

GUIDA AI LABORATORI



CONOSCERE L'ACQUA

Modulo 1

Anno scolastico 2019/20

CONOSCERE L'ACQUA

Modulo 1

Schede didattiche

Le attività e gli approfondimenti presentati in queste schede si basano sull'esperienza maturata dal Museo nell'ambito della sua attività educativa e vogliono essere uno strumento a disposizione degli insegnanti per fornire spunti e riflessioni da sviluppare in classe per approfondire le tematiche affrontate.

TEMI TRATTATI:

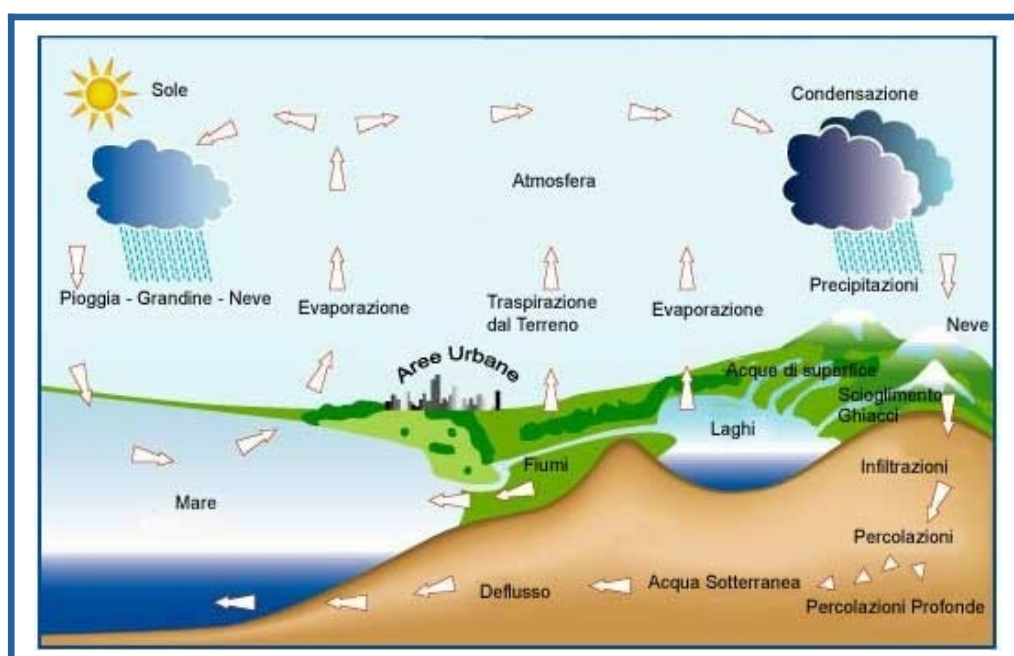
- Composizione dell'acqua
- Stati dell'acqua
- Concetto di mole
- Acqua come fonte di energia
- Uso dell'acqua nell'antica Bologna
- Evaporazione
- Tensione superficiale

ACQUA: UNA SOSTANZA SPECIALE

La sostanza di gran lunga più diffusa nella biosfera è quel composto familiare, ma insolito, chiamato acqua.

La distribuzione dell'**acqua in natura** fa sì che essa sia una componente essenziale di tutto ciò che ci circonda. Presente più spesso allo **stato liquido** (acqua del mare, del fiume, acqua potabile, del rubinetto), è familiare anche allo **stato solido** (ghiaccio, neve) e allo **stato di vapore** (vapore acqueo nell'atmosfera che origina le nubi e la nebbia).

I tre stati d'aggregazione (solido, liquido, gassoso) sono strettamente legati nel noto **ciclo dell'acqua nella biosfera**.



L'acqua è una **sostanza con caratteristiche speciali** e, certamente, il suo insolito comportamento ha reso possibile l'affermarsi della **vita sul pianeta** così come la conosciamo.

Una prima spiegazione del ruolo unico che l'acqua svolge sulla Terra avviene attraverso una conoscenza più precisa delle proprietà di questa sostanza e soprattutto dall'indagine della sua natura.



Esperienza 1

La composizione dell'acqua

L'esperienza dimostra che la sostanza acqua è formata da due elementi e consente di ricavarne la formula chimica.

Il procedimento seguito è quello di far passare corrente continua nell'acqua, cioè eseguire una **elettrolisi** con elettrodi inerti (platino).

Strumenti di lavoro:

- Voltmetro di Hoffman
- Sostegno e pinza
- 2 pile da 4,5 v (o alimentatore 13 v 1000 mA)
- 2 provette
- Accendino
- Fuscello sottile

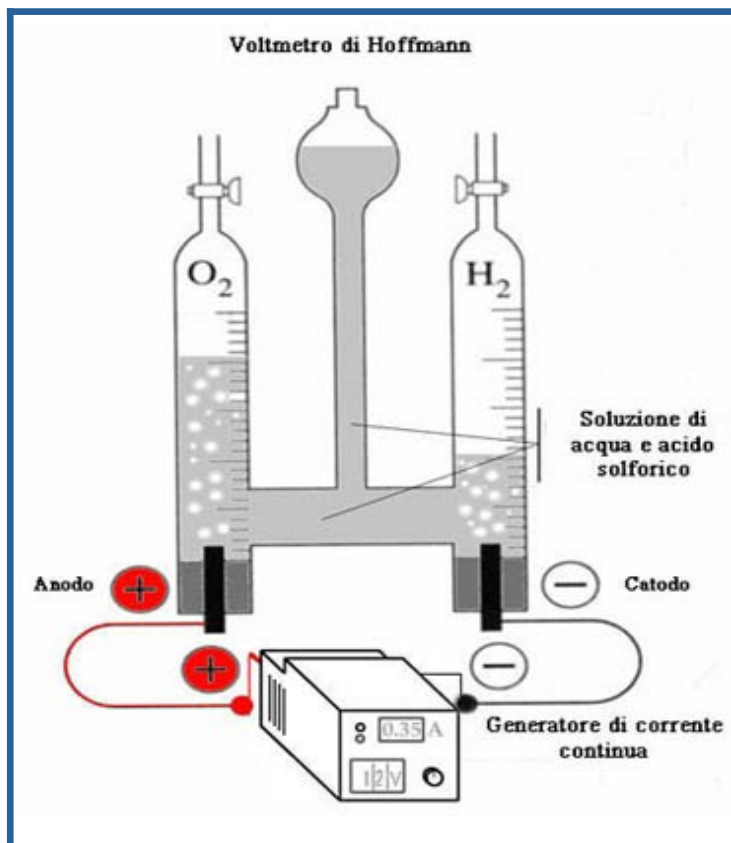
Sostanze e materiali usati:

- Soluzione di acido solforico (H_2SO_4) 2 M
- Tampone imbevuto di cobalto cloruro (CoCl_2)

PROCEDIMENTO

Parte 1

- Riempire il voltmetro di Hoffman con la soluzione diluita di H_2SO_4 facendo attenzione a riempire completamente i tubi graduati.
- Collegare gli elettrodi di platino alla sorgente di corrente continua di 9 volt (due pile da 4,5 v in serie o alimentatore).
- Condurre la prova fino a che uno dei due gas non avrà riempito quasi completamente il tubo graduato.
- Leggere i volumi raccolti ad intervalli regolari di tempo oppure leggere solo i volumi finali.



Osservazioni qualitative:

Al passaggio di corrente si osservano bollicine di gas formarsi sugli elettrodi. Le bollicine si uniscono e il gas (meno denso) si raccoglie sul liquido. L'aspetto dei due tubi appare leggermente diverso: bolle più piccole o diversa quantità di gas? Il fenomeno continua fino a che non si stacca l'alimentatore.

Il volume di gas raccolto è proporzionale al tempo trascorso. I volumi di gas nei due tubi stanno in rapporto 1 a 2. Più precisamente, al catodo il volume del gas è doppio di quello raccolto all'anodo.

*Il fenomeno osservato è detto **ELETTROLISI**.*



L'elettrolisi è un procedimento che trasforma l'energia elettrica in energia chimica

Parte 2

- Far defluire il gas raccolto al polo negativo in provetta asciutta, tappare con un dito e avvicinarne l'imboccatura alla fiamma di un accendino. Liberare il gas.

Osservazione:

Il gas brucia producendo fiamma e un debole scoppio. Sulle pareti interne della provetta si notano gocce di liquido incolore.

- Passare un tampone imbevuto in cobalto cloruro (CoCl_2) sulle pareti interne della provetta.
- Passare un secondo tampone su una goccia d'acqua.

Osservazione:

Entrambi i tamponi da blu diventano rosa. L'appannamento è costituito da acqua.

Commento:

*Il gas raccolto ha tutte le caratteristiche dell'**IDROGENO**. È un buon combustibile e forma acqua come prodotto della combustione.*

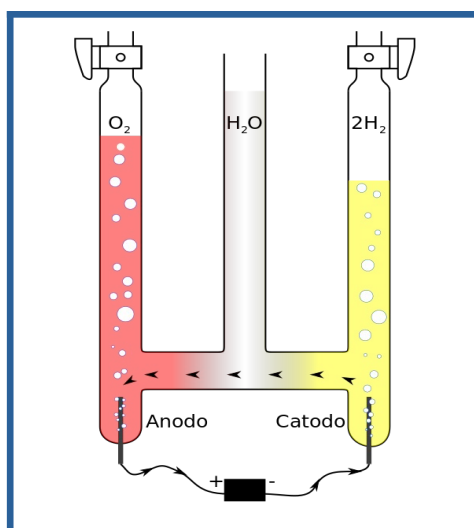
- Far defluire il gas raccolto al polo positivo in provetta asciutta, tappare con un dito.
- Preparare un fuscillo con brace viva ed introdurlo nella provetta.

Osservazione:

La brace si ravviva e il fuscillo si riaccende.

Commento:

*Il gas alimenta la combustione, è un comburente. Questa è una caratteristica dell'**OSSIGENO**.*



L'elettrolisi ha scisso la molecola dell'acqua in due elementi: idrogeno (H) e ossigeno (O). Nella molecola sono presenti due parti di idrogeno e una parte di ossigeno. L'acqua non è un elemento ma un COMPOSTO la cui formula è H_2O .



NOTA STORICA



Pierre-Joseph Macquer

Nell'antichità l'acqua fu considerata un elemento fondamentale della natura. I primi studi sulla sua composizione risalgono a **Pierre-Joseph Macquer** nel 1776. Egli nota gocce di rugiada ottenute per combustione dell'idrogeno.

Joseph Priestley nel 1781 nota umidità nella combustione di ossigeno con idrogeno.

Adriaan Paets Van Troostwijk e **Jan Rudolph Deiman** nel 1789 ottengono bolle di gas facendo passare corrente elettrica nell'acqua.

Henri Cavendish ripete gli esperimenti di Priestley e compie osservazioni quantitative.

Una piena comprensione della composizione dell'acqua è dovuta ad **Antoine-Laurent de Lavoisier** attraverso esperienze consistenti nel far passare vapor d'acqua su ferro riscaldato al rosso e ottenendo idrogeno.

La conferma si ebbe nel 1800 da **William Nicholson** e **Johann Wilhelm Ritter** attraverso elettrolisi dell'acqua.

Humphry Davy attraverso elettrolisi trova che i gas, idrogeno ed ossigeno, stanno tra loro nel rapporto 2 volumi:1 volume.



Antoine-Laurent de Lavoisier



Esperienza 2

Modelli molecolari

Il modello molecolare si propone di rappresentare, ingrandito, l'infinitamente piccolo ma anche di proporlo in forme familiari alla percezione dei nostri sensi. Il modello della molecola dell'acqua, nei suoi stati di aggregazione, contribuisce ad una migliore comprensione dei fenomeni naturali.

Strumenti di lavoro:

- Modello della molecola d'acqua.
- Modello del ghiaccio.
- Modello dello stato gassoso

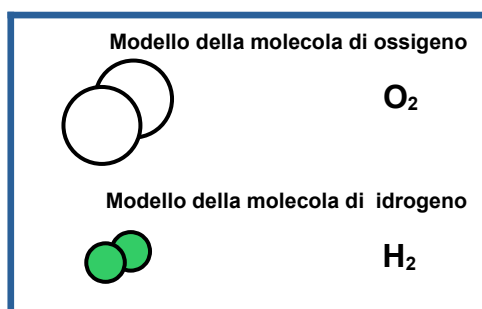
La precedente esperienza ha dimostrato che l'acqua è una sostanza composta da 2 elementi: ossigeno e idrogeno.

Oggi sappiamo che esistono 92 elementi naturali, costituiti da particelle piccolissime e "indivisibili" detti **atomi**. Gli atomi di un elemento sono tutti uguali e differiscono, nella struttura interna, dagli atomi degli altri elementi.

L'atomo si rappresenta solitamente con una sfera di volume diverso per i diversi tipi di atomi. Nel nostro modello:

- la pallina bianca rappresenterà l'atomo di ossigeno (simbolo O).
- la pallina verde rappresenterà l'atomo di idrogeno (simbolo H).

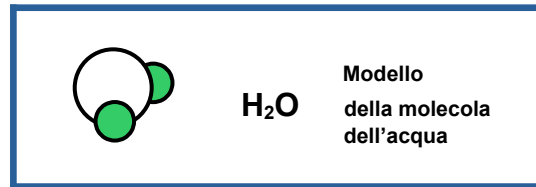
Il modello è circa 360 milioni di volte più grande della realtà.



Allo stato elementare e alle condizioni normali di temperatura e pressione, ossigeno e idrogeno sono gas. L'esperienza (Avogadro) mostra che, in tale condizione, le particelle costitutive sono molecole formate da due atomi uguali. Le formule chimiche sono O_2 e H_2 .

La molecola d'acqua

Quando l'idrogeno si combina con l'ossigeno (è necessario un innesco: una fiamma, nel nostro caso) forma acqua. Il modello della molecola dell'acqua contiene un atomo di ossigeno e due atomi di idrogeno (esperienza di elettrolisi). Il modello è indicato in figura. La formula chimica sarà H_2O .



L'acqua allo stato liquido

Un bicchiere contenente molti modelli di molecole d'acqua libere di muoversi, scivolando le une sulle altre, costituisce una buona rappresentazione dell'acqua liquida. Lo stato liquido ha **una massa e un volume proprio**, ma **assume la forma del recipiente** che lo contiene. Uno dei maggiori limiti del nostro modello è di essere statico. Le molecole di un liquido sono nella realtà in continuo movimento, tanto più evidente quanto più alta è la sua temperatura.

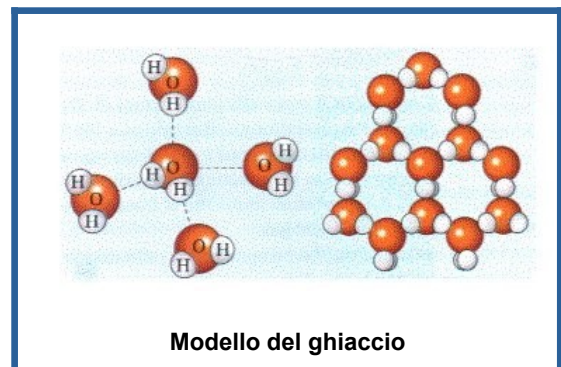
La temperatura è un indice dell'energia cinetica media delle molecole.

L'acqua allo stato solido (ghiaccio)

Se sottraiamo energia all'acqua liquida (raffreddamento) le molecole rallentano il loro movimento sino a che, alla temperatura di $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, le forze attrattive non prevalgono e le molecole si bloccano in una struttura solida (passaggio di stato fisico detto **solidificazione**).

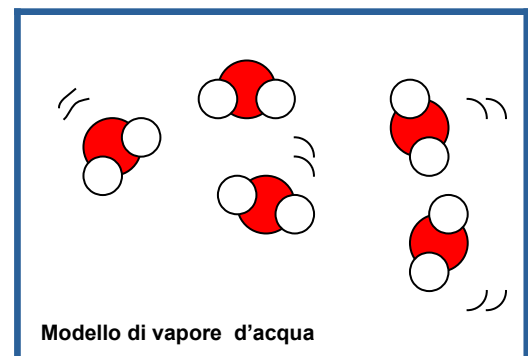
La struttura formatasi ha **massa, volume e forma propria**.

Anche nel solido esistono deboli movimenti, vibrazione degli atomi. Un aspetto fondamentale che mostrano tutti i solidi (solidi cristallini), e ben evidente nel nostro modello, è che le molecole non si sono bloccate a caso, ma secondo una struttura ben definita (reticolo esagonale in questo caso). La struttura presenta evidenti spazi vuoti, canali esagonali, che conferiscono al ghiaccio una **densità minore** dell'acqua. L'esperienza dimostra infatti come il ghiaccio galleggi sul liquido.



L'acqua allo stato gassoso

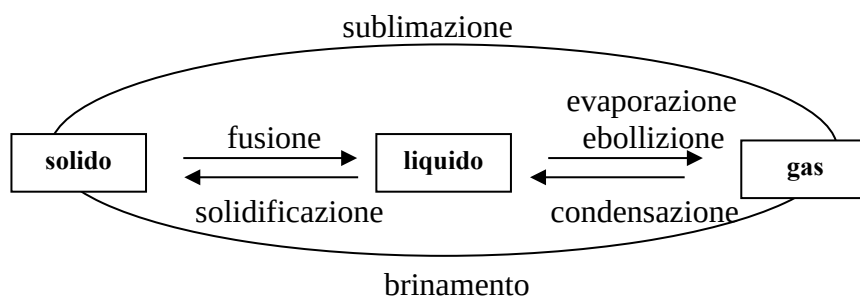
Quando forniamo energia all'acqua allo stato liquido (riscaldamento) le molecole si muovono sempre più velocemente. Le molecole possiedono energia cinetica diversa: alcune ne acquisiscono tanta da poter abbandonare il liquido. Il fenomeno è detto **evaporazione** e avviene a tutte le temperature. Proseguendo nel riscaldamento si raggiunge la temperatura di $100\text{ }^{\circ}\text{C}$; per l'acqua a pressione normale, ora tutte le molecole hanno energia



sufficiente per abbandonare il liquido e passare allo stato di vapore. Il fenomeno si dice **ebollizione**. L'evaporazione interessa solo la superficie del liquido, l'ebollizione tutta la massa.

Il vapore ha massa ma **non ha forma e volume proprio**.

Con una diminuzione di temperatura i fenomeni descritti si invertono.



La mole

La molecola d'acqua è così piccola che in una goccia ne sono presenti un numero enorme: $1,66 \cdot 10^{21}$ (1 seguito da 21 zeri).

In molti fenomeni è utile individuare il numero di molecole coinvolte. Quando si ha a che fare con particelle così piccole, e quindi con un numero elevatissimo (mondo degli atomi), è utile contarle a "pacchetti", un po' come si fa con la dozzina per le uova.

Il Sistema Internazionale di unità di misura (SI) definisce tra le unità fondamentali la grandezza **quantità di sostanza** (simbolo n) con unità di misura la **mole** (simbolo mol).

La mole indica un numero di particelle pari a $6,02 \cdot 10^{23}$; le particelle devono essere tutte eguali e possono essere molecole o atomi o elettroni o altre particelle.

Questo numero è noto come **numero di Avogadro**.



Una mole d'acqua pesa 18 grammi e occupa:

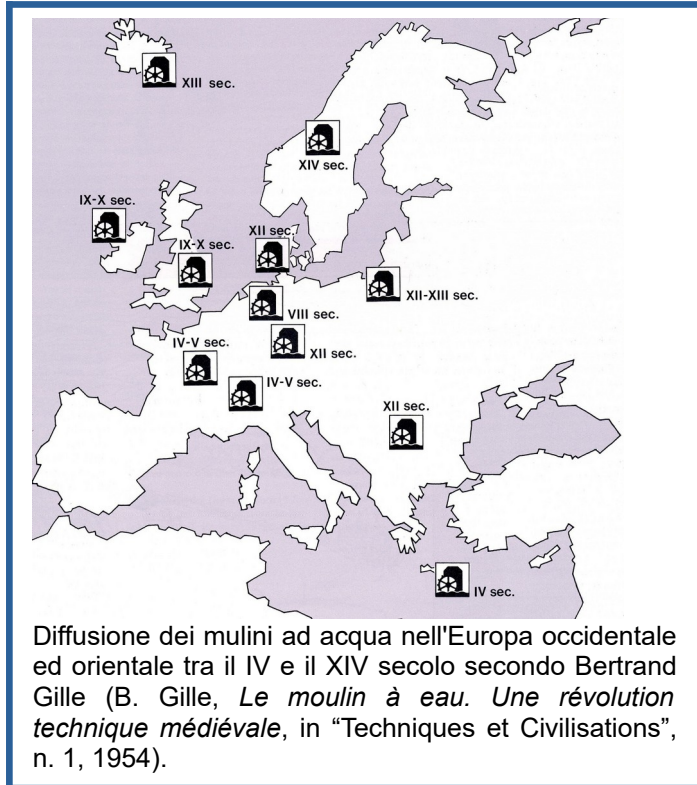
- 18 cm^3 se *liquida* alla temperatura di $4 \text{ }^\circ\text{C}$ e pressione 1013 hPa (1 atmosfera)
- $19,6 \text{ cm}^3$ se *solida* alla temperatura di $0 \text{ }^\circ\text{C}$ e pressione 1013 hPa (1 atmosfera)
- $22,4$ litri se *vapore* alla temperatura di $100 \text{ }^\circ\text{C}$ e pressione 1013 hPa (1 atmosfera)



LA PRODUZIONE DI ENERGIA

L'energia idraulica fu utilizzata per la prima volta nella movimentazione delle macine per la frantumazione dei cereali, dopo che per secoli tale operazione era stata compiuta sfruttando la forza muscolare di animali o uomini.

Tra i primi documenti scritti che testimoniano l'esistenza del **mulino ad acqua** nel bacino del Mediterraneo, risalenti al I secolo a.C., vi sono il trattato *De Architettura* di Vitruvio (25 a.C.) e gli scritti del contemporaneo poeta greco Antipatro di Tessalonica, che in un suo epigramma dell'*Antologia Greca* descrive il funzionamento di un mulino a ruota verticale.



Verso la fine dell'Impero Romano d'Occidente, IV-V secolo d.C., il mulino ad acqua si diffonde largamente in Italia e in Gallia; in età Carolingia, VIII-X secolo d.C., si diffonde in Inghilterra e Germania, e solo dal XII secolo è presente in tutta Europa. L'acqua e il legno sono alla base della tecnologia di questo periodo storico.

Con l'avvento della **macchina a vapore** il binomio vincente diviene carbone e acciaio. L'acqua non rappresenta più la sorgente di energia, ma il mezzo (fluido operativo) attraverso cui si realizza la trasformazione dell'energia chimica del combustibile in energia meccanica utilizzabile.

Cosa resta oggi? Anche oggi acqua e vapore sono usati nella produzione di energia. Le macchine che sfruttano l'energia cinetica dell'acqua e l'energia del vapore sono le **turbine**, presenti rispettivamente nelle centrali idroelettriche e in quelle termoelettriche o geotermiche.



L'USO DELL'ACQUA NELL'ANTICA BOLOGNA



Modello di mulino da seta alla bolognese
Museo del Patrimonio Industriale

Pur essendo lontana da grandi corsi d'acqua e dal mare, Bologna ha avuto per diversi secoli nell'acqua una preziosa risorsa per il proprio sviluppo economico-industriale.

Questo si deve alla realizzazione, a partire dalla fine del XII secolo, di un complesso **sistema idraulico artificiale** che ha consentito di convogliare in città le acque provenienti dal torrente Savena e dal fiume Reno.

Oltre al Canale di Reno e al Canale di Savena, una fitta rete di condutture sotterranee dette "chiaviche" ha permesso di distribuire capillar-

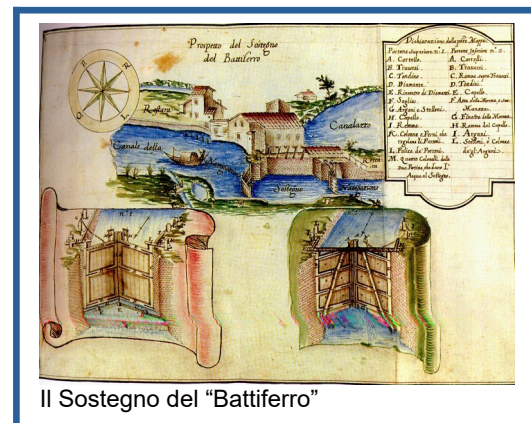
mente l'acqua in città per gli utilizzi più vari: irrigare gli orti, lavare i panni, abbeverare gli animali, ma soprattutto come **fonte di energia** per movimentare diversi macchinari (mulini da grano, gualchiere, magli per battere il ferro, pile per i cereali, ecc.).

Tra questi spicca, per l'alta tecnologia raggiunta, il **mulino da seta alla bolognese** (di cui in museo è presente un modello funzionante in scala 1:2). Questa macchina sfruttava l'energia dell'acqua per realizzare la torcitura del filo di seta da cui poi si ricavava il velo, prodotto che renderà Bologna famosa in tutta Europa per quasi quattro secoli (dal XV al XVIII secolo).

Oltre ad essere un'importante fonte di energia l'acqua era anche per Bologna una preziosa **via di comunicazione**. Di fatti l'acqua dei canali che scorreva in città veniva raccolta, al di fuori dalle mura, in un canale detto Navile, proprio perché navigabile, l'unico di cui Bologna poteva disporre.

Il Navile, lungo 36 km, collegava Bologna a Malalbergo. Da qui era possibile, attraverso le cosiddette "Valli", raggiungere Ferrara e, seguendo un tratto del Po e altri canali interni, arrivare fino a Venezia, importantissimo porto da cui merci e passeggeri potevano raggiungere qualsiasi destinazione.

L'unico ostacolo alla navigazione era costituito dalla pendenza del terreno, soprattutto nel tratto tra Bologna e Corticella, per cui le imbarcazioni, allora prive di motore, non avrebbero potuto risalire la corrente fino a Bologna. Per superare questo problema furono realizzate 10 conche di navigazione, denominate "sostegni", lungo tutto il corso del Canale.



Il Sostegno del "Battiferro"



Approfondimenti in classe

1. L'evaporazione

Strumenti di lavoro:

- 2 capsule Petri del diametro di 100 mm (oppure due contenitori trasparenti di uguali dimensioni)

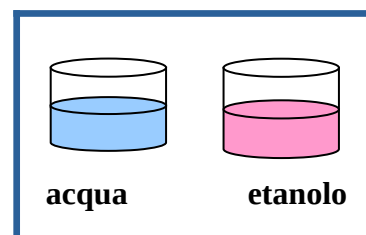
Sostanze e materiali usati:

- Acqua
- Etanolo (alcol etilico denaturato)

PROCEDIMENTO

Parte 1

- Prendere due capsule Petri piccole, nella prima versare 10 cm³ d'acqua e nell'altra la stessa quantità di alcol.
- Contrassegnare il livello con un pennarello.
- Aspettare qualche giorno.

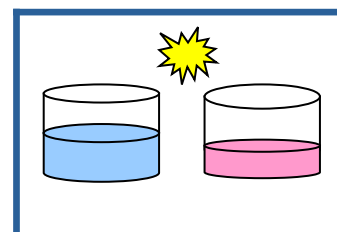


Osservazioni:

Dopo qualche giorno si osserva che il livello dei due liquidi si è abbassato e, inoltre, che si è abbassato maggiormente il livello dell'alcol. Cosa è accaduto? Nell'intervallo di tempo trascorso una parte dei due liquidi è passata allo stato di vapore disperdendosi nell'aria circostante. Il processo si chiama **EVAPORAZIONE**. La velocità di evaporazione è diversa per i due liquidi.

Parte 2

Ripetere l'esperimento precedente fornendo calore, per esempio esponendo le due vaschette in pieno sole oppure ponendole sotto una lampada.

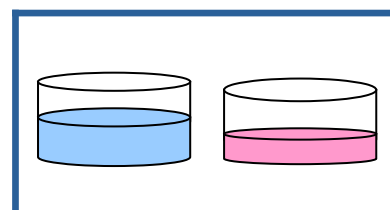


Osservazioni:

Il processo di evaporazione procede più rapidamente del caso 1.

Parte 3

Ripetere ancora versando la stessa quantità dei due liquidi in due capsule più larghe delle precedenti.



Osservazioni:

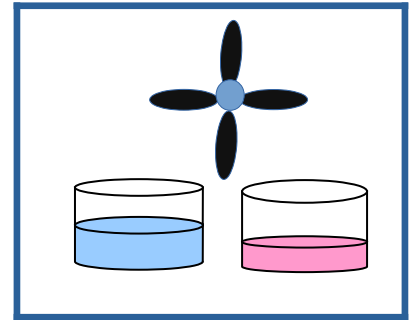
Il processo di evaporazione procede più rapidamente del caso 1.

Parte 4

Usando le stesse capsule e la stessa quantità di liquido del caso 1, ripetere la prova dirigendo però sui liquidi il flusso d'aria di un ventilatore.

Osservazioni:

I liquidi evaporano ancora più in fretta dei casi precedenti.



Deduzioni:

Gli esperimenti mostrano che ogni sostanza possiede una propria velocità di evaporazione, che tale velocità aumenta all'aumentare della temperatura, della superficie di evaporazione e della ventilazione. L'evaporazione è un fenomeno superficiale.



Approfondimenti in classe

2. La tensione superficiale

Strumenti di lavoro:

- 1 capsula Petri (oppure un altro tipo di contenitore)
- 1 ago

Sostanze e materiali usati:

- Acqua
- Sapone liquido

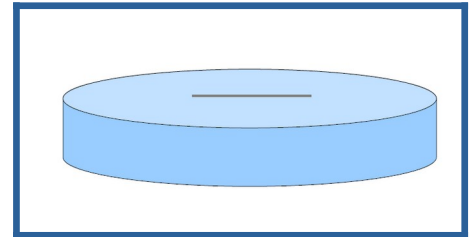
PROCEDIMENTO

Parte 1

Mettere dell'acqua nella capsula Petri e, con un po' di abilità, provare a far galleggiare l'ago sull'acqua.

Osservazioni:

Nonostante la densità dell'acciaio sia maggiore di quella dell'acqua l'ago non affonda.



Deduzioni:

L'ago non affonda perché la superficie dell'acqua presenta una “membrana elastica” formata per la **TENSIONE SUPERFICIALE** del liquido.

La tensione superficiale deriva dalla **FORZA DI COESIONE** che si esercita tra le molecole superficiali di un liquido. Mentre infatti su una molecola interna al liquido le forze che esercitano le altre molecole sono simmetriche in tutte le direzioni, su quelle in superficie agiscono solo forze laterali e verso l'interno del liquido. Lo strato superficiale del liquido si comporta come una sottile pellicola elastica.

Parte 2

Versare ora una goccia di sapone liquido nell'acqua della capsula Petri con l'ago galleggiante.

Osservazioni:

L'ago affonda immediatamente, anche se la goccia è caduta distante da lui.



Deduzioni:

La tensione superficiale consente a piccoli oggetti (aghi, lamette) di galleggiare sull'acqua. Questa proprietà è sfruttata efficacemente da piccoli insetti come la "Idrometra". L'aggiunta del sapone abbassa la tensione superficiale dell'acqua, indebolisce la membrana elastica e fa affondare l'ago.



Approfondimenti in classe

2. La capillarità

Strumenti di lavoro:

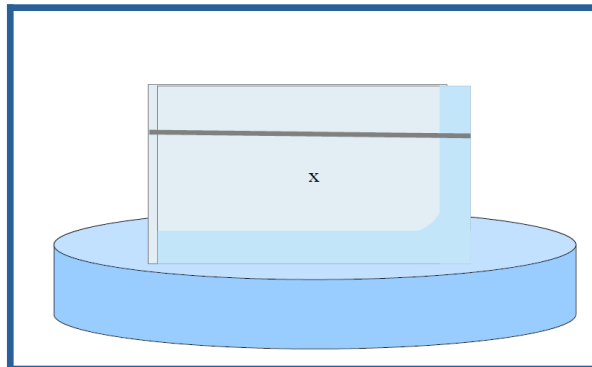
- 2 vetrini di uguale dimensione
- Un contenitore per l'acqua basso
- Un elastico
- Uno spessore di carta

Sostanze e materiali usati:

- Acqua
- Colorante (blu di metilene)

PROCEDIMENTO 1

Mettere un po' di carta ripiegata tra i due vetri, vicino al bordo destro, e tenerli uniti con un elastico. Inserire quindi i due vetri nel contenitore con l'acqua (per visualizzare meglio si può colorare l'acqua con qualche goccia di blu di metilene) e osservare come si comporta il liquido.



Osservazioni:

L'acqua sale tra le due lastre di vetro, ma non nello stesso modo: dalla parte della carta sale di un livello inferiore, mentre dalla parte in cui le lastre sono più vicine sale più in alto.



Deduzioni:

Questo fenomeno è spiegato dall'esistenza di forze di attrazione tra le molecole dell'acqua e le pareti dei vetri, tali forze sono dette **FORZE DI ADESIONE**. Anche tra una molecola e l'altra esistono forze di attrazione dette **FORZE DI COESIONE**.

Dove i due vetri sono più discosti, il numero delle molecole d'acqua a contatto col vetro è relativamente piccolo, quando invece le pareti si stringono il numero di molecole a contatto col vetro è in proporzione più grande, quindi le forze di adesione prevalgono sulle forze di coesione e l'acqua riesce così a risalire lungo le pareti. Questo fenomeno prende il nome di **CAPILLARITÀ** in quanto osservabile in tubi dal diametro inferiore ad 1 mm (dimensioni di un capello).

Strumenti di lavoro:

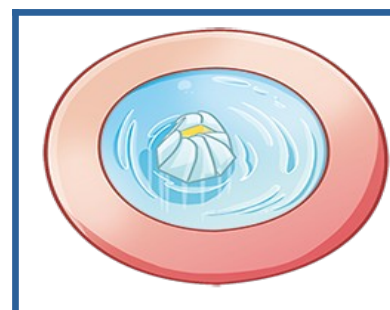
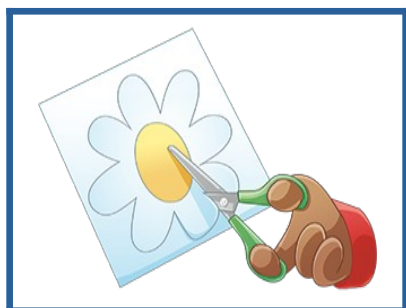
- 1 foglio di carta
- Pennarello
- Forbici
- 1 contenitore per l'acqua

Sostanze e materiali usati:

- Acqua

PROCEDIMENTO 2

Disegnare col pennarello sul foglio di carta la sagoma di un fiore tipo margherita, ritagiarlo e ripiegare i petali verso l'interno. Mettere dell'acqua nel contenitore e appoggiarci sopra il fiore di carta.



Osservazioni:

Piano piano il fiore di carta si apre proprio come se sbocciasse.



Deduzioni:

Questo avviene perché l'acqua per il fenomeno della capillarità penetra nei piccoli spazi presenti tra le fibre della carta gonfiandola, le piegature di conseguenza si distendono facendo "sbocciare" il fiore.

PER SAPERNE DI PIÙ...

Bibliografia essenziale:

Bagatti Franco, Corradi Elis, Desco Alessandro, Ropa Claudia, *Chimica*, II ediz., Zanichelli, Bologna, 2017.

Ball Philip, *H2O. Una biografia dell'acqua*, BUR Biblioteca Universitaria Rizzoli, 2003.

Califano Salvatore, *Storia della chimica. 1. Dai presocratici al XIX secolo*, Bollati Boringhieri, Torino 2010.

Goldstein-Jackson Kevin, *Esperimenti con le cose di tutti i giorni*, Zanichelli, Bologna, 1979.

Thorpe Edward, *Storia della chimica*, Società tipografico-editrice nazionale, Torino, 1911.

Gille Bertrand, *Le moulin à eau. Une révolution technique médiévale*, in "Techniques et Civilisations", n. 1, 1954, pp. 1-15.

Guenzi Alberto, *Acqua e industria a Bologna in antico regime*, Giappichelli, Torino, 1993.

Guenzi Alberto, Poni Carlo, *Sinergia di due innovazioni. Chiaviche e mulini da seta a Bologna*, in "Quaderni Storici", 64, 1987, pp. 11-127.

Pesci Giovanna, Ugolini Cecilia, Venturi Giulia (a cura di), *Bologna d'acqua. L'energia idraulica nella storia della città*, Compositori, Bologna, 1994.

Pini Antonio Ivan, *Canali e mulini a Bologna tra XI e XV secolo*, in Idem, *Campagne bolognesi. Le radici agrarie di una metropoli medioevale*, Le lettere, Firenze, 1993, pp. 15-38.

Poni Carlo, *Sviluppo e declino dell'antico distretto industriale urbano (secoli XVI-XIX)*, in Tega Walter (a cura di), *Storia di Bologna*, vol. 3, Aiep, Milano, 1989, pp. 321-380.

Problemi d'acque a Bologna in Età Moderna, Istituto per la Storia di Bologna, Bologna, 1983.

"ScuolaOfficina", n. 2, 1988 (numero monografico sul mulino da seta).

Zanotti Angelo, *Il sistema delle acque a Bologna dal XIII al XIX secolo*, Compositori, Bologna, 2000.

Libri per bambini e ragazzi:

Manning Mick, Granström Brita, *Splish splash! Un libro sull'acqua*, Editoriale Scienza, Trieste, 2005.

Novelli Luca, *Lavoisier e il mistero del quinto elemento*, Editoriale Scienza, Trieste, 2007.

Thomas Isabel, *Il mio pianeta. Acqua*, Editoriale Scienza, Trieste, 2017.

Siti Internet:

www.bibliolab.it

www.didaweb.net

www.online.scuola.zanichelli.it/chimicafacile/

www.orizzontescuola.it

www.pianetabambini.it/didattica/

www.sapere.it

Ideazione e realizzazione: Museo del Patrimonio Industriale

Consulenza scientifica: Andrea Assiri

