_2SO_4 , H_2S , NH_4^+ , HNO_2 , HNO_3 , H_3O^+ , ...). I valori pK_a (costante acida pK_s) per questa specie sono indicati di volta in volta sul lato di testa del dado. È possibile controllarli inclinando il dado in avanti se non li si conosce a memoria. Il dado può essere inclinato a sinistra, cosicché il lato destro supera il lato destro in alto. Quando sono presenti più specie, si può di volta in volta ruotare di nuovo:



Il dado dell'acido 1 viene poi ruotato sulla base 1 corrispondente, se il valore di pH è maggiore del valore di pK_{a1} dell'acido 1 corrispondente.

Si inizia con condizioni basiche, ad esempio a un valore di pH di 12, vale a dire si inizia alla base 2. Se si diminuisce il valore di pH della soluzione, si inclina allora il dado verso destra sull'acido 2 corrispondente, se il valore di pH è più basso del valore pK_{a2} dell'acido 2 corrispondente.

Gioco 1: Iniziamo con una soluzione acida con un valore di pH = 0.

pH = 0 Disponi sul tavolo tutti i dadi con la specie che si trova a pH = 0 verso l'alto.

Cosa si nota? In quale forma si trovano i diversi acidi a pH = 0?

pH = 1 Cosa succede se aumenti il valore di pH a pH = 1?

Aumenta il valore di pH gradualmente di volta in volta di 1.

pH = 7 In quale forma si trovano i diversi acidi e basi a pH = 7?

Aumenta il valore di pH gradualmente di volta in volta di 1.

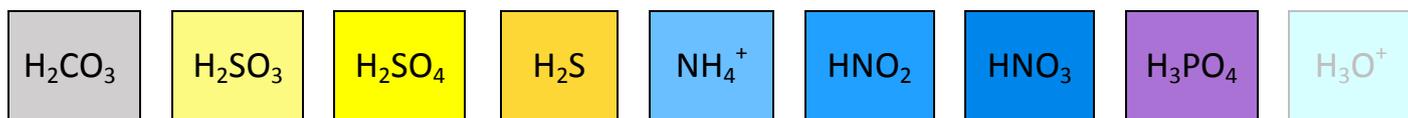
pH = 14 In quale forma si trovano i diversi acidi e basi a pH = 14?

Gioco 2: Iniziamo con una soluzione basica con un valore di pH di pH = 14.

pH = 14 Inizia con un valore di pH di 14 e riduci il valore di pH gradualmente.

pH = 0 ...

1 di ognuno x per ogni giocatore



ChemCube - Acidi e basi

4	5	6	7	8	9	10	11	12	HS
---	---	---	---	---	---	----	----	----	----

2.2 Relazione tra pH e valore di pK_a

Teoria

Il valore di pK_a (acidity constant: costante di acidità pK_s) sta per il valore di pH nel quale si trovano la forma acida **HB** e la forma basica **B⁻** ogni volta in rapporto 1:1 o 50%:50%. In questo valore pH si trovano anche 5 dei 10 dadi nella forma protonata (acido) e gli altri 5 dadi nella forma deprotonata (base).

Se il valore del pH si trova al di sotto del valore di pK_a , ad esempio con $pH = pK_a - 1$, allora il 10% della specie si trova nella forma basica deprotonata (B⁻) e il 90% nella forma acida protonata (HB). Vale a dire che quando questo valore di pH viene raggiunto, il primo dei 10 dadi viene ruotato.

Il valore di pH viene aumentato a $pH = pK_a + 1$, così il 90% della specie si trova nella forma basica deprotonata (B⁻) e il 10% nella forma acida protonata (HB).

	Acido (HB)	Base (B ⁻)
$pH = pK_a - 2$	99%	1%
$pH = pK_a - 1$	90%	10%
$pH = pK_a$	50%	50%
$pH = pK_a + 1$	10%	90%
$pH = pK_a + 2$	1%	99%

	H ₂ CO ₃ (aq)	HCO ₃ ⁻ (aq)
$pH = 4.4$	99%	1%
$pH = 5.4$	90%	10%
$pH = 6.4$	50%	50%
$pH = 7.4$	10%	90%
$pH = 8.4$	1%	99%

Preparazione:

Disponi davanti a te sul tavolo 10 dadi di un tipo, ad esempio di anidride carbonica (H₂CO₃(aq)).

Partita:

$pH = 0$ Disponi tutti i dadi sul tavolo in modo che la specie che si trova a $pH = 0$ si veda da sopra.

$pH = pK_{a1} - 1$ Aumenta lentamente il valore di pH finché non è raggiunto il primo valore pH, nel quale vale: $pH = pK_{a1} - 1$. Ora ruota il primo dado di questo acido (H₂CO₃(aq)) in modo che la base corrispondente (HCO₃⁻(aq)) lo superi (il dado a sinistra viene inclinato).

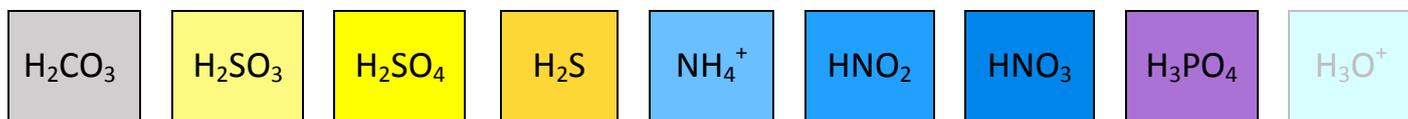
$pH = pK_{a1}$ Aumenta lentamente il pH a $pH = pK_{a1}$. Ruota altri 4 dadi in modo che solo la metà della specie protoni, vale a dire si trovi nella forma basica.

$pH = pK_{a1} + 1$ Ruota altri 4 dadi, cosicché il 90% della specie si trovi nella forma basica.

$pH = pK_{a1} + 2$ Ruota l'ultimo dado: ora il 99% della specie si trova nella forma basica.

Nel caso di un tempo morto del secondo $pH = pK_{a2} - 1$

- Ripeti il gioco con 10 dadi acidi di altro tipo: H₂SO₃, H₂SO₄, H₂S, NH₄⁺, HNO₂, HNO₃, H₃O⁺, ...
- Ripeti il gioco ogni volta con 10 dadi da 3 a 4 tipi.
- Ripeti il gioco come gruppo con quantità diverse di vari dadi acidi.



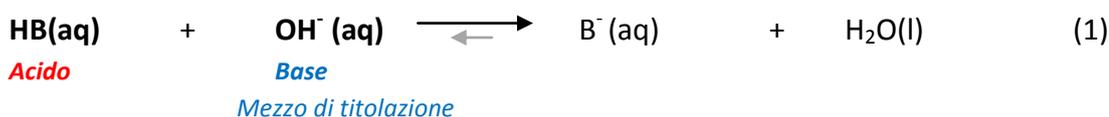
ChemCube - Acidi e basi



2.3 Titolazione di un acido con soda caustica

Teoria

In questa prima titolazione facciamo reagire un **acido** con una **base** forte, ad esempio con soda caustica (soluzione di idrossido di sodio) come **agente di titolazione**. L'acido **HB(aq)** reagisce con lo ione di idrossido **OH⁻(aq)** e viene deprotonato (1):



	pK _a Acido (HB)	Base (B ⁻)
pH = pK _a - 2	99%	1%
pH = pK _a - 1	90%	10%
pH = pK_a	50%	50%
pH = pK _a + 1	10%	90%
pH = pK _a + 2	1%	99%

	pK _a = 6.4 H ₂ CO ₃ (aq)	HCO ₃ ⁻ (aq)
pH = 4.4	99%	1%
pH = 5.4	90%	10%
pH = 6.4	50%	50%
pH = 7.4	10%	90%
pH = 8.4	1%	99%

Preparazione:

Disponi 10 dadi di un tipo, ad esempio anidride carbonica (H₂CO₃(aq)), davanti a te sul tavolo e prendi in mano 1 dado dell'acqua con lo ione idrossido OH⁻(aq) rivolto verso l'alto. Ecco qui:

pH = pK_{a1} - 2 Valore iniziale del pH per la titolazione: disponi 10 dadi sul tavolo in modo che la specie che si trova a pH = pK_{a1} - 2 sia visibile sul lato superiore.

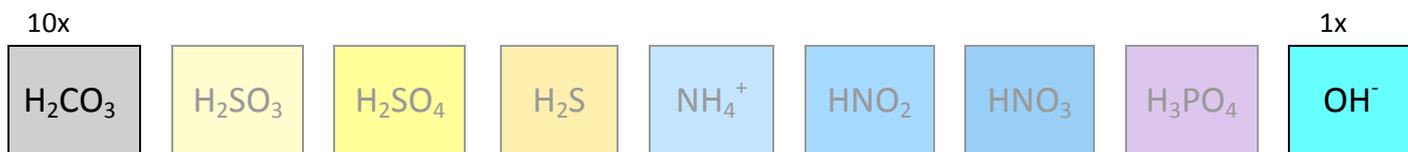
Inizio Inizia la titolazione nella quale fai reagire il dado OH⁻ in mano con il primo dado H₂CO₃. Entrambi i dadi vengono ruotati. Il valore pH aumenta: pH = pK_{a1} - 1

pH = pK_{a1} - 1 Prendi nuovamente il dado OH⁻ in mano e ripeti questa fase 4 volte. Solo la metà del dado è deprotonata, vale a dire: pH = pK_{a1}

pH = pK_{a1} Posiziona sulla mano ancora una volta il dado con OH⁻ e ripeti questa reazione per 4 volte. Ora il 90% dei dadi è deprotonato, vale a dire che pH = pK_{a1} + 1

pH = pK_{a1} + 1 Lasciando reagire l'ultimo dado, in modo che il 99% delle specie sia nella forma protonata, il pH viene raggiunto: pH = pK_{a1} + 2.

- Cosa succede quando titoli ulteriormente? Vale a dire, aggiungi ulteriori dadi OH⁻?
- Scegli 10 (o un numero inferiore) dadi di un altro acido e titola questi!
- Fai una previsione su quali acidi titolano bene e quali no.



ChemCube - Acidi e basi

4	5	6	7	8	9	10	11	12	HS
---	---	---	---	---	---	----	----	----	----

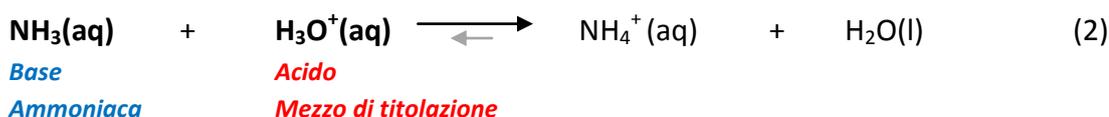
2.4 Titolazione di una base con un acido forte

Teoria

In questa prima titolazione, lasciamo reagire una **base** con un acido forte, ad es. con acido cloridrico ($c(\text{HCl}) = 1 \text{ mol/L}$; $\text{pH} = 0$). Poiché l'acido cloridrico è completamente deprotonato a $\text{pH} = 0$ ($\text{p}K_a = -6$), la specie attiva è lo ione H_3O^+ (1):



Nella titolazione con la base, lo ione H_3O^+ reagisce come segue:



	$\text{p}K_a$ Acido (HB)	Base (B ⁻)
$\text{pH} = \text{p}K_a + 2$	1%	99%
$\text{pH} = \text{p}K_a + 1$	10%	90%
$\text{pH} = \text{p}K_a$	50%	50%
$\text{pH} = \text{p}K_a - 1$	90%	10%
$\text{pH} = \text{p}K_a - 2$	99%	1%

	$\text{p}K_a = 9.2$ $\text{NH}_4^+(\text{aq})$	$\text{NH}_3(\text{aq})$
$\text{pH} = 11,2$	1%	99%
$\text{pH} = 10,2$	10%	90%
$\text{pH} = 9,2$	50%	50%
$\text{pH} = 8,2$	90%	10%
$\text{pH} = 7,2$	99%	1%

Preparazione:

Posizionare 10 dadi di un tipo, per es. l'ammoniaca ($\text{NH}_3(\text{aq})$), di fronte a voi sul tavolo e appoggiare sulla mano 1 dado dell'acqua con lo ione H_3O^+ .

$\text{pH} = \text{p}K_{a1} + 2$ Valore iniziale del pH per la titolazione: Posizionare i 10 cubi sul tavolo in modo tale che la specie mostri il $\text{pH} = \text{p}K_{a1} + 2$ dato, vale a dire che $\text{NH}_3(\text{aq})$ punta verso l'alto.

Inizio Inizia la titolazione lasciando che il dado con H_3O^+ sulla tua mano reagisca con il primo cubo di ammoniaca. Entrambi i dadi vengono ruotati rispettivamente. Il valore del pH viene aumentato a: $\text{pH} = \text{p}K_{a1} + 1$

$\text{pH} = \text{p}K_{a1} + 1$ Posiziona sulla mano ancora una volta il dado con H_3O^+ e ripeti questa reazione per 4 volte. Ora la metà dei dadi è protonata, vale a dire che $\text{pH} = \text{p}K_{a1}$.

$\text{pH} = \text{p}K_{a1}$ Posiziona sulla mano ancora una volta il dado con H_3O^+ e ripeti questa reazione per 4 volte. Ora il 90% dei dadi è protonato, vale a dire che $\text{pH} = \text{p}K_{a1} - 1$.

$\text{pH} = \text{p}K_{a1} - 1$ Lasciando reagire l'ultimo dado, in modo che il 99% delle specie sia nella forma protonata, il pH viene raggiunto: $\text{pH} = \text{p}K_{a1} - 2$.

Endpoint Aggiungendo un altro dado H_3O^+ , non si troverà un altro partner di reazione. Il pH si abbassa sensibilmente. È stato raggiunto il termine della titolazione.

				10x					1x
H_2CO_3	H_2SO_3	H_2SO_4	H_2S	NH_3	HNO_2	HNO_3	H_3PO_4	H_3O^+	

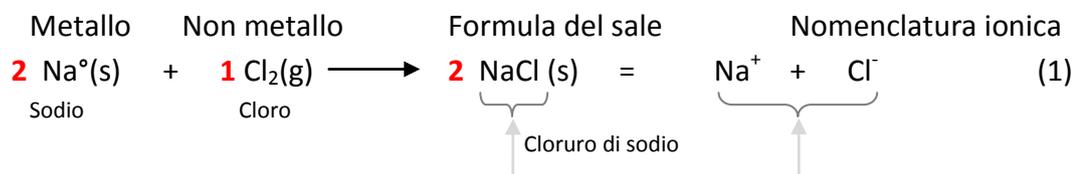
ChemCube - Redox



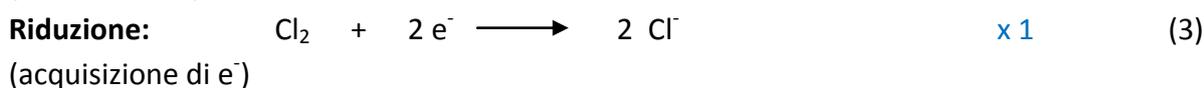
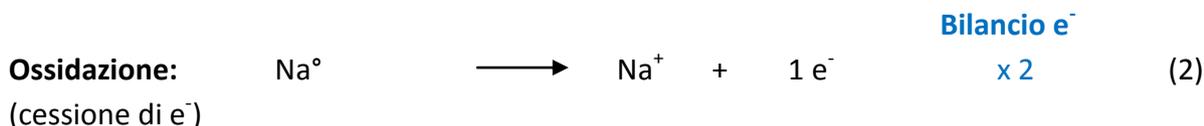
3.1 I metalli reagiscono con i non metalli per formare i sali

Teoria

Quando i metalli reagiscono con i non metalli, si formano i sali, vale a dire composti ionici.



Rappresentando la formula del sale con la nomenclatura ionica, si può notare che con la formazione di sali da sostanze elementari non caricate si formano degli ioni, vale a dire che gli elettroni si sono spostati. Questa viene chiamata una reazione redox, di ossidoriduzione. Il metallo in questo caso viene ossidato, perde cioè un elettrone. Il non metallo si riduce, cioè acquista un elettrone.



Preparazione:

Seleziona un **metallo** (5x) e un **non metallo** (5x). Posiziona i dadi con i metalli (5x) sul lato sinistro del tavolo e i dadi con i non metalli (5x) al centro. Crea un composto ionico, in modo che la somma delle cariche degli ioni si annulli. Scrivi la formula del sale e la nomenclatura ionica (1).

Annota anche l'equazione di reazione (1), la reazione parziale dell'ossidazione (2) e la riduzione (3), incluso il bilancio degli elettroni.

	Metallo + Non metallo	→	Formula del sale =	
	Nomenclatura ionica			
				Bilancio e⁻
Ossidazione:				
Riduzione:				

Na [°]	Mg [°]	Al [°]	Sn [°]	Cu [°]	Fe [°]	Ca [°]	Zn [°]	Ag [°]
°	°		N ₂ [°]	S [°]	O ₂ [°]	F ₂ [°]	Cl ₂ [°]	Br ₂ [°]

ChemCube - Redox

4	5	6	7	8	9	10	11	12	HS
---	---	---	---	---	---	----	----	----	----

3.2 Riconoscere le reazioni di ossidoriduzione - I numeri di ossidazione

Istruzioni

Il cambio di colore del font ruotando un dado indica che in quel passaggio è in corso una reazione chimica.

Esistono anche delle specie presenti su due diversi dadi. Prova a creare gruppi di dadi che hanno qualcosa in comune l'uno con l'altro.

Seleziona un gruppo e prova a spiegare la reazione chimica che si verifica quando i caratteri cambiano colore ruotando il dado.

Compiti:

- Formula una reazione chimica.
- Si tratta di una reazione redox? Utilizza il numero di ossidazione.
- Se sì, annota la reazione parziale dell'ossidazione e la riduzione. Se no, motiva la tua risposta.

Risultati

Reazione chimica:

Lewis:

Bilancio e⁻

Ossidazione: →

(cessione di e⁻)

Riduzione: →

(acquisizione di e⁻)

Tutti i dadi 1x

Na°	Mg°	Al°	Sn°	Cu°	Fe°	Ca°	Zn°	Ag°
	°	°	N ₂ °	S°	O ₂ °	F ₂ °	Cl ₂ °	Br ₂ °
H ₂ CO ₃	H ₂ SO ₃	H ₂ SO ₄	H ₂ S	NH ₃	HNO ₂	HNO ₃	H ₃ PO ₄	H ₃ O ⁺

ChemCube - Il potenziale di riduzione standard E°

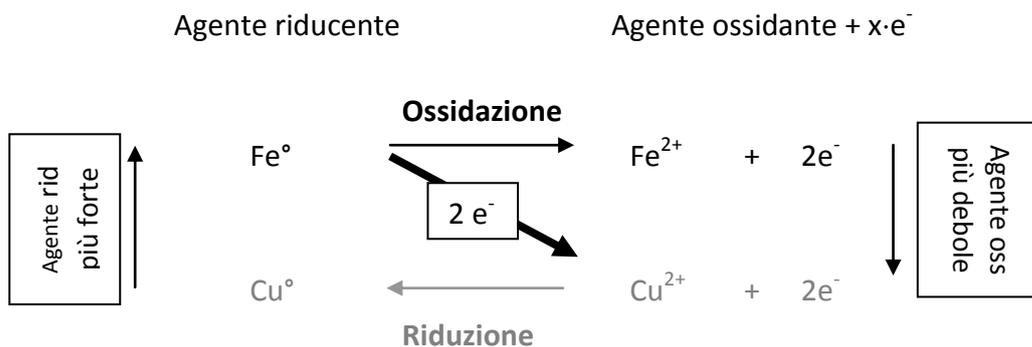
4	5	6	7	8	9	10	11	12	HS
---	---	---	---	---	---	----	----	----	----

3.3 Reazioni di ossidoriduzione che avvengono realmente ed E°

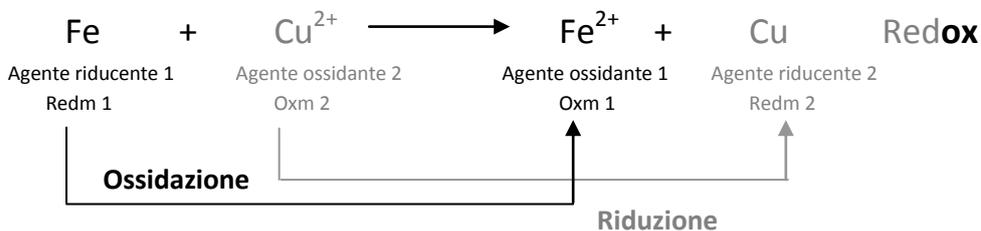
Teoria

Nella serie redox, i corrispondenti agenti riducenti e ossidanti ("coppie redox") sono disposti in una tabella in modo tale che gli agenti riducenti più forti siano in alto a sinistra, mentre gli ossidanti più forti in basso a destra.

L'**agente riducente Redm1**, che è più forte in condizioni standard, reagisce con l'**ossidante più forte Oxm 2**. Questa reazione redox avviene autonomamente.



Reazione redox:



Compiti:

- Utilizza la serie redox per formulare equazioni di reazione per reazioni redox che dovrebbero verificarsi autonomamente (ipotesi).
- Annota la reazione parziale dell'ossidazione e la riduzione.
- Verifica l'una o l'altra ipotesi dopo averne discusso con l'insegnante.

Tutti i dadi 1x

Na°	Mg°	Al°	Sn°	Cu°	Fe°	Ca°	Zn°	Ag°
	°	°	N ₂ °	S°	O ₂ °	F ₂ °	Cl ₂ °	Br ₂ °
H ₂ CO ₃	H ₂ SO ₃	H ₂ SO ₄	H ₂ S	NH ₃	HNO ₂	HNO ₃	H ₃ PO ₄	H ₃ O ⁺

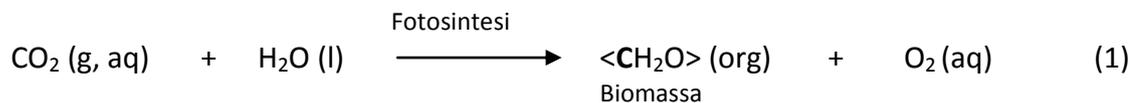
ChemCube - Inquinanti atmosferici e piogge acide

4	5	6	7	8	9	10	11	12	H5
---	---	---	---	---	---	----	----	----	----

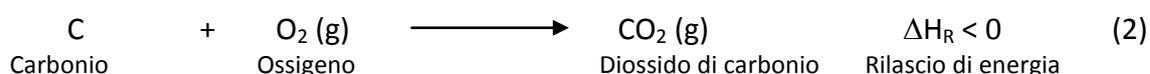
4.1 Carbonio - Diossido di carbonio - Acido carbonico - Carbonati

Teoria

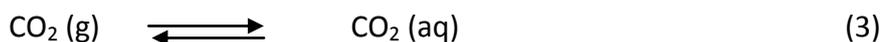
Durante la fotosintesi delle piante o delle alghe, il biossido di carbonio viene convertito in biomassa $\langle\text{CH}_2\text{O}\rangle$ o, brevemente, in Carbonio organico totale **C(org)** (1):



La combustione o la respirazione di carbonio (per esempio, come carbonio C(s) o carbonio organico C(org)) con l'ossigeno producono **anidride carbonica**. $p_i(\text{CO}_2(\text{g})) = 400 \text{ ppm}$



L'anidride carbonica gassosa $\text{CO}_2(\text{g})$ si dissolve nell'acqua (acqua piovana, fiumi, laghi, oceani) e crea un equilibrio con l'anidride carbonica $\text{CO}_2(\text{aq})$ disciolta nell'acqua:



L'anidride carbonica $\text{CO}_2(\text{aq})$ disciolta nell'acqua reagisce con l'acqua formando acido carbonico $\text{H}_2\text{CO}_3(\text{aq})$.



A seconda del valore del pH, l'acido carbonico reagisce per formare idrogenocarbonato o carbonati:



Molti organismi acquatici, come coralli, lumache e molluschi ma anche microrganismi, possono incorporare carbonato di calcio nei loro gusci. Quando questi animali muoiono, i gusci si depositano come sedimenti:



Studia questa reazione giocando con i dati dell'anidride carbonica. Tutte le reazioni formulate come equilibrio con la doppia freccia sono reversibili.

Compiti: Collega tra di loro le reazioni (3) - (6).

Domande:

- Cosa significa tutto questo per l'effetto serra?
- L'idrosolubilità del biossido di carbonio diminuisce all'aumentare della temperatura dell'acqua. Cosa significa tutto questo per la concentrazione di anidride carbonica nell'atmosfera?

10x							2x	
H_2CO_3	H_2SO_3	H_2SO_4	H_2S	NH_4^+	HNO_2	HNO_3	Ca^{2+}	H_3O^+

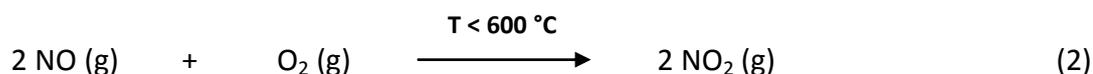
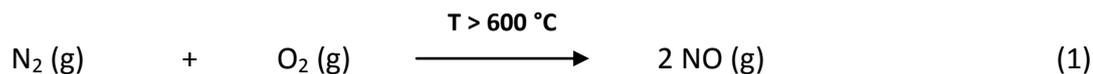
ChemCube - Inquinanti atmosferici e piogge acide

4	5	6	7	8	9	10	11	12	HS
---	---	---	---	---	---	----	----	----	----

4.3 Azoto - Ossido di azoto - Acido nitroso - Acido nitrico

Teoria

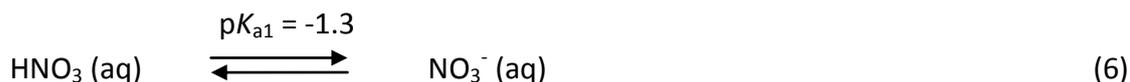
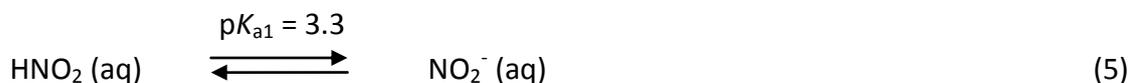
In molte reazioni di combustione dominano alte temperature. A temperature superiori ai 600 °C l'azoto N_2 nell'aria può reagire con l'ossigeno generando ossido di azoto NO_x . Inoltre si formano monossido di azoto NO e biossido di azoto NO_2 .



L'ossido di azoto reagisce con acqua per formare acido nitroso e acido nitrico:



A ogni valore di pH questi reagiscono con nitrito (5) o nitrato (6):



Gioca con questa reazione con i dadi corrispondenti. Tutte le reazioni formulate come equilibrio con la doppia freccia sono reversibili.

H_2CO_3	H_2SO_3	H_2SO_4	H_2S	NH_4^+	HNO_2	HNO_3	Ca^{2+}	H_3O^+
-----------	-----------	-----------	--------	----------	---------	---------	-----------	----------

ChemCube - Azoto nell'ambiente



4.4 Sintesi dell'ammoniaca, nitrificazione e denitrificazione

Teoria

Fissazione dell'ossigeno

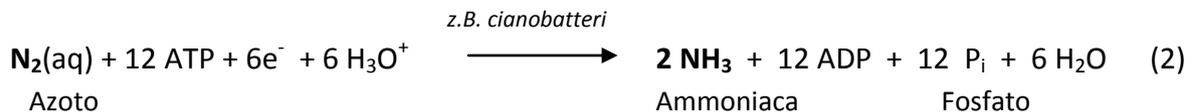
a) Il processo Haber-Bosch

Industrialmente, attraverso il processo Haber-Bosch, l'azoto N_2 dell'aria viene sintetizzato con l'idrogeno H_2 in ammoniaca NH_3 (1).



b) Fissazione biologica dell'ossigeno

Alcuni cianobatteri e Rhizobium che vivono in simbiosi con le radici di alcune piante (leguminose) sono in grado di fissare l'azoto dell'aria (2):

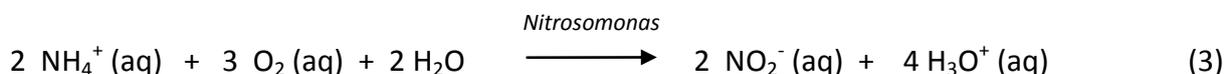


Nitrificazione

La nitrificazione dell'ammonio in nitrato si verifica attraverso due passaggi parziali che possono essere realizzati da diversi batteri: 1. gli ossidanti dell'ammonio (batteri *Nitrosomonas*) e 2. gli ossidanti del nitrito (batteri *Nitrobacter*). Entrambi sono batteri autotrofi.

1. Ossidanti dell'ammonio (es. batteri *Nitrosomonas*)

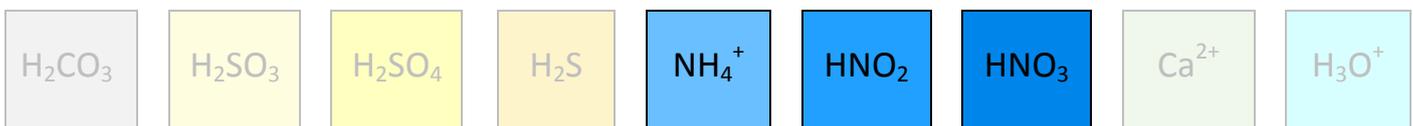
I batteri *Nitrosomonas* ossidano l'ammonio in nitrito:



Annota la reazione parziale dell'ossidazione e la riduzione:

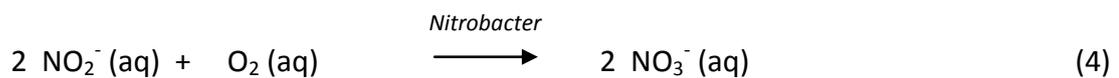
Ossidazione:

Riduzione:



2. Ossidanti del nitrito (es. batteri *Nitrobacter*)

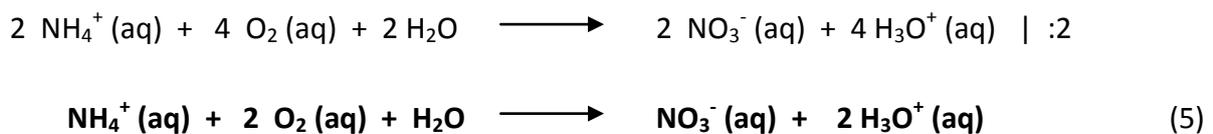
I batteri *Nitrobacter* ossidano il nitrito in nitrato:



Ossidazione:

Riduzione:

Il bilancio completo della nitrificazione è:

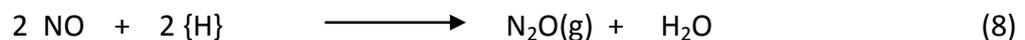


Durante la nitrificazione, l'ammonio viene trasformato in nitrato con consumo di ossigeno. Il pH della soluzione diminuisce. La nitrificazione funziona solo per valori del pH compresi tra 7,2 e 8. Se il pH scende al di sotto di questo livello, la nitrificazione viene interrotta. In mare, il carbonato disciolto (carbonato di idrogeno) aiuta a tamponare gli ioni H_3O^+ liberati.

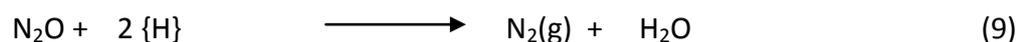
Compiti: Domanda: scrivi questa equazione di reazione:

Denitrificazione

Al contrario della nitrificazione, la denitrificazione è un processo anaerobico, cioè si verifica senza il coinvolgimento di ossigeno. Il nitrato viene ridotto attraverso diversi passaggi in azoto elementare. Di seguito, diamo un'occhiata più da vicino alle singole fasi di reazione. La **{H}** indica i donatori di H che possono fornire **atomi di H** (per esempio, NADH):



Monossido di azoto Gas esilarante
Ossido di diazoto

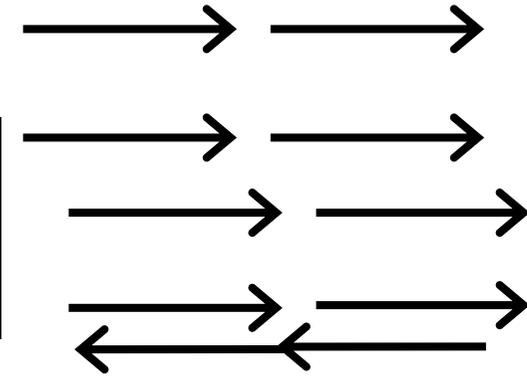


Gioca con questa reazione con i dadi corrispondenti. Pensa al ruolo del pH.

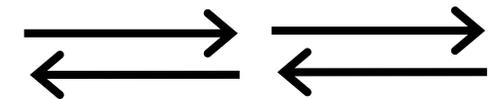
H ₂ CO ₃	H ₂ SO ₃	H ₂ SO ₄	H ₂ S	NH ₄ ⁺	HNO ₂	HNO ₃	Ca ²⁺	H ₃ O ⁺
--------------------------------	--------------------------------	--------------------------------	------------------	------------------------------	------------------	------------------	------------------	-------------------------------

Scala del pH

La soluzione è...	...molto acida					...acida					...neutra			...basica			...molto basica		
Valori di pH	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14				
Valori di pOH	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0				
$c(\text{H}_3\text{O}^+) \text{ mol/L}$	$1=10^0$	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}	10^{-10}	10^{-11}	10^{-12}	10^{-13}	10^{-14}				
$c(\text{OH}^-) \text{ mol/L}$	10^{-14}	10^{-13}	10^{-12}	10^{-11}	10^{-10}	10^{-9}	10^{-8}	10^{-7}	10^{-6}	10^{-5}	10^{-4}	10^{-3}	10^{-2}	10^{-1}	$1=10^0$				



1 1 1 2 2 2 3 3 3
4 4 4 5 5 5 6 7 8
9 10 11 12 13 14



Scala del pH	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Il pH è...															

