

## ATTIVITÀ DIDATTICA LA STRUTTURA CHIMICA DELL'ACQUA POLARITÀ ELETTROLISI

### **Obiettivi e finalità**

Gli elementi chimici si combinano insieme per generare composti diversi, perché? Esistono delle regole da rispettare e quali sono?

Attraverso semplici esperimenti si studiano le caratteristiche degli elementi che formano l'acqua, si costruisce la struttura molecolare dell'acqua e se ne studiano le proprietà. Il fine è quello di comprendere come le proprietà del composto "acqua" influenzano il suo comportamento. Al termine dell'attività è prodotta dagli studenti la carta d'identità dell'acqua.

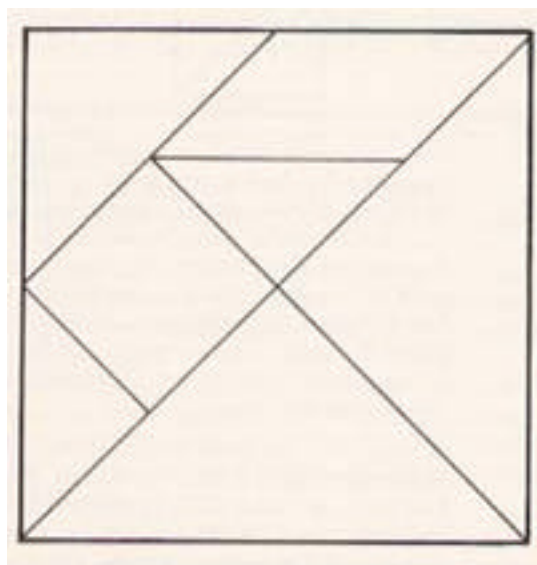
### **Propedeuticità**

Aver già lavorato sulla struttura dell'atomo e sui legami chimici.

### **Materiali a disposizione**

Forbici, cartoncini Bristol, acqua distillata, carbonato di sodio, due provette, un recipiente largo in cui possono entrare le due provette capovolte (anche delle tazze potrebbero bastare), filo elettrico isolato, una batteria di circa 4,5 volt (o da 6 volt), un cucchiaio, foglio di carta oleata, contagocce, 5 burette, becher, stuzzicadenti, bacchetta di vetro o ebanite (in alternativa penna bic), panno di lana, acqua, acetone, esano, etere di petrolio, toluene.

### **Fasi dell'attività**

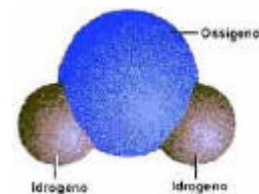


1. L'attività inizia con la discussione della struttura della materia, molto interessante è giocare per pochi minuti con il Tamgram, antico gioco cinese: *tanti ma sono solo in sette*, con il quale con soli sette pezzi si possono realizzare migliaia di forme del mondo che ci circonda.

Durante questa piccola fase (circa dieci minuti) occorre che siano trasmessi i seguenti concetti:

- La forma di ogni singolo pezzo non può essere modificata, è fissa, ma dalla diversa disposizione e dalla diversa combinazione di pezzi si possono ottenere forme diverse.
- La combinazione dei pezzi segue delle regole precise in rapporto alla propria forma e a quella di realizzazione (esempio: se ho a disposizione due triangoli isosceli, per formare un quadrato, devo sistemarli in un modo preciso; di contro, quale forma devono possedere due triangoli perché la loro unione formi un quadrato?)

Anche la natura usa i suoi pezzi, appena un centinaio, per realizzare tutto l'universo: si tratta di particelle piccolissime, gli atomi. Nello specifico il lavoro che sviluppiamo in questa scheda riguarda solo due elementi, l'idrogeno e l'ossigeno, e la loro combinazione nella costruzione della molecola d'acqua.



La molecola di acqua è formata da due atomi di idrogeno ed uno di ossigeno. La disposizione nello spazio degli atomi in oggetto segue delle regole, determinate dalla struttura atomica degli elementi, in particolare dalla loro configurazione elettronica. Per studiare la struttura molecolare dell'acqua gli studenti utilizzano un'applicazione multimediale (in fase di elaborazione). Al termine si definiscono le proprietà degli elementi e delle molecole che determinano la formazione di specifici composti. Dopo aver definito le caratteristiche della struttura molecolare dell'acqua si passa all'analisi di alcuni comportamenti chimici di questo composto.

2. Elettrolisi dell'acqua. L'acqua può essere scomposta in idrogeno e ossigeno attraverso l'elettrolisi.

Proviamo a separare l'ossigeno e l'idrogeno dall'acqua con un piccolo esperimento (Fig.1). Grazie all'energia fornita da una pila, si può scomporre l'acqua nei suoi elementi chimici: idrogeno e ossigeno. Procedimento: tagliare due pezzi di filo elettrico spelati. Preparare nel recipiente grande una soluzione con acqua distillata con 400 g di acqua e 20 g di carbonato di sodio. Riempi le provette di vetro con la soluzione. Inserisci le provette capovolte nel recipiente grande inserendo in esse i fili di rame. Collega le estremità dei fili alla batteria. Se i collegamenti sono corretti si sviluppano nelle provette delle bollicine, cosa sono? Dopo circa 20 minuti si forma una certa quantità di gas in entrambe le provette. Estrarre dalle provette i fili di rame, tappa con le dita l'estremità di una provetta e toglierla dal contenitore grande, accendere un fiammifero e avvicinarlo al collo della provetta, si verificherà un piccolo scoppio che ci annuncia la presenza di idrogeno. Seguire lo stesso procedimento per l'altra provetta inserendo all'interno un fiammifero appena spento, si osserverà che la combustione del legno del fiammifero continua, ciò mi dice che nella provetta si è sviluppato ossigeno. Infatti l'idrogeno è un ottimo combustibile, mentre l'ossigeno è un comburente, cioè favorisce la combustione.

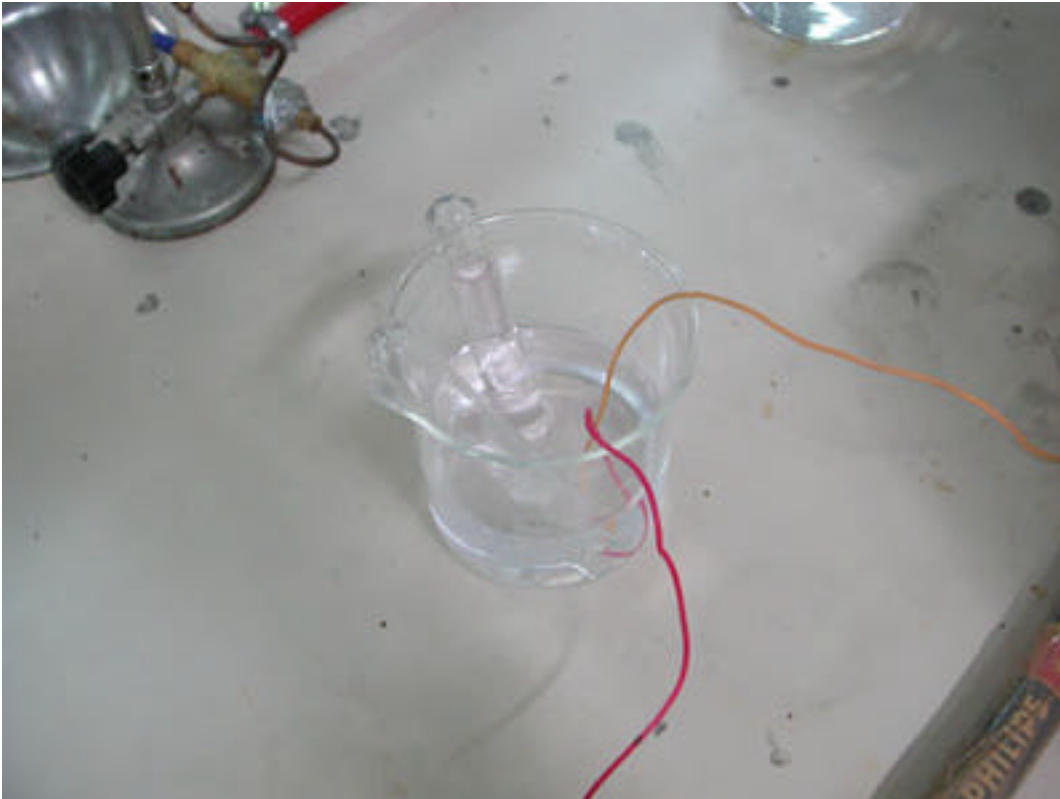


Fig.1

Una delle più note reazioni dell'ossigeno è la combustione, essa è stata, infatti, il primo processo chimico utilizzato dagli esseri umani. Sin dalla preistoria l'uomo ha bruciato combustibili per scaldarsi, cucinare, e produrre materiali come metalli e vasi di argilla.

La combustione è una reazione che avviene tra il combustibile, sostanza o miscela di sostanze riducenti, e l'ossigeno elementare, detto comburente, dando luogo a prodotti semplici come acqua e biossido di carbonio e liberando grandi quantità di energia.

Combustibile + ossigeno => biossido di carbonio + acqua + calore

La combustione è una reazione spontanea ma un combustibile come un cerino a contatto con l'ossigeno presente nell'aria non brucia. E' necessario fornire una certa quantità di energia (per superare la barriera dell'energia di attivazione della reazione) perché la reazione abbia inizio. Abbiamo così costruito il cosiddetto "triangolo del fuoco"



ovvero i tre fattori indispensabili affinché si abbia la reazione di combustione.

E possiamo appunto sfruttare il triangolo del fuoco per verificare che il gas raccolto nella provetta è proprio ossigeno.

Introducendo un cerino appena spento ma ancora ardente nella provetta è possibile notare un ravvivarsi della combustione. Abbiamo, infatti, prima sottratto ossigeno alla combustione spegnendo il cerino ma fornendoglielo subito dopo introducendolo nella provetta.

Se si dispone dell'apparecchio di Hofmann (Fig.2, Fig.3), (utilizzando per elettrolita una soluzione di acido solforico al 5%, o di solfato di sodio al 5%, o di idrossido di sodio al 5% e con un generatore c.c. 6/12 volts) si può produrre ossigeno e idrogeno per l'elettrolisi dell'acqua. Se l'elettrolita è la soluzione di acido solforico, durante l'esperienza si forma ossigeno all'anodo, con la reazione anodica:  $6\text{H}_2\text{O} = \text{O}_2 + 4\text{H}_3\text{O}^+ + 4\text{e}^-$  e idrogeno al catodo con la reazione catodica:  $2\text{H}_3\text{O}^+ + 2\text{e}^- = 2\text{H}_2\text{O} + \text{H}_2$ .

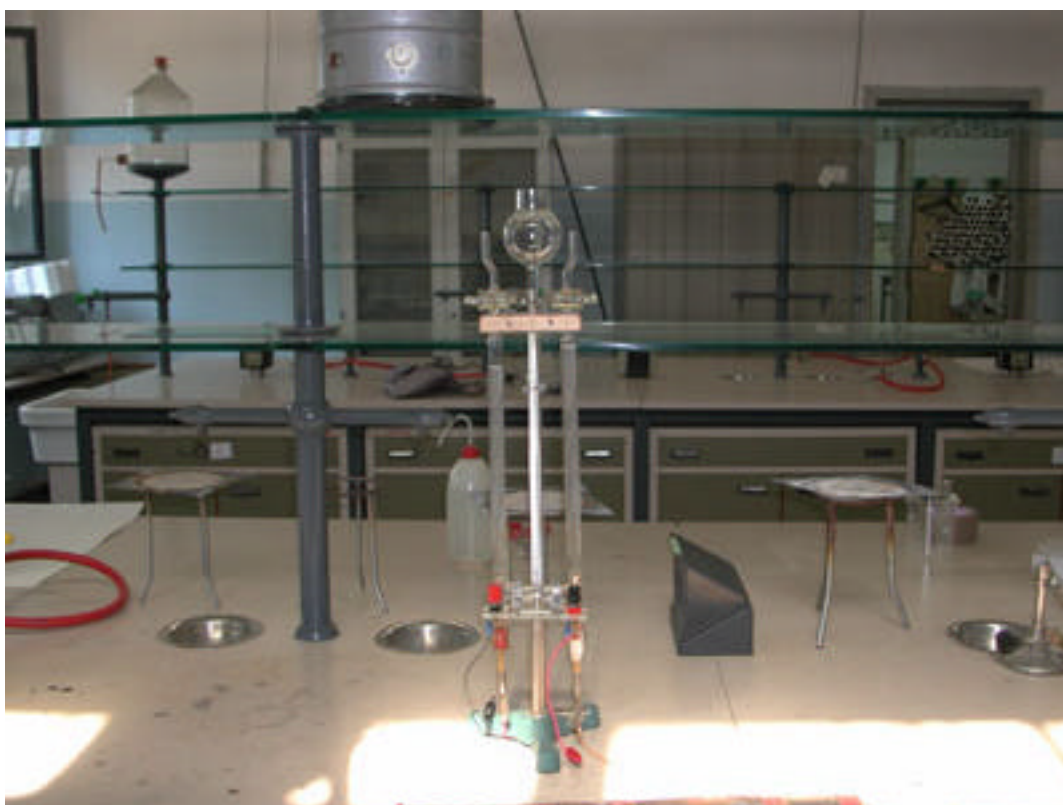


Fig.2 Laboratorio di chimica dell'Istituto Righi di Napoli - Apparecchio di Hofmann

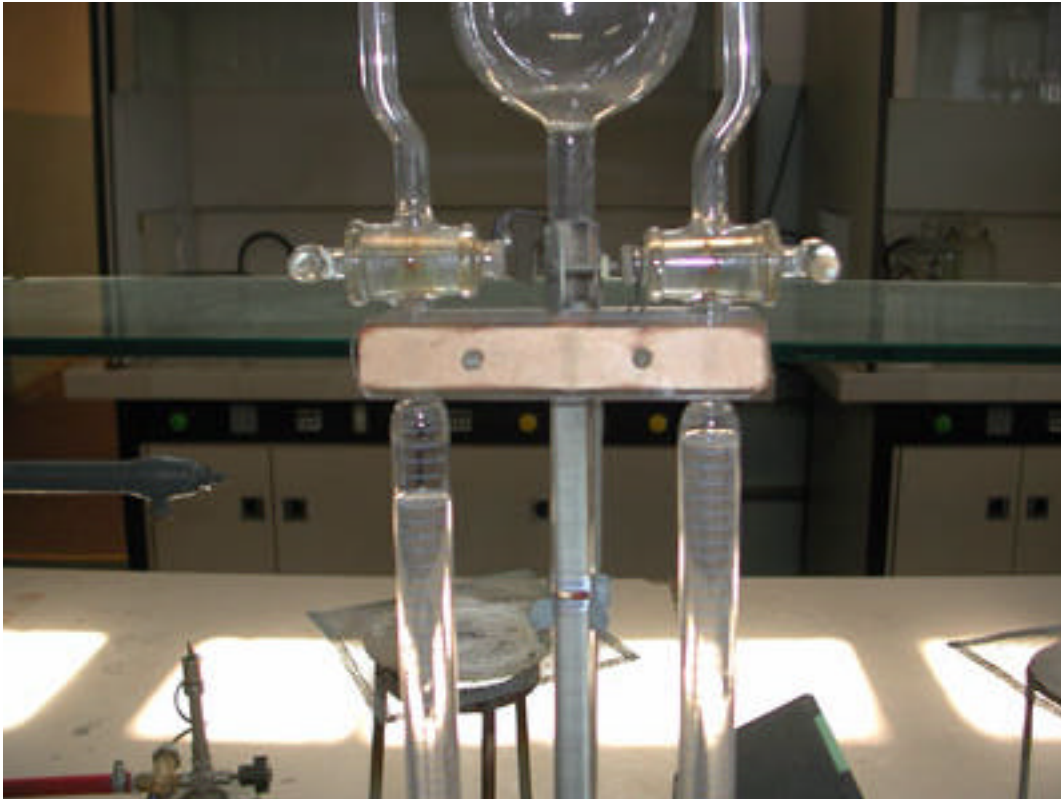
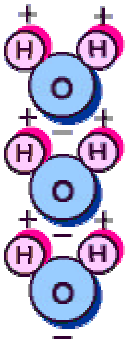


Fig.3 Particolare dell'apparecchio di Hofmann, dettaglio della Fig.2, dove è possibile osservare che, nei limiti dell'errore, il volume di idrogeno prodotto (colonna di sinistra) è il doppio del volume di ossigeno (colonna di destra)

Successivamente proviamo a variare (aumentando o diminuendo) la corrente, osserviamo che l'intensità con cui le bolle di gas si sviluppano dagli elettrodi, rispettivamente, aumenta o diminuisce. Osserviamo anche che: le bolle di gas che si sviluppano in corrispondenza dei due elettrodi non sono di uguale grandezza; il volume di gas che si raccoglie all'estremità superiore dei due elettrodi non è uguale, ma l'uno è all'incirca il doppio dell'altro. Osservando la reazione globale di elettrolisi dell'acqua ( $2\text{H}_2\text{O} = 2\text{H}_2 + \text{O}_2$ ), si vede che per ogni molecola di ossigeno che si forma, se ne formano due di idrogeno; pertanto, si può ipotizzare che il gas che si raccoglie con volume maggiore sia idrogeno e l'altro ossigeno (Fig.3).

3. Continuiamo la nostra attività con lo studio della polarità dell'acqua. L'acqua è un liquido polare, dimostriamo l'esistenza di forze di attrazione e repulsione tra le molecole di acqua. Verificheremo ciò con semplici esperimenti. Per l'attrazione distendere su un foglio di carta oleata sul tavolo e con un contagocce disporvi sopra 3 4 gocce di acqua separate tra loro; inumidire lo stuzzicadenti e avvicinare la sua punta a una delle gocce senza toccarla; ripetere il procedimento con altre gocce. Risultato la goccia si sposta verso lo stuzzicadenti ciò è dovuto al fatto che ogni molecola di acqua ha un polo positivo e uno negativo. La parte positiva di una molecola attrae la parte negativa di un'altra molecola e viceversa. Questa forza è sufficientemente intensa da far muovere la goccia verso l'acqua che bagna lo stuzzicadenti.



Possiamo provare la polarità dell'acqua facendo svolgere agli studenti un altro piccolo esperimento. Strofinare la bacchetta di vetro e quella di ebanite con il panno di lana. Nel primo caso, vengono allontanati gli elettroni, per cui la bacchetta si carica positivamente. Nel secondo caso, la lana cede elettroni e carica la bacchetta di ebanite negativamente. Prendiamo in esame diversi liquidi e li poniamo nelle burette. Da ciascuna buretta facciamo scendere lentamente il liquido, raccogliendolo in un becher, avviciniamo la bacchetta di vetro strofinata, osserviamo che se la sostanza in esame è polare sarà attratta dalla bacchetta se è apolare non subirà alcuna influenza. L'esperienza può essere svolta anche vicino ad un rubinetto, dal quale far scorrere un filo sottile d'acqua.

Concludendo la maggior parte delle proprietà dell'acqua dipendono dalla struttura della molecola e dal legame a idrogeno. A causa del legame a idrogeno le soluzioni acquose mostrano una elevata "coesione intermolecolare". Anche se un singolo legame a idrogeno ha una forza relativamente bassa, pari a circa il 5% di quella del legame intramolecolare che unisce i due atomi di idrogeno all'atomo di ossigeno nella molecola d'acqua, il gran numero di legami che possono instaurarsi tra le molecole d'acqua conferisce alle soluzioni acquose una notevole coesione interna. Ad esempio, l'alto grado di coesione interna dell'acqua viene utilizzato dalle piante per trasportare i nutrienti disciolti dalle radici alle foglie.

Le interazioni deboli causate da legami di idrogeno sono fondamentali per i processi biologici, dato che possono facilmente formarsi e rompersi continuamente in condizioni fisiologiche. La dinamica della vita richiede cambiamenti rapidi delle interazioni intra- o intermolecolari che non possono aver luogo se le interazioni in gioco comportano forze di legame troppo elevate.

Un'altra importante proprietà dovuta alle interazioni intermolecolari è che nel caso dell'acqua sono necessarie cospicue quantità di calore sia per variarne la temperatura che per modificarne lo stato di aggregazione (solido, liquido o gassoso). Questo comporta che le fluttuazioni termiche all'interno delle cellule siano minime, anche se la temperatura dell'ambiente fluttua o se viene prodotto calore come sottoprodotto del metabolismo, e questo dal punto di vista biologico è di importanza dato che le reazioni biochimiche avvengono in un ristretto intervallo di temperatura.

Un'altra importantissima caratteristica dell'acqua è costituita dalle sue eccezionali proprietà di solvente, cruciali per i processi biologici che richiedono la solubilizzazione di un'ampia varietà di ioni e di molecole grandi e piccole. Tutte le molecole in grado di formare legami idrogeno saranno solubili e vengono definite "idrofile", mentre le molecole che non hanno tale capacità saranno generalmente insolubili e vengono definite "idrofobe". L'acqua è un eccellente solvente anche per i sali.

Tale capacità dipende dalle proprietà isolanti dell'acqua che impediscono la riassociazione tra le particelle cariche positivamente e negativamente (cationi e anioni) che costituiscono i sali.

Gli equilibri in soluzione acquosa sono particolarmente importanti in molti sistemi chimici e in tutti i sistemi biologici e geologici. E' essenziale perciò conoscere alcune caratteristiche dell'acqua,

fondamentali per la comprensione di buona parte dei processi che riguardano l'uomo e l'ambiente in cui vive.

Al termine dell'attività gli studenti realizzano la carta d'identità dell'acqua descrivendo tutte le sue caratteristiche chimiche osservate.

Non ci sarà un modello prestampato perché si vuole che gli studenti lavorino di fantasia e individuano le caratteristiche dell'acqua, tra tutte quelle che hanno analizzato, durante lo svolgimento dell'attività, importanti da ricordare per correlarle a fenomeni chimici che si determinano in natura.