

Quando l'acqua cambia

Bolle, vapore e ghiaccio

Testoni Antonio, Margherita Venturi

Ebollizione e Evaporazione

L'ebollizione e l'evaporazione sono due fenomeni quotidiani ben distinti: in entrambi i casi si verifica il passaggio di una sostanza dallo stato liquido a quello gassoso, ma con modalità profondamente diverse. L'evaporazione è un processo **spontaneo** che interessa esclusivamente la superficie del liquido, mentre l'ebollizione coinvolge l'intera massa del liquido — come testimoniano le caratteristiche bolle — e si manifesta a una **temperatura** precisa, che varia da sostanza a sostanza e dipende dalla pressione esterna. Vale la pena sottolineare un aspetto particolarmente interessante: durante l'ebollizione, anche continuando ad apportare calore, la temperatura del liquido rimane **costante**.

Si tratta dunque di fenomeni comuni, che tutti conosciamo, ma che nascondono una **complessità** concettuale non trascurabile e richiedono tempi distesi e modalità adeguate per essere pienamente compresi e interiorizzati.

A differenza di molti libri di testo, che generalmente prendono avvio dal fenomeno dell'evaporazione, il percorso che proponiamo affronta per primo ***l'ebollizione***. La scelta non è casuale: dal punto di vista ***esperienziale***, l'evaporazione permette solo di constatare che l'acqua ***diminuisce*** progressivamente fino a scomparire, mentre l'ebollizione offre indizi molto più ricchi e visibili della trasformazione in atto. Questa prima parte del percorso è quindi essenziale non solo per concettualizzare il passaggio di stato e l'esistenza del gas, ma anche perché getta le basi per una comprensione più profonda dell'evaporazione, che verrà affrontata in seguito.

ELEMENTI SALIENTI DELL'APPROCCIO METODOLOGICO

Nell'**Osservazione** gli alunni vengono stimolati ad attivarsi in maniera specifica, a cogliere nell' **esperienza** gli elementi **costitutivi** di un dato fenomeno e a raccogliere dati utili alla sua descrizione e poi alla conseguente definizione.

Nell'**Elaborazione Individuale** ognuno è chiamato a riportare, con un procedimento accurato e adeguato dal punto di vista concettuale, quanto è in grado di desumere **dall'osservazione**. La richiesta di analisi di quanto esperito non segue un modello univoco, ma è un invito a tutti (e ad ognuno) a valutare una personale modalità di espressione che necessita di avviarsi verso una formalità scientifica vera e propria ma che può declinarsi secondo diverse abilità espressive. Questo implica, a volte, l'integrazione della **scrittura** con una rappresentazione grafica: raffigurazione che talvolta sostiene una fase descrittiva, talvolta una interpretativa.

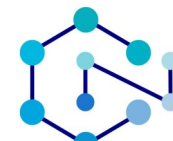
Nel **Confronto Collettivo** emergono le capacità linguistiche, di riflessione e di rielaborazione e si consolidano le competenze civiche relative all'ascolto attivo e alla disponibilità a **rivedere** il proprio punto di vista alla luce delle prospettive altrui. È un momento didattico che, più degli altri, necessita di **tempi distesi** per essere costruito, strutturato e partecipato dall'intero gruppo. È il momento in cui i contributi dei singoli diventano **patrimonio** della classe.

Nella **Concettualizzazione** il discente è chiamato alla **revisione** anche formale oltre che sostanziale del proprio elaborato. Costituisce la possibilità di integrare ciò che ognuno è riuscito a ricavare dall' esperienza con ciò che altri hanno desunto e hanno messo a disposizione del gruppo.

Nella **Produzione Condivisa** si affina la capacità di **mediare** e di **formalizzare** una determinata scoperta, un particolare sapere. Anche in questa fase il linguaggio assume rilevanza in quanto la formalizzazione assume un valore sempre più considerevole.

- 1 Riprodurre, osservare e descrivere un fenomeno: il riscaldamento dell'acqua
- 1 Definire l'ebollizione dell'acqua
- 2 Comprendere che durante la distillazione l'acqua si trasforma in uno stato non visibile (vapore acqueo)
- 2 Identificare la differenza tra fumo e nebbia
- 3 Comprendere la differenza tra acqua comune e acqua distillata
- 3 Comprendere come il riscaldamento permette di separare il sale dall'acqua
- 3 Differenziare i vari tipi di acque valutando la quantità di sali contenuti all'interno
- 4 Comprendere che le bolle che si formano all'ebollizione sono fatte di acqua allo stato gassoso
- 5 Osservare che l'acqua distillata ha una temperatura di ebollizione che rimane costante durante tutta la durata del fenomeno
- 6 Saper distinguere il fenomeno dell'evaporazione dal fenomeno dell'ebollizione
- 6 Comprendere che l'evaporazione avviene anche se non scaldiamo
- 6 Comprendere che il calore fa aumentare la velocità di evaporazione
- 6 Comprendere le dinamiche elementari del ciclo dell'acqua
- 7 Comprendere che gli odori derivano da sostanze che passano allo stato aeriforme
- 8 Comprendere come le differenze di densità generino i moti convettivi dell'acqua
- 9 Riconoscere e comprendere il comportamento anomalo dell'acqua durante il raffreddamento
- 9 Gli effetti sull'ambiente della variazione di densità dell'acqua al variare della temperatura (*Nastro Trasportatore Oceanico*)

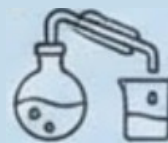
Il Percorso per obiettivi disciplinari



- Riprodurre, osservare e descrivere un fenomeno: il **riscaldamento** dell'acqua
- Definire l'**ebollizione** dell'acqua



- Comprendere che durante la distillazione l'acqua si trasforma in uno stato non visibile (vapore acqueo)
- Identificare la differenza tra fumo e nebbia



- Comprendere la differenza tra acqua comune e acqua distillata
- Comprendere come il riscaldamento permette di separare il sale dall'acqua
- Differenziare i vari tipi di acque valutando la quantità di sali contenuti all'interno



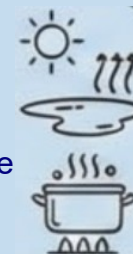
- Comprendere che le bolle che si formano all'ebollizione sono fatte di acqua allo stato gassoso



- Osservare che l'acqua distillata ha una temperatura di ebollizione che rimane costante durante tutta la durata del fenomeno



- Saper distinguere il fenomeno dell'evaporazione dal fenomeno dell'ebollizione
- Comprendere che l'evaporazione avviene anche se non scaldiamo
- Comprendere che il calore fa aumentare la velocità di evaporazione
- Comprendere le dinamiche elementari del ciclo dell'acqua



- Comprendere che gli odori derivano da sostanze che passano allo stato aeriforme



- Comprendere come le differenze di densità generino i moti convettivi dell'acqua

- Riconoscere e comprendere il comportamento anomalo dell'acqua durante il raffreddamento
- Gli effetti sull'ambiente della variazione di densità dell'acqua al variare della temperatura (Nastro Trasportatore Oceanico)



Approfondimenti



**Perché si formano
le bolle durante
l'ebollizione
dell'acqua?**



**L'acqua bolle
sempre a 100°C?**



Vapore e umidità



**Evaporazione,
sudorazione e
indice di calore**



**Passaggi di stato
e scala
termometrica (°C)**



**Passaggi di stato
e soluzioni**



**Il sale dal mare:
evaporazione,
cristallizzazione e
sapere umano**



Ghiaccio e sale



**La macchina a
vapore**

Attività 1

Descrizione del riscaldamento dell'acqua e definizione operativa di ebollizione

Osserva e descrivi cosa accade all'acqua durante il suo riscaldamento

Arrivare ad una descrizione condivisa del fenomeno del riscaldamento all'acqua

All'inizio non succede niente poi inizia ad evaporare il becco si è appannato dal bicchiere (becco) esce del fumo.
Si sente il rumore dell'acqua che bolle, dal vetro trasparente si vedono delle bolle piccolissime.

L'acqua trema e bolle poco, iniziano a uscire dei picchi di fumo poi iniziano ad uscire delle bollicine, l'acqua è diventata di meno per questo l'acqua è assorbita piano piano inizia ad uscire un rumore strano e le bolle diventano più grandi. Dopo qualche minuto l'acqua è andata quasi via, piano piano viene un pezzo di bruciato e l'acqua scoppietta.
Il movimento cambia sembra un oceano, alla fine dopo tanto tempo l'acqua va via.

Il livello dell'acqua diminuisce sempre di più dopo le bolle si trasformano in piccoli getti d'acqua e poi tornano bolle, la superficie inizia ad essere interessante perché si può notare osservando si può notare delle bolle che escono fuori dall'acqua distillata.
L'acqua inizia a gorgogliare come un tornado.
Mentre l'acqua (distillata) si riscalda come una stufa, sta o si sta anche trasformando quasi tutta in nebbia, ad un certo punto smangono un po' di bolle e in sotto fondo si sente un rumore soddisfacente e le bolle vanno via (svaniscono).

SOPRA LA PIASTRA ELETTRICA ABBIAMO APPOGGIATO UN BEKER CON DENTRO L'ACQUA DISTILLATA. L'ACQUA INIZIA A TREMARE, DOPO POCO INIZIANO AD USCIRE DELLE **BOLLICINE** E IL BEKER SI **APPANNA**, PIANO PIANO IL CALORE FORMA LA CONDENSA FACENDO USCIRE IL **FUMO** (O **VAPORE O NEBBIA**).

PIANO PIANO LE **BOLLE** DIVENTANO PIU' GRANDICELLE E OGNI VOLTA CHE SCOPPIA UNA BOLLA NE APPARE UN'ALTRA.

L'ACQUA SI **AGITA E SCOPPIETTA**.

INFINE LE BOLLE FANNO UN GRANDE GIRO FORMANDO PICCOLI **VORTICI** E MENTRE IL **LIVELLO DELL'ACQUA DIMINUISCE**, CONTINUANO A SCOPPIETTARE.

ALLA FINE L'ACQUA SI **ESAURISCE**.

Concettualizzazione e definizione operativa del fenomeno dell'ebollizione

«*Definite il fenomeno dell'ebollizione*»

Nel formulare questa richiesta, l'insegnante chiarirà nuovamente il significato di definizione (o di definire) in modo che sia chiaro a tutti gli alunni che si sta chiedendo loro di identificare e indicare le **caratteristiche distintive del fenomeno**, quelle cioè che permettono di riconoscerlo con sicurezza anche in altri contesti. Se necessario l'insegnante mostrerà ancora una volta il riscaldamento dell'acqua.

Lo scopo è quello di permettere a **tutti** gli alunni di identificare il fenomeno che dovranno definire. Stimoliamo una discussione collettiva per arrivare a **condividere**, dal confronto delle definizioni prodotte dai singoli alunni, una **definizione operativa** di questo tipo:

L'ebollizione dell'acqua è quel fenomeno che si verifica ad un certo punto del riscaldamento dell'acqua e che è caratterizzato dalla contemporanea presenza dei seguenti aspetti:

- 1- Formazione di una grande quantità di **bolle** all'interno dell'acqua*
- 2- Emissione di "**fumo**" (vapore, vapor acqueo) dalla superficie dell'acqua*
- 3- Rumore
- 4- **Agitazione** violenta della superficie dell'acqua*
- 5- Diminuzione dell'acqua fino a completa **scomparsa***
- 6- **Appannamento** delle pareti del beaker

Definizione Operativa

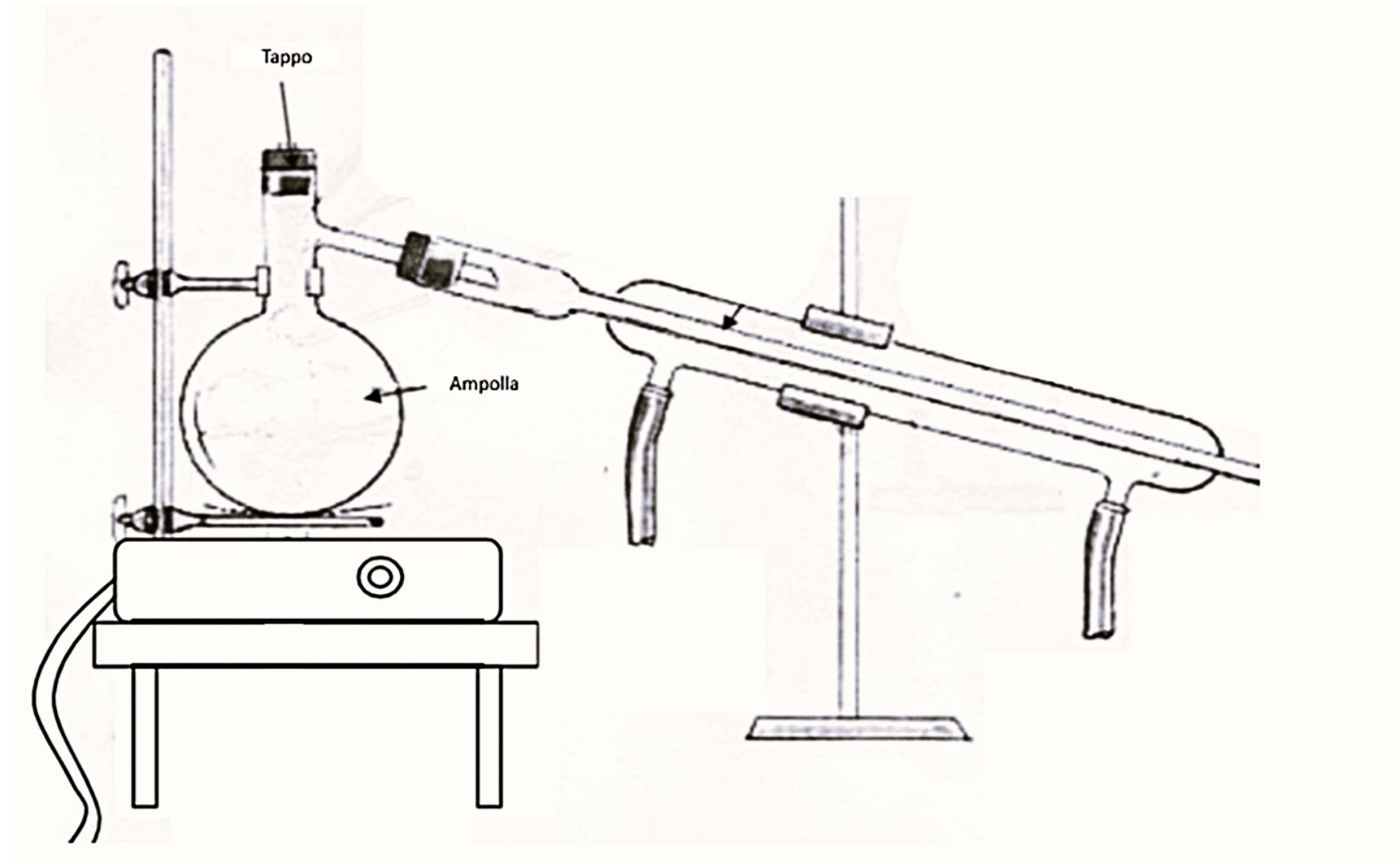
Una qualsiasi definizione ha come finalità primaria quella di semplificare e di **mettere ordine nella complessità** dei fenomeni e degli oggetti che popolano questo mondo. Definire significa, innanzitutto, suddividere l'universo in due categorie: all'una appartengono gli oggetti e i fenomeni che rientrano nella definizione, all'altra quelli che non vi rientrano.

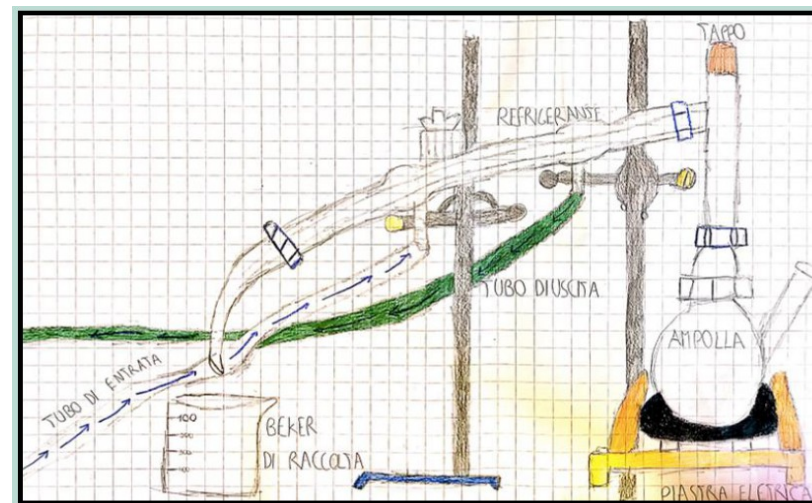
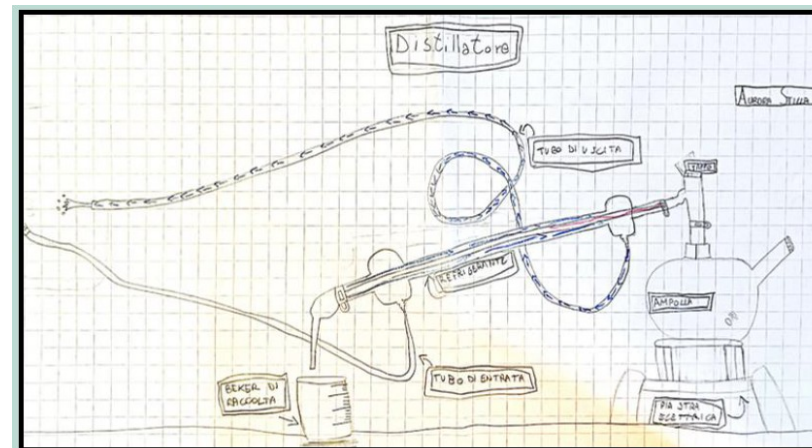
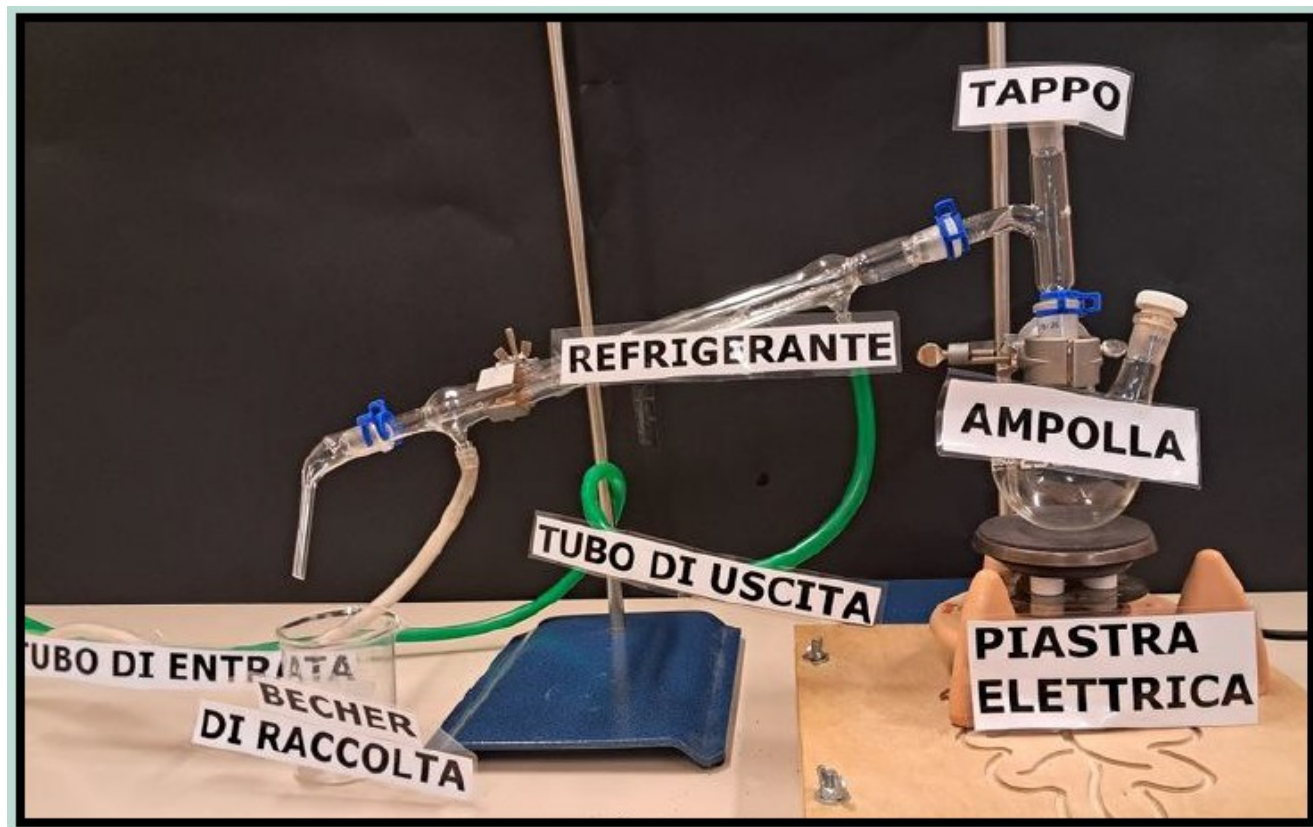
Il tipo di definizione, che indica il **modo** e i **criteri** mediante i quali effettuare il suddetto processo di selezione, prende il nome di "**definizione operativa**", perché specifica le **procedure**, le **osservazioni**, le **misure**, cioè le operazioni per mezzo delle quali possiamo decidere se un oggetto o un fenomeno appartiene o no a una determinata categoria.

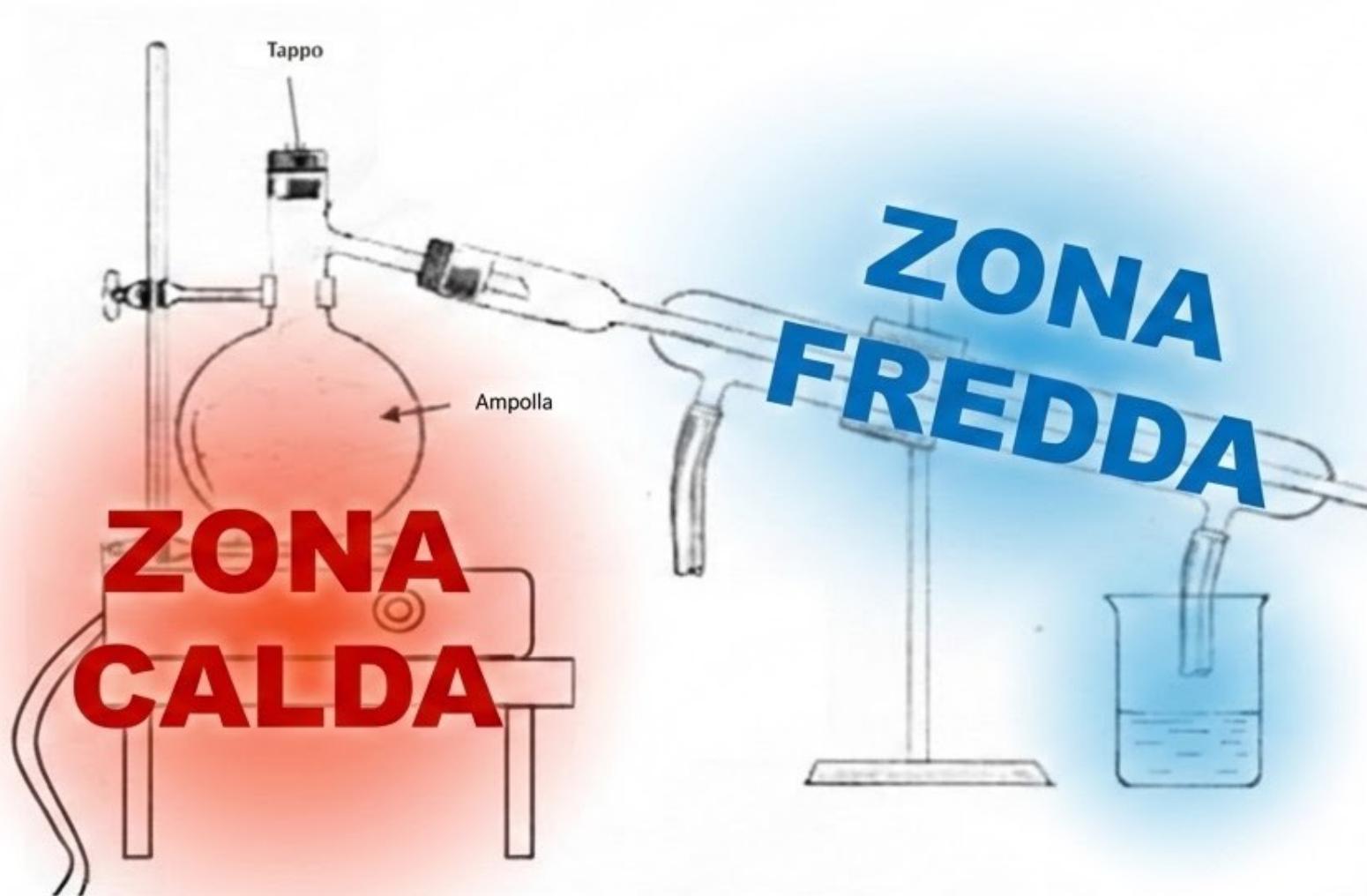
Attività 2

Dalla definizione all'interpretazione del fenomeno

Come mai l'acqua "scompare" dal beaker?

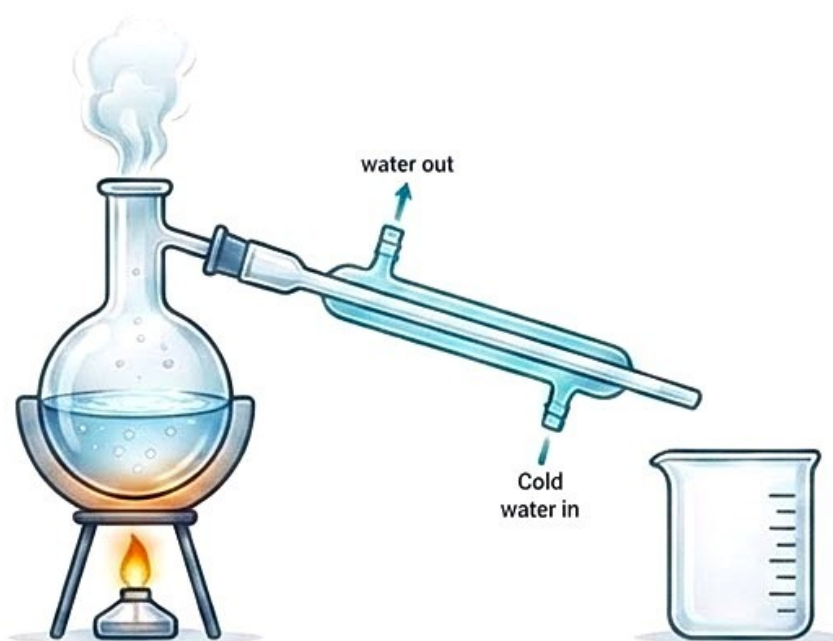






Gli aspetti che abbiamo individuato come caratterizzanti l'ebollizione nel beaker, sono ancora presenti in questo esperimento nell'ampolla del distillatore senza tappo?

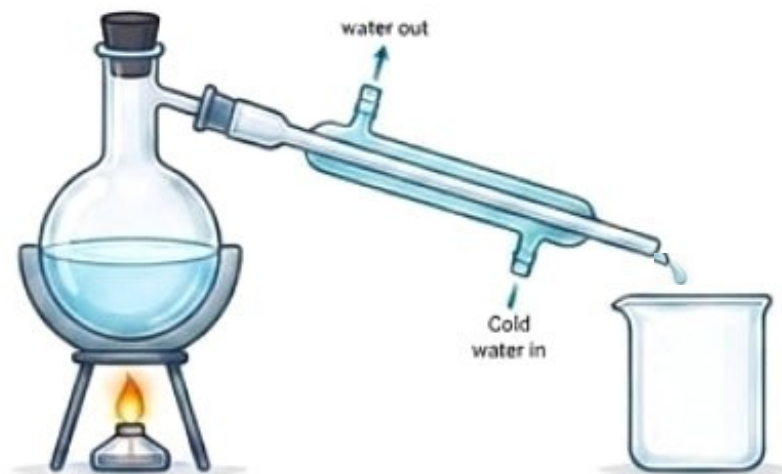
Nell'esperimento **senza tappo** il fenomeno del riscaldamento dell'acqua che avviene nel pallone del distillatore è analogo a quello che avviene nel beaker....



QUA SOTTO IL RIEPILOGO DELLE CARATTERISTICHE CONSIDERATE

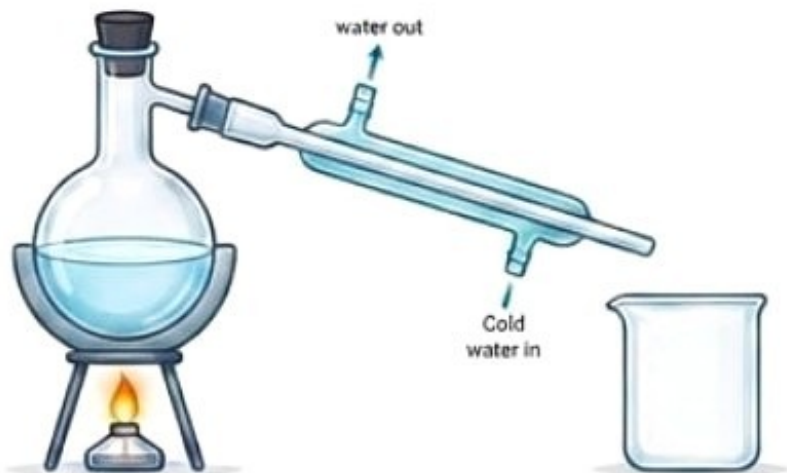
	SENZA TAPPO	CON TAPPO
BOLLE CHE DIVENTANO SEMPRE PIU' GRANDI, SALGONO IN SUPERFICIE VELOCEMENTE PER POI SCOPPIARE	X	
FUMO (VAPORE O NEBBIA) CHE SALE VELOCEMENTE	X	
APPANNAMENTO DELLE PARETI DEL BEKER	X	
GOCCIOLINE SULLE PARETI DEL BEKER	X	
RUMORE DELLO SCOPPIETTIO DELLE BOLLE	X	
MOVIMENTO AGITATO DELL'ACQUA	X	
DIMINUZIONE VELOCE DELL'ACQUA	X	

Nell'esperimento del distillatore con il tappo il “*fumo*” **non** è più visibile e si vede la formazione di gocce d'**acqua** sulla parete interna del refrigerante che scivolano nel beaker di raccolta...

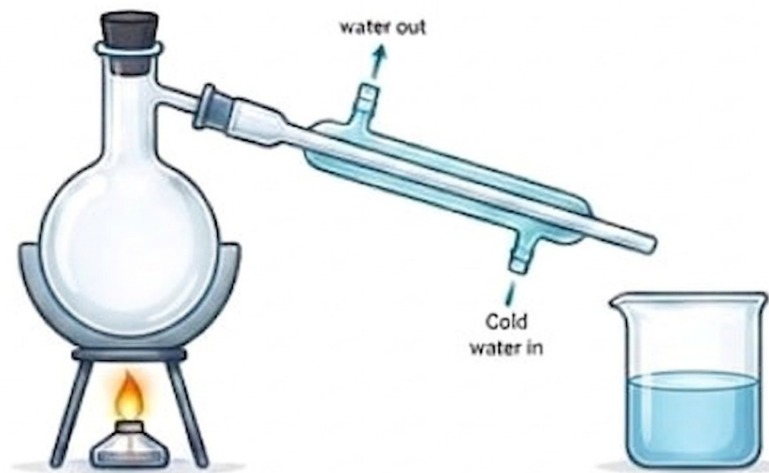


Nel distillatore con il tappo, **tutta** l'acqua che era nel pallone si è trasferita nel beaker....

All'inizio ...



... Alla fine



LA SCORSA SETTIMANA ABBIAMO OSSERVATO IL FUNZIONAMENTO
DEL DISTILLATORE SENZA TAPPO E CON TAPPO
E ABBIAMO REGISTRATO IN UN TABELLA QUANTO OSSERVATO

QUA SOTTO IL RIEPILOGO DELLE CARATTERISTICHE CONSIDERATE

	SENZA TAPPO	CON TAPPO
BOLLE CHE DIVENTANO SEMPRE PIU' GRANDI, SALGONO IN SUPERFICIE VELOCEMENTE PER POI SCOPIARE	X	X
FUMO (VAPORE O NEBBIA) CHE SALE VELOCEMENTE	X	
APPANNAMENTO DELLE PARETI DEL BEKER	X	X
GOCCIOLINE SULLE PARETI DEL BEKER	X	X
RUMORE DELLO SCOPIETTIO DELLE BOLLE	X	X
MOVIMENTO AGITATO DELL'ACQUA	X	X
DIMINUZIONE VELOCE DELL'ACQUA	X	X

OSSERVIAMO NUOVAMENTE L'ESPERIENZA:

SENZA TAPPO: ci sono tutte le caratteristiche della 1° esperienza
CON TAPPO: non si osserva il fumo

Abbiamo visto che nell'ampolla il fumo non si vede più e che l'acqua si è trasferita completamente nel beaker. Che cosa è successo? Com'è avvenuto questo trasferimento?

A) L'acqua non è evaporata perché visto che abbiamo tappato l'ampolla il fumo non aveva via di uscita e ha formato la condensa che piano piano ha fatto andare nel refrigerante che ha raffreddato l'acqua e ha fatto andare nel becher di raccolta.

Quando l'acqua nell'ampolla bolle il fumo non si vede ma c'è.
Nel tubo refrigerante passa un "fumo invisibile e trasparente" che poi, dopo essere raffreddato dall'acqua della tanica, si trasforma in acqua.

Secondo me, l'acqua dell'ampolla non è evaporata ma è evaporata, il vapore non avendo fuoriuscita è dovuto entrare nel refrigerante con l'acqua fredda che raffreddò il vapore che diventò in goccioline che scesero nel becher di raccolta.
L'acqua dell'ampolla è entrata dentro il tubicino del refrigerante e scese nel becher di raccolta.

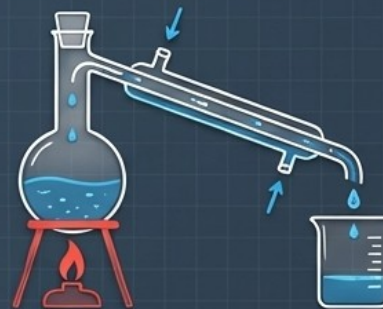
Secondo me, il trasferimento è avvenuto per via dell'evaporazione dell'acqua che visto non ha via di uscita ed entra nel refrigerante che lo fa raffreddare con l'acqua fredda facendolo diventare goccioline che calano in giù per la pendenza del refrigerante finendo così nel becher di raccolta.

Il Paradosso della Distillazione: Dove Finisce l'Acqua?

Senza Tappo



Con Tappo



		Senza Tappo	Con Tappo
2	Diminuzione veloce dell'acqua	✓	✓
3	Bolle, agitazione, rumore	✓	✓
4	Fumo visibile che sale	✓	✗

Se nel distillatore chiuso il fumo non si vede più, ma l'acqua si è trasferita nel beaker di raccolta... in cosa si è trasformata l'acqua durante il tragitto?

L'insegnante fa il punto della situazione e introduce il **lessico scientifico**, sottolineando un aspetto fondamentale: nella scienza ogni termine ha un significato preciso, perciò nelle definizioni è indispensabile usare un linguaggio corretto e accurato, con piena consapevolezza delle parole che si scelgono.

Nel corso dell'esperimento, l'acqua si è **trasferita** dall'ampolla al beaker trasformandosi in qualcosa di invisibile; questa sostanza invisibile, a contatto con il refrigerante, si è trasformata nuovamente in acqua liquida. Quando l'acqua si trova in questo **stato invisibile**, si dice che è allo stato gassoso, noto anche come **vapore acqueo**. Le trasformazioni che portano l'acqua dallo stato liquido a quello gassoso e viceversa prendono il nome di **passaggi di stato** e si chiamano rispettivamente **vaporizzazione** e **condensazione**. Questi processi sono avvenuti grazie a uno **scambio di calore**: la vaporizzazione si è prodotta riscaldando l'acqua liquida, la condensazione raffreddando il vapore acqueo.



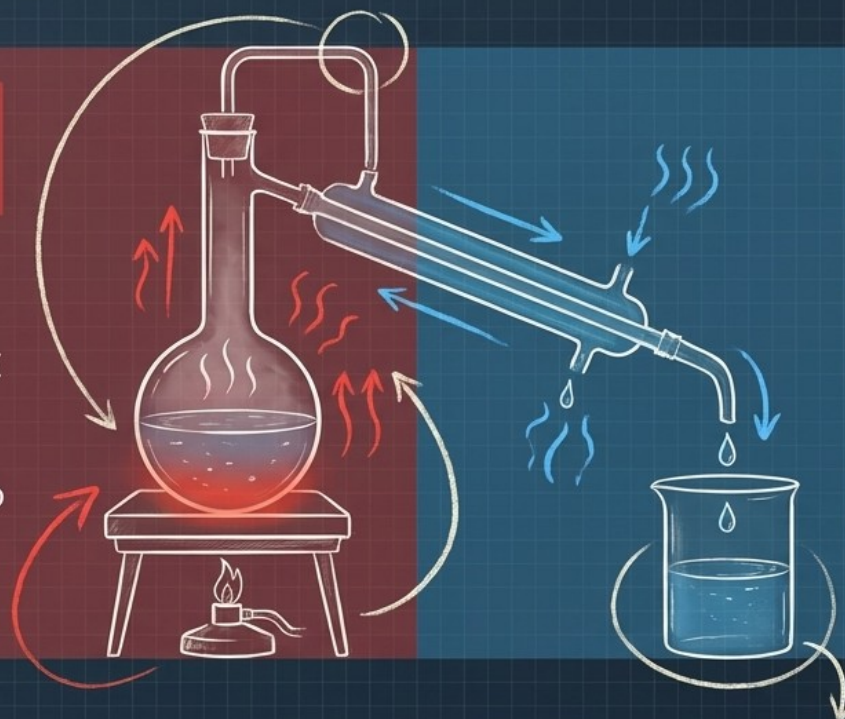
Il Motore Termico Invisibile

Zona Calda

Azione: Fornire Calore

Processo: VAPORIZZAZIONE

Risultato: L'acqua liquida si trasforma in Vapore Acqueo (gas invisibile).



Zona Fredda

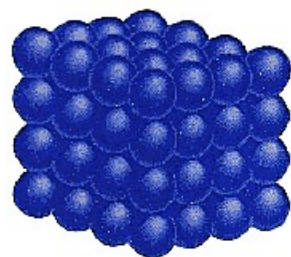
Azione: Sottrarre Calore

Processo: CONDENSAZIONE

Risultato: Il gas invisibile torna ad essere Acqua Liquida.

Il passaggio di stato non è una scomparsa, ma una riorganizzazione della materia guidata dall'energia termica.

Come mai l'acqua allo stato di vapore non si vede?



Solido



Liquido



Aeriforme

Attività 3

Perché si forma del “fumo”? Cos’è il “fumo” che esce dal beaker?

Molti tendono a chiamare "*vapore*" o "*vapore acqueo*" il fumo che esce dal beaker, così come nel linguaggio comune siamo abituati a chiamare "*vapore*" il "*fumo*" che esce dal ferro da stiro...



Ma abbiamo appena concluso che il vapore acqueo è uno stato dell'acqua che è invisibile. Quindi anche in questo caso la conoscenza che deriva dal senso comune è errata. Non solo....

Se non è vapore acqueo, cosa è quel «fumo» visibile che esce dal beaker o dal ferro da stiro?

Per aiutare gli studenti possiamo dire:

- Ricordate che, a contatto con zone fredde, il vapore si trasforma in acqua liquida
- Nella zona sopra il beaker (e fuori dal ferro) vi è aria più fredda rispetto al vapore che esce
- Quello che noi vediamo sono piccole gocce d'acqua sospese nell'aria ...

L'aria sopra il beaker è fredda ed è quindi in grado di condensare in parte il vapore acqueo che esce dall'acqua. Quindi il «fumo» è in realtà un **miscuglio** di aria, di vapore acqueo e di **goccioline** piccolissime di acqua.

Il termine corretto è **Nebbia**

Cosa succederebbe se al posto dell'acqua distillata mettessimo nel distillatore una soluzione salina?

Questo segmento non è essenziale per la comprensione dei fenomeni che si stanno analizzando tuttavia ha un ruolo didattico non trascurabile: da una parte per il collegamento con la **vita quotidiana** e dall'altra perché costituisce un segmento semplice all'interno di un percorso abbastanza impegnativo.

***Osservate e confrontate quest'esperienza con quella dell'ebollizione dell'acqua distillata.
Quali differenze notate? Ripetete la prova con l'acqua del rubinetto.***

L'acqua minerale

Procuriamo 3-4 acque minerali con residuo fisso diverso. Versiamo circa 30/40 cm³ di ciascuna delle acque in beaker diversi; su ciascun beaker scriviamo con il pennarello indelebile il nome dell'acqua. Riscaldiamo i beaker sulla piastra fino alla completa evaporazione.

Quali differenze notate nella patina lasciata dai diversi tipi di acqua?

Oltre l'Acqua Distillata: Il Residuo Fisso

Cosa succederebbe se al posto dell'acqua distillata evaporassimo una soluzione salina?

Minimamente mineralizzata

Minimamente mineralizzata (< 50 mg/l)

Oligominerale (50-500 mg/l)

Mediominerale (501-1500 mg/l)

Ricca di sali (> 1500 mg/l)

Residuo di mineral residue

Marginally diffuse

scalcità residue

Marginally diffuse

I passaggi di stato fungono da potente strumento di separazione fisica per le soluzioni, rivelando ciò che non passa allo stato gassoso.

NotebookLM

L'acqua minerale

Per la legge italiana (D.Lgs. 18/2023) le acque minerali commerciabili vengono classificate in varie categorie secondo il valore del “**residuo fisso**” che si trova indicato in etichetta:

- 1- Acqua minimamente mineralizzata: residuo fisso a 180 gradi < 50 mg/l. (*Bernina, S.Anna, S.Bernardo, Calizzano, Lurisia, Norda Daggio, Plose, Surgiva, Vigizzo*).
- 2- Acqua oligominerale o leggermente mineralizzata: residuo fisso a 180 gradi 50-500 mg/l. (*Crodo Lisiel, Fabia, Fiuggi, Guizza, Levissima, Lora di Recoaro, Panna, Pejo, Rocchetta, Sant'Antonio, San Benedetto, San Bernardo, Vera*).
- 3- Acqua mediominerale: residuo fisso a 180 gradi 501-1500 mg/l. (*Boario, Bracca, Claudia, Ferrarelle, Gaudianello, Lete, Sangemini, San Pellegrino, Uliveto*).
- 4- Acqua ricca di sali minerali: residuo fisso a 180 gradi > 1500 mg/l. (*Regina, Telese, Tettuccio, Toka*).

Attività 4

Torniamo all'ebollizione: Che cosa sono e di che cosa sono fatte le bolle?

Studenti del 3° Anno di Chimica

**Vapore Acqueo
(Risposta Corretta)**



13
Studenti



**RISPOSTA
CORRETTA**

Aria



13
Studenti

13 Studenti

Aria e Acqua



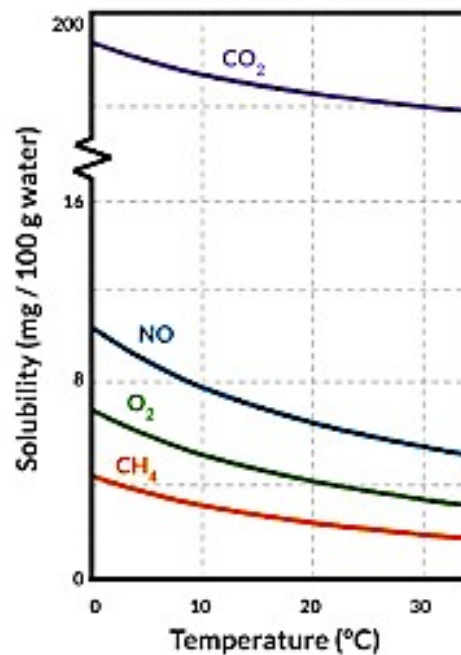
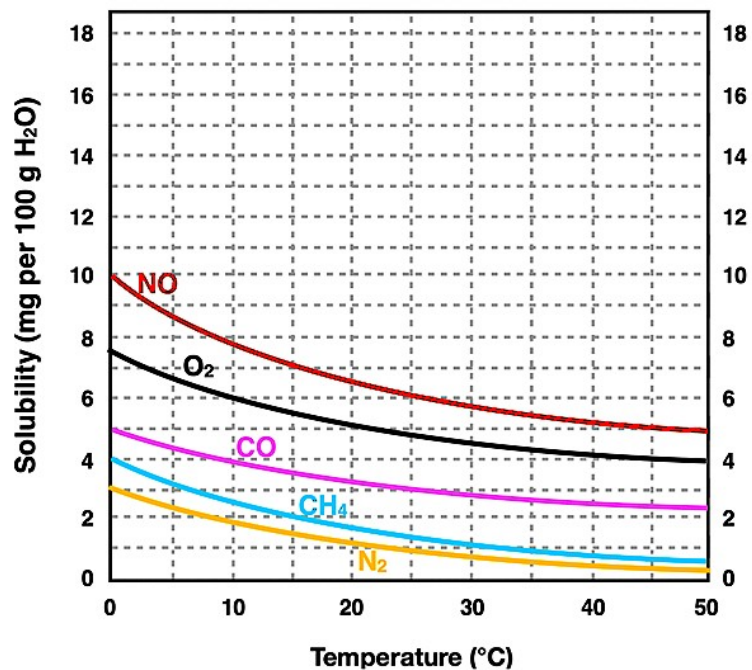
3 Studenti

Acqua e Ossigeno



1 Studente

In condizioni normali l'acqua contiene disciolti circa 25–30 mg di gas per litro, che corrispondono a circa **20–30 ml** di aria per ogni litro d'acqua. Inoltre all'aumentare della temperatura la solubilità dell'aria diminuisce:



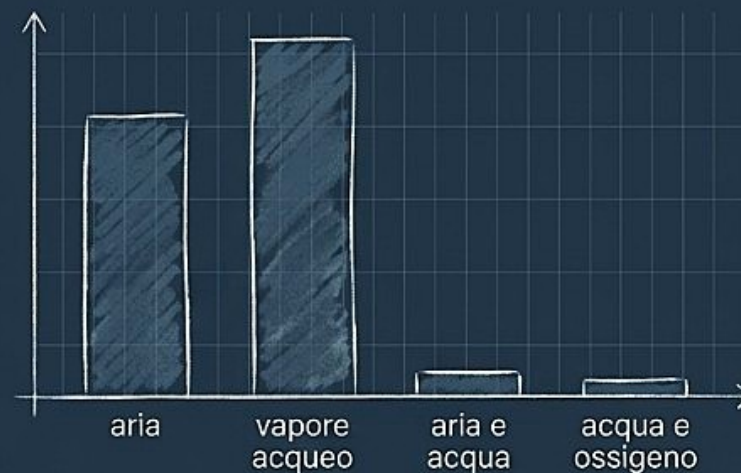
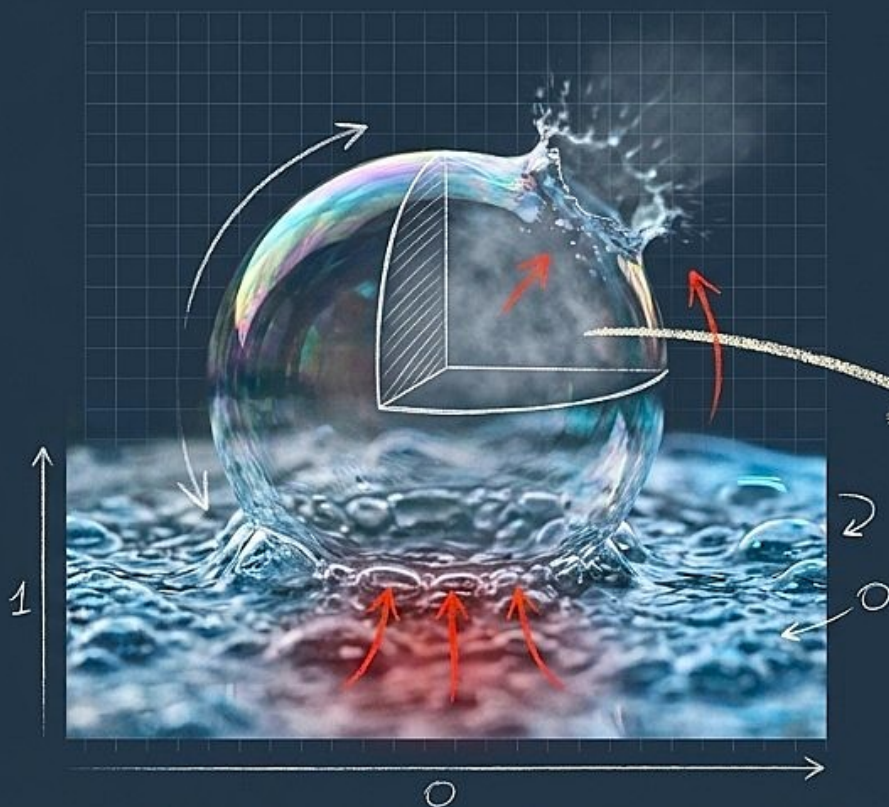
Le bolle che si formano durante l'ebollizione dell'acqua non sono fatte di aria. L'ipotesi più ragionevole sembra proprio essere quella del vapore acqueo.

1. Io sono d'accordo con chi dice che le bolle sono formate di vapore acqueo perché durante l'ebollizione si forma vapore acqueo, che esce dal becher sotto forma di nebbia, proprio per questo l'acqua diminuisce.
2. E' vero, le bolle hanno una specie di pelle acquosa, ma dentro c'è vapore acqueo, infatti le bolle sono trasparenti. Il vapore acqueo non si vede, proprio come l'aria, ma è il vapore acqueo che si forma durante l'ebollizione, non l'aria....
3. Le bolle allora sono formate da vapore acqueo all'interno e pellicola d'acqua all'esterno. Il vapore acqueo esce proprio da quelle bolle che scoppiano e lo fanno uscire, ma **tutto parte dal calore della piastra**

Le bolle che si formano durante l'ebollizione dell'acqua sono fatte di una pellicola acquosa che contiene **vapore acqueo**. Quando la bolla scoppia il vapore acqueo si libera nell'aria.

Per aiutare la comprensione di coloro che continuano a dubitare che le bolle siano fatte di vapore acqueo, si può stimolare l'osservazione che le bolle provengono principalmente dal basso, non si formano a freddo e la loro formazione induce una più rapida diminuzione dell'acqua nel beaker ed una più intensa generazione di "*fumo*"...

Anatomia di una Bolla



Cosa non è: L'acqua non contiene abbastanza gas disciolto per generare questo volume.

Cos'è: Le bolle sono formate da una pellicola acquosa che racchiude Vapore Acqueo.

Attività 5

La temperatura di ebollizione dell'acqua

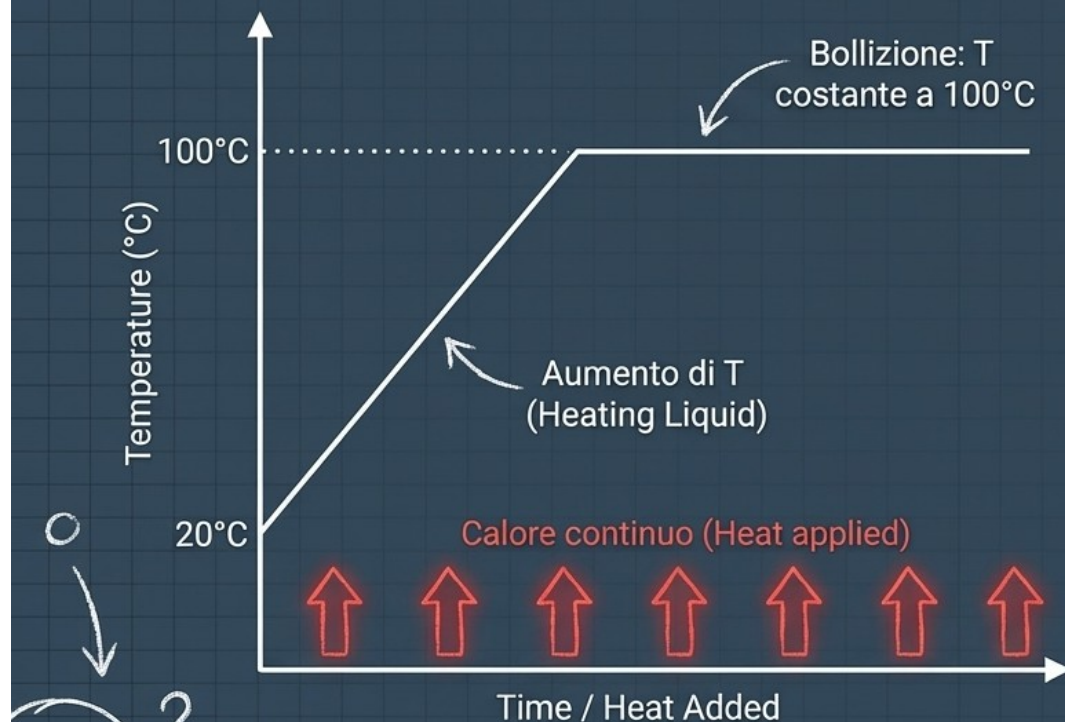
Riscaldare dell'acqua distillata e misurare la temperatura ad intervalli regolari (30 secondi) fino a circa 70°C. Riportare i dati ottenuti in un grafico Temperatura (Y) - Tempo (X)

Probabilmente è conoscenza di senso comune che l'acqua distillata bolle a 100°C , ma molti non conoscono il significato di questa affermazione. In questo segmento proponiamo di effettuare il riscaldamento dell'acqua distillata registrando la temperatura in relazione al tempo di riscaldamento. Tuttavia, prima che l'acqua raggiunga la temperatura di ebollizione, sospenderemo il riscaldamento e chiederemo agli studenti di fare **ipotesi** sul comportamento della temperatura se continuassimo a scaldare. Ovviamente tutti immagineranno che la temperatura continuerà a salire ma l'esperimento dimostrerà che la loro ipotesi è errata. Sarà lo stupore di veder contraddetta un'ipotesi tanto ovvia, osservando che la temperatura rimane costante a 100°C , che darà significato all'affermazione *“l'acqua bolle a 100°C ”* e manterrà vivo il ricordo nel tempo.

Provate ad ipotizzare che cosa succederà alla temperatura dell'acqua lasciandola sul fornellino per molto tempo

La maggior parte degli alunni risponderà che la temperatura continuerà a salire. Riprendiamo il riscaldamento dell'acqua e la registrazione della temperatura. Interrompiamo il riscaldamento solo dopo 4-5 minuti dall'inizio dell'ebollizione, per permettere agli studenti di constatare che effettivamente la temperatura dell'acqua resta costante a 100°C.

L'Anomalia dei 100°C: Il Calore Latente



~~L'ipotesi Errata~~

Se continuo a scaldare l'acqua, la temperatura salirà all'infinito.

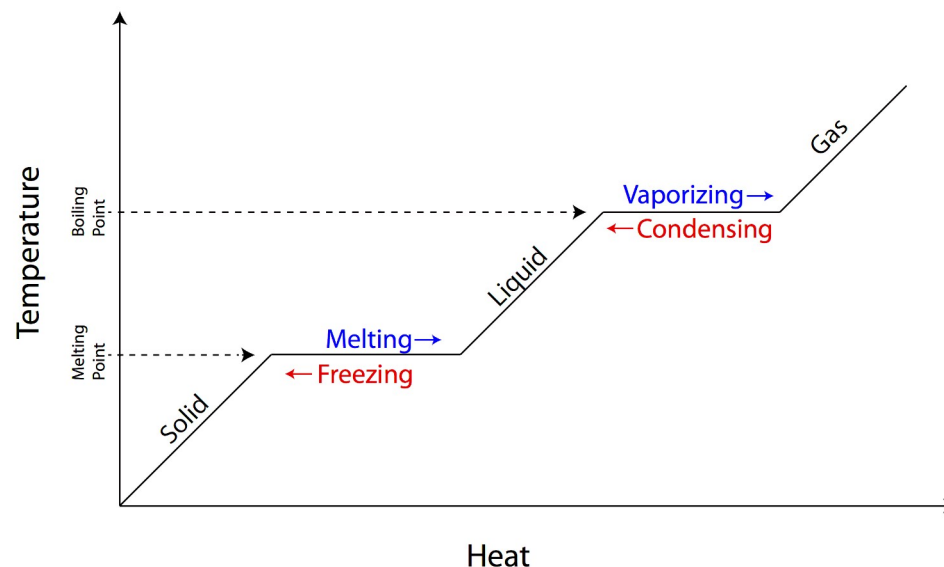
L'Osservazione

Raggiunta l'ebollizione, la temperatura si ferma a 100°C e rimane costante.

Il Concetto Scientifico

Calore Latente: Il calore fornito viene completamente utilizzato per rompere i legami e trasformare l'acqua liquida in gas. L'energia è nascosta nel passaggio di stato.

L'insegnante fa il punto e approfondisce: Raccontiamo agli studenti che la stessa meraviglia fu provata dagli scienziati settecenteschi che osservarono, dopo l'invenzione del termometro, questo strano fenomeno: risultò loro così assurdo che coniarono un termine che è poi rimasto, seppure con un'accezione completamente diversa: **calore latente** di ebollizione. Per loro significava calore che si nascondeva perché non faceva aumentare la temperatura; solo dopo si capì che il calore fornito durante l'ebollizione non si manifesta perché viene completamente utilizzato per trasformare l'acqua in vapore.



Attività 6

L'evaporazione e il ciclo dell'acqua

L'evaporazione è indubbiamente più importante dell'ebollizione, ma la sua concettualizzazione va collocata alla fine di questo percorso e non all'inizio perché questo fenomeno **non** può essere osservato direttamente. Ne sono solo osservabili gli **effetti** nel tempo: la diminuzione prima e la sparizione dell'acqua poi. Comprendere che con l'evaporazione l'acqua **sparisce** non è difficile per l'alunno; è infatti esperienza quotidiana constatare che le cose bagnate si asciugano, quali le strade, gli indumenti lavati, ecc. Ma **concettualizzare**, sempre a livello elementare, l'evaporazione dell'acqua è qualcosa di molto diverso da questa conoscenza di senso comune. È comprendere che cosa succede all'acqua quando sparisce.

La velocità di evaporazione dipende da molti fattori quali la temperatura, la superficie del liquido, la presenza di aerazione, ecc. In questa prima fase di acquisizione del concetto è consigliabile restringere le variabili alla variazione di **temperatura**. Una volta compresa l'evaporazione potremo affrontare e comprendere il **ciclo** dell'acqua.

Prendete due beaker identici con la stessa quantità di acqua (poca): uno lo collocate vicino al termosifone, l'altro in una zona più lontana e osservate cosa succede a distanza di 1-2 settimane circa

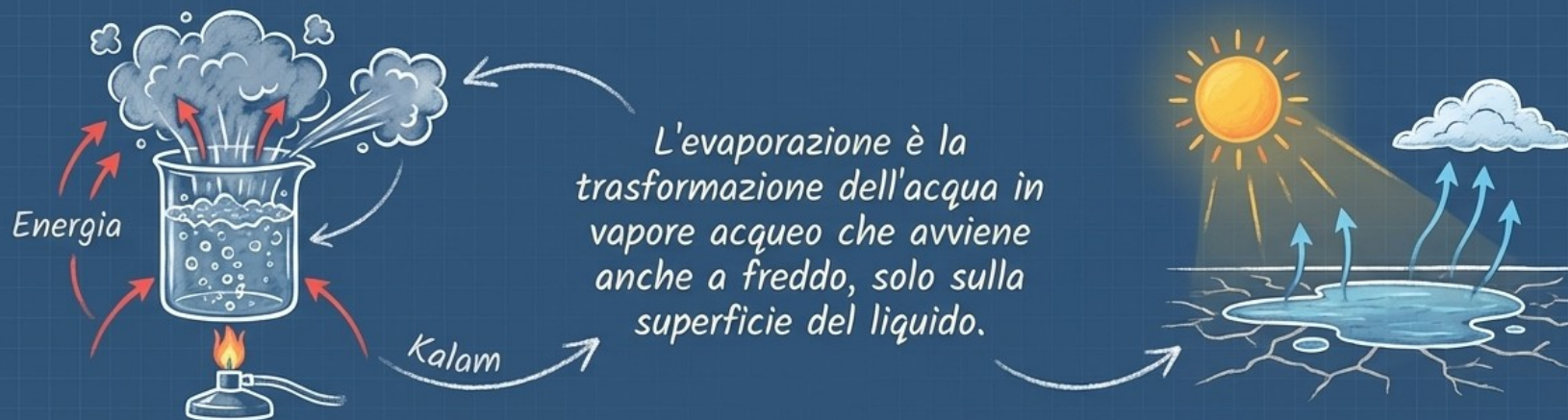
Come mai l'acqua non c'è più? Motivate la risposta.

Stimoliamo una discussione collettiva per arrivare a concludere che anche senza scaldare l'acqua si **trasforma** in vapore acqueo, ovvero in gas (acqua non visibile) e che questa trasformazione è spontanea ed avviene sempre (anche a freddo); tuttavia è tanto più veloce quanto più si scalda. Il fenomeno descritto prende il nome di **evaporazione**

Secondo voi, possiamo dire che intorno a noi (nell'aria circostante) c'è dell'acqua (sotto forma di vapore acqueo)? Motivate la risposta

Se l'evaporazione avviene sempre, possiamo concludere che **l'aria** che ci circonda contiene acqua allo stato gassoso che proviene da mari, laghi, fiumi, pozze...

Dal Beaker alla Biosfera: L'Evaporazione

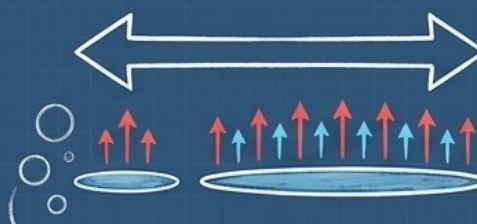


Temperatura



Il calore accelera il processo.

Superficie



Maggiore espansione = maggiore evaporazione.

Aerazione



Il vento allontana l'aria satura, permettendo nuova evaporazione.

Dall'evaporazione al ciclo dell'acqua

Abbiamo concluso che l'aria che ci circonda contiene vapore acqueo e sappiamo che a contatto con zone fredde il vapore acqueo condensa (distillatore, coperchio della pentola...)

Cosa sono le nuvole?

Come si formano le nuvole?

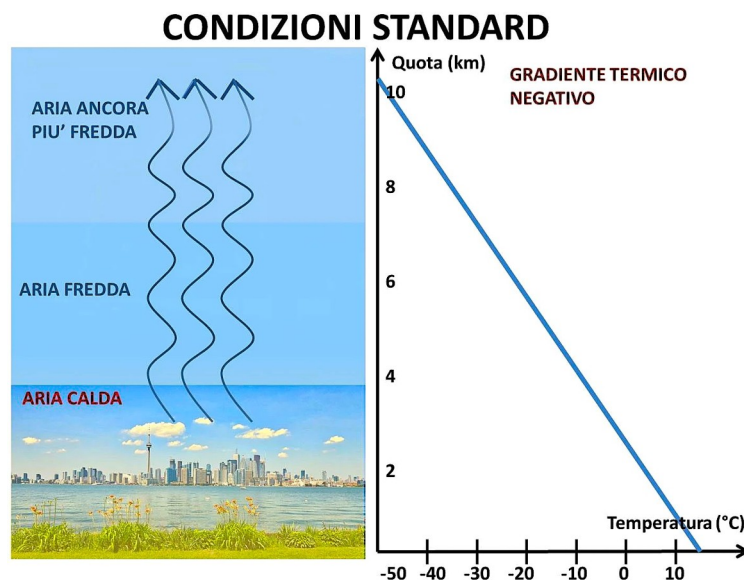
Perché alcune nuvole portano la pioggia e altre no?

Le domande si pongono una alla volta e si dà il tempo ai ragazzi di riflettere e di rispondere individualmente.

Dall'evaporazione al ciclo dell'acqua

L'aria è formata, come abbiamo già più volte sottolineato, in parte da vapor acqueo. Le nubi si formano quando l'aria si raffredda fino al punto in cui il vapor acqueo condensa, ovvero la condensazione avviene quando una porzione di aria è satura di vapor acqueo.

Con l'instaurarsi di una determinata situazione meteorologica (*bassa pressione*), l'aria umida si muove verso gli strati più alti dell'atmosfera e si raffredda. L'aria fredda “contiene” **meno vapor acqueo** rispetto all'aria più calda e la sua temperatura può eventualmente raggiungere il punto di saturazione. Il vapor acqueo allora condensa, formando piccole goccioline, che, raggruppandosi in gocce più grosse, formano una **nube**. Un ulteriore raffreddamento può portare anche alla formazione di cristalli di ghiaccio (grandine, neve).



Dall'evaporazione al ciclo dell'acqua

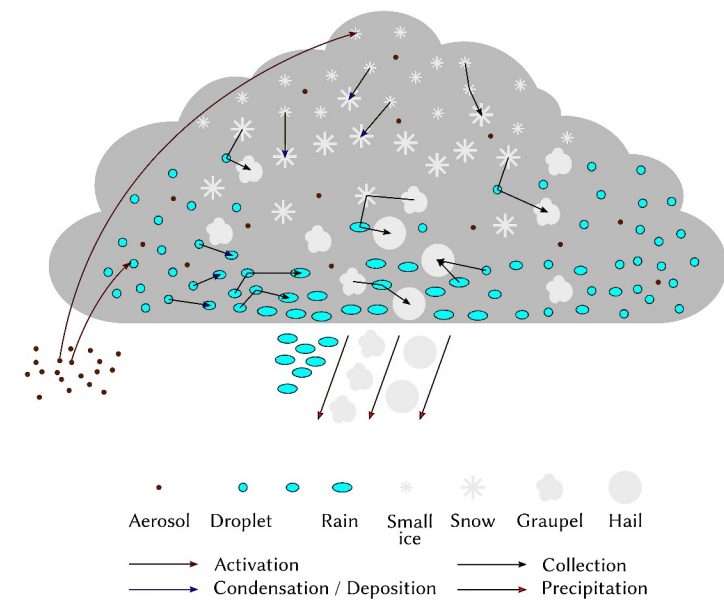
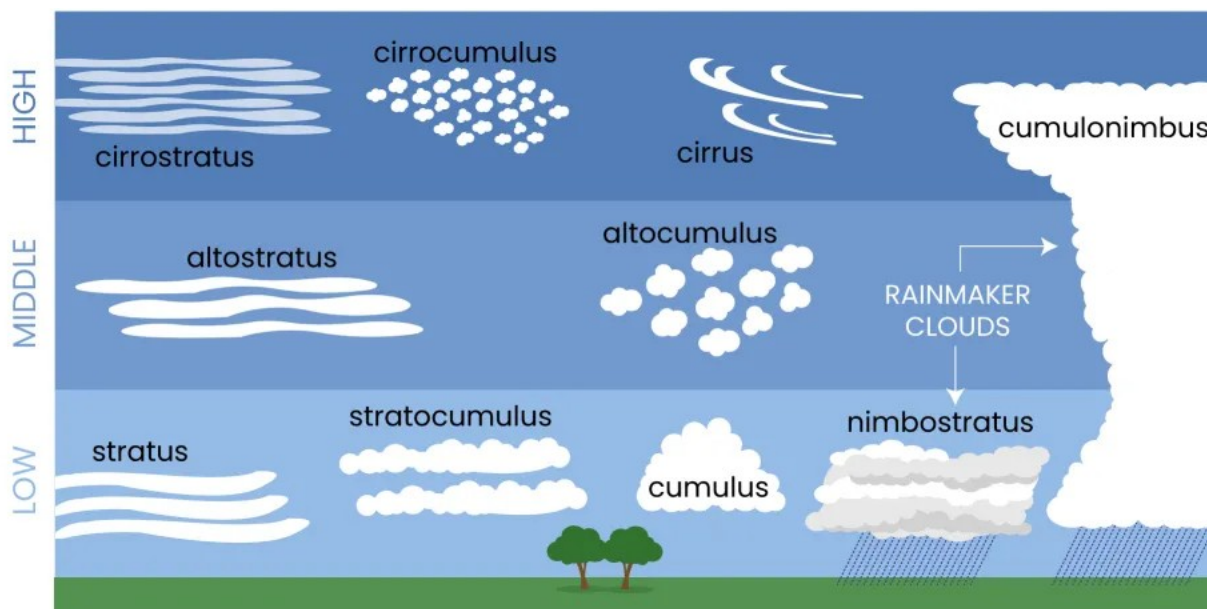
Le goccioline d'acqua che compongono una nuvola hanno dimensioni molto piccole:

- **Goccioline tipiche:** tra 5 e 20 micrometri (μm) di diametro, con una media intorno ai 10 μm .
- **Gocce di pioggia:** da 0,5 a 5 millimetri, ovvero circa 100–500 volte più grandi.

Per dare un'idea concreta: un capello umano ha un diametro di circa 70 μm , quindi una singola gocciolina è circa 7 volte più “*sottile*” di un capello.

Le goccioline sono così piccole e leggere ($\approx 10^{-10}\text{g}$) che la turbolenza dell'aria riesce a tenerle sospese, impedendo loro di cadere. Solo quando si aggregano e raggiungono dimensioni sufficienti precipitano come pioggia ($\approx 10^{-3}\text{g}$).

Dall'evaporazione al ciclo dell'acqua



Dall'evaporazione al ciclo dell'acqua

La temperatura alla quale il vapore inizia a condensare è nota come “*punto di rugiada*”. Se la condensazione avviene al suolo, l'acqua tende a formarsi su varie superfici, formando piccole gocce: la ***rugiada***. Quando la temperatura delle superfici è inferiore al punto di congelamento, il ***vapore acqueo si trasforma invece in ghiaccio***: si forma la ***brina***. In situazioni dove si ha un rapido raffreddamento degli strati di aria immediatamente sovrastanti la superficie del terreno (il raffreddamento è massimo durante le notti serene e senza vento), il vapore condensa in goccioline così piccole da rimanere sospese nell'aria formando una vera e propria nube in prossimità del suolo: la ***nebbia***

Il Ciclo dell'Acqua: Quando il Cielo diventa un Distillatore




Osserva lo schema dei cambiamenti di stato dell'acqua.


1 L'acqua sulla Terra con il calore del Sole evapora e ricompare in cielo sotto forma di nuvole. L'acqua è passata **dallo stato liquido allo stato aeriforme**.

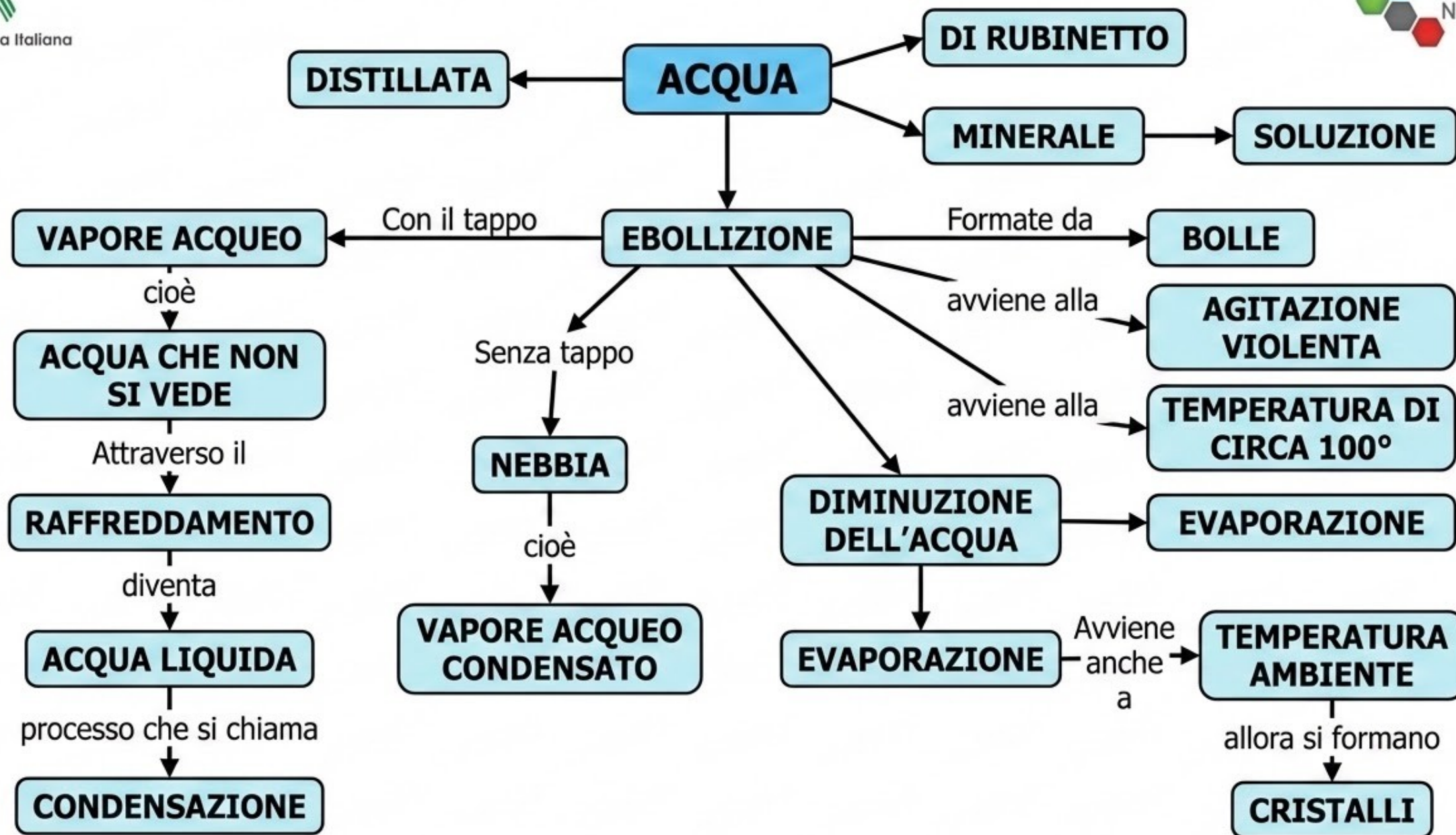
2 Le goccioline di vapore acqueo rimangono sospese perché molto leggere. Quando si ingrossano, il loro peso aumenta e cadono sotto forma di pioggia. L'acqua passa così **dallo stato aeriforme allo stato liquido**.

3 Se le gocce di pioggia, cadendo, incontrano aria fredda, si trasformano in ghiaccio: è avvenuta la trasformazione **dallo stato liquido allo stato solido**.

4 Appena fa un po' più caldo il ghiaccio fonde e passa **dallo stato solido allo stato liquido**: torna a essere acqua.



RISORSE




Attività 7

Sublimazione, Evaporazione e odori

Se foste bendati riuscireste a distinguere le sostanze presenti nei tre vetrini?



Secondo voi, perché sentiamo gli odori? Come fa l'aceto che è sulla cattedra ad “entrare” nel naso?

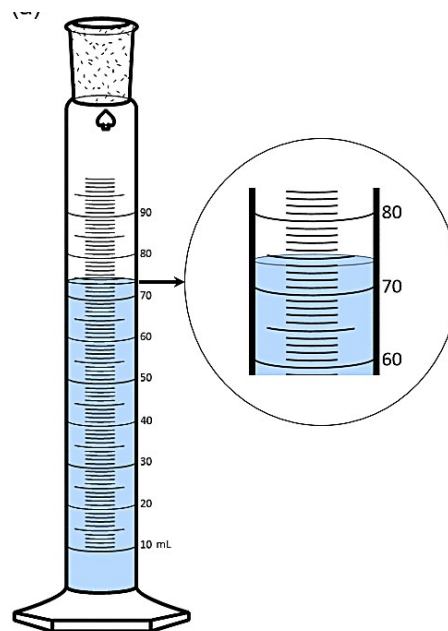
Nel caso di tre sostanze solide riuscireste a distinguerle dal loro odore?

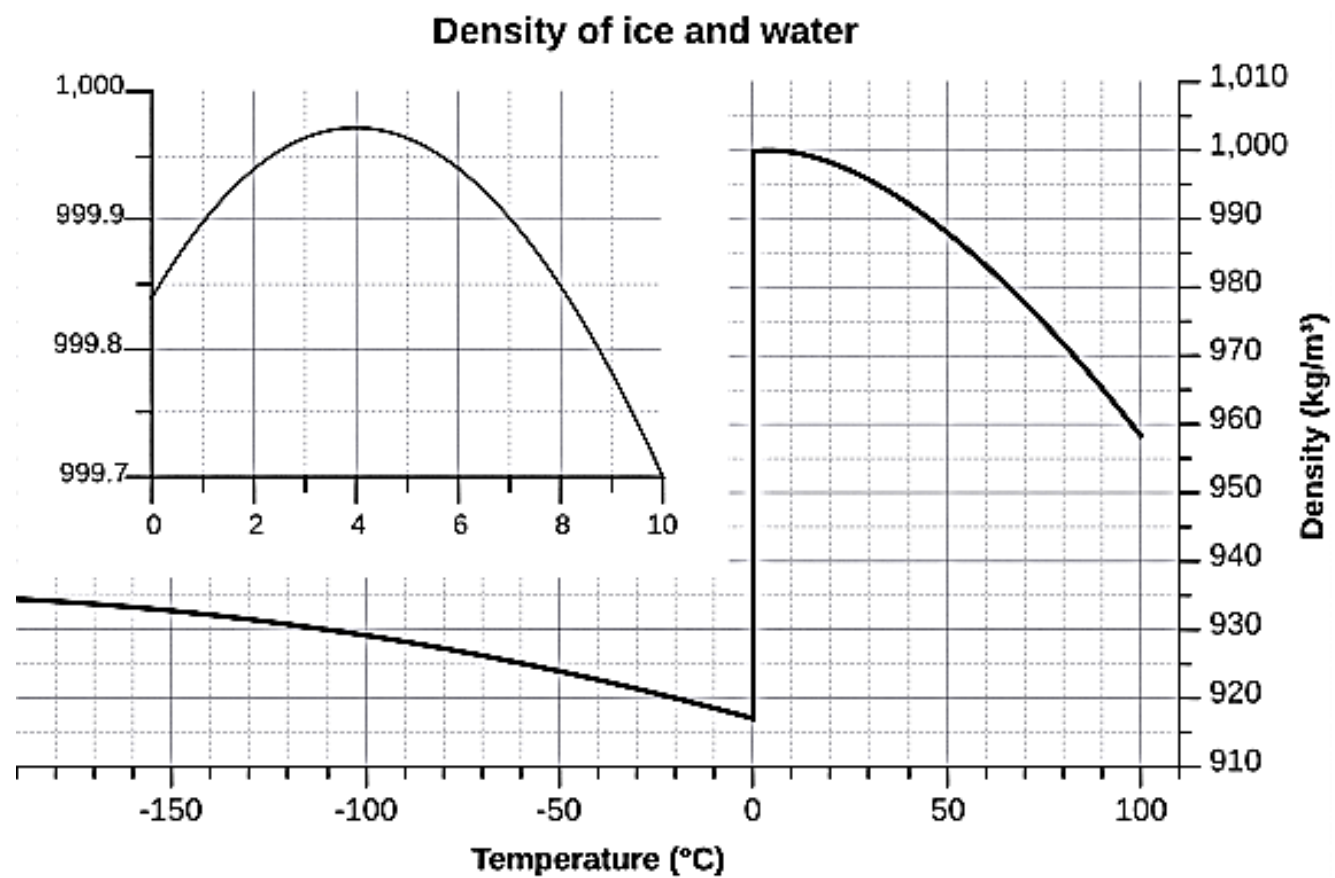


Secondo voi quale trasformazione ci permette di sentire questi odori?

Attività 8

Il comportamento “*anomalo*” dell’acqua allo stato liquido quando solidifica





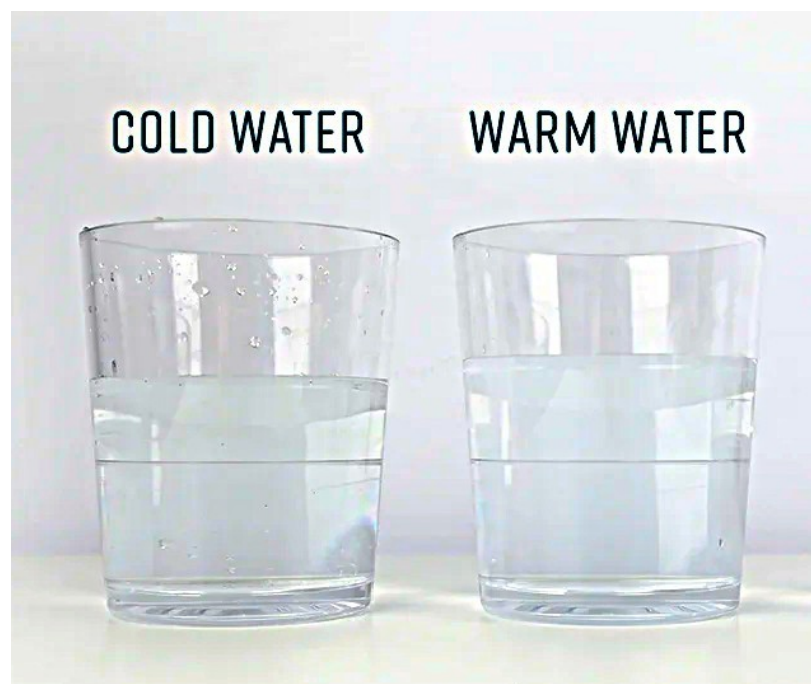
Perché questo fenomeno è fondamentale per la vita?

Se il ghiaccio fosse più denso dell'acqua liquida:

- Il ghiaccio affonderebbe nei laghi e negli oceani.
- I fondali si congelerebbero completamente, uccidendo la vita acquatica.
- Invece, poiché l'acqua a **4°C** è la più pesante, essa scende sul fondo e **rimane liquida**, permettendo ai pesci di sopravvivere sotto lo strato di ghiaccio superficiale che fa da isolante termico.

Attività 9

Temperatura e densità: l'origine dei moti convettivi dell'acqua



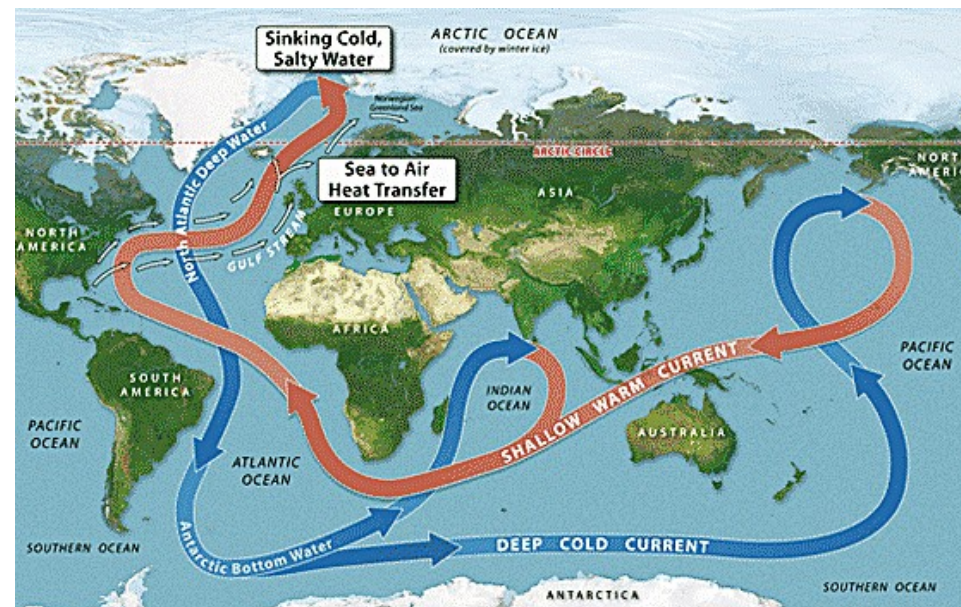
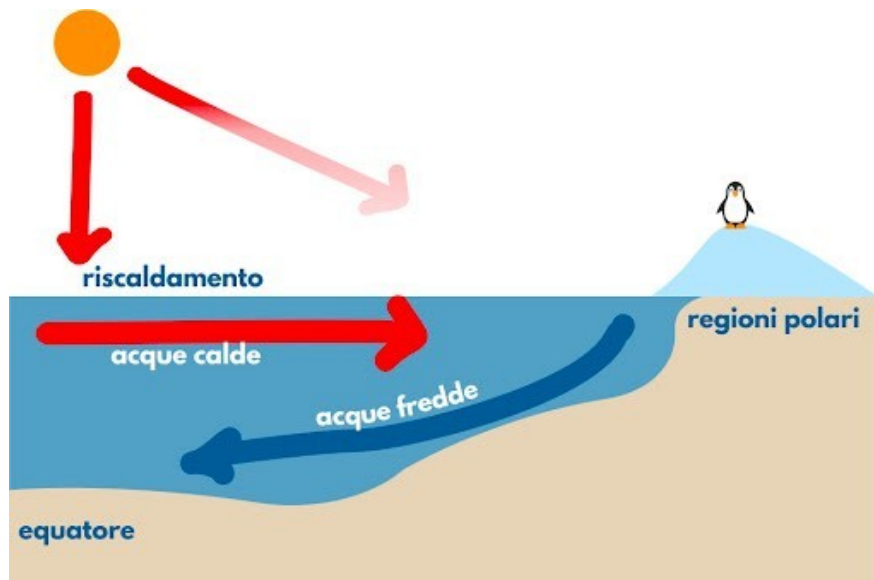
Prendete due contenitori: uno grande contenete acqua fredda e l'altro più piccolo pieno di acqua molto calda colorata (inchiostro). Immergete rapidamente il contenitore piccolo in quello grande e osservate quello che succede.



Un motore invisibile: il *Nastro Trasportatore Oceanico*

L'acqua a 4°C è la più densa e tende a sprofondare. Questo semplice fatto è il "*cuore*" delle correnti oceaniche globali, noto come *Nastro Trasportatore Oceanico (thermohaline circulation)*:

- ai poli, l'acqua si raffredda e si contrae, diventando più densa
- l'acqua fredda, essendo più densa, scende verso il fondo dell'oceano. Questo movimento di "*affondamento*" sposta masse d'acqua enormi, perché richiama acqua più calda dai tropici (come la Corrente del Golfo)
- l'acqua fredda e densa agisce come una pompa che distribuisce calore, ossigeno e nutrienti in tutto il mondo
- senza questa fenomeno, ad esempio, il clima europeo sarebbe più freddo perché la Corrente del Golfo non avrebbe motivo di risalire verso nord.





Il cambiamento climatico minaccia il *Nastro Trasportatore Oceanico* attraverso due meccanismi principali strettamente collegati.

- *Il problema dello scioglimento dei ghiacci.* L'Artico si sta riscaldando molto più velocemente del resto del pianeta. Lo scioglimento della Groenlandia e dei ghiacci artici riversa enormi quantità di acqua dolce nell'oceano. L'**acqua dolce** è meno densa dell'acqua salata, quindi affonda con più difficoltà attenuando il "*motore*" del nastro trasportatore che si basa proprio sull'affondamento dell'acqua densa e fredda.
- *Il riscaldamento delle acque superficiali.* Le acque superficiali più **calde** sono anch'esse meno dense. Questo riduce ulteriormente la capacità dell'acqua di affondare negli abissi, indebolendo ulteriormente il ciclo.

Le conseguenze concrete di un rallentamento del *Nastro Trasportatore Oceanico*

Un indebolimento significativo avrebbe effetti a cascata molto seri, tra cui l'Europa nord-occidentale che si raffredderebbe, perché perderebbe l'apporto di calore tropicale che oggi la rende il suo clima più mite di quanto la sua latitudine suggerirebbe. Ci sarebbero anche sconvolgimenti nelle piogge monsoniche in Africa e Asia con gravi rischi per la sicurezza alimentare, e un'intensificazione degli eventi meteo estremi.

Poi avremmo Oceani "*Stagnanti*" con gravi conseguenze perché il nastro trasportatore non sposta solo calore, ma anche ossigeno e nutrienti:

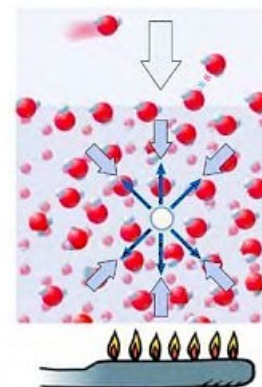
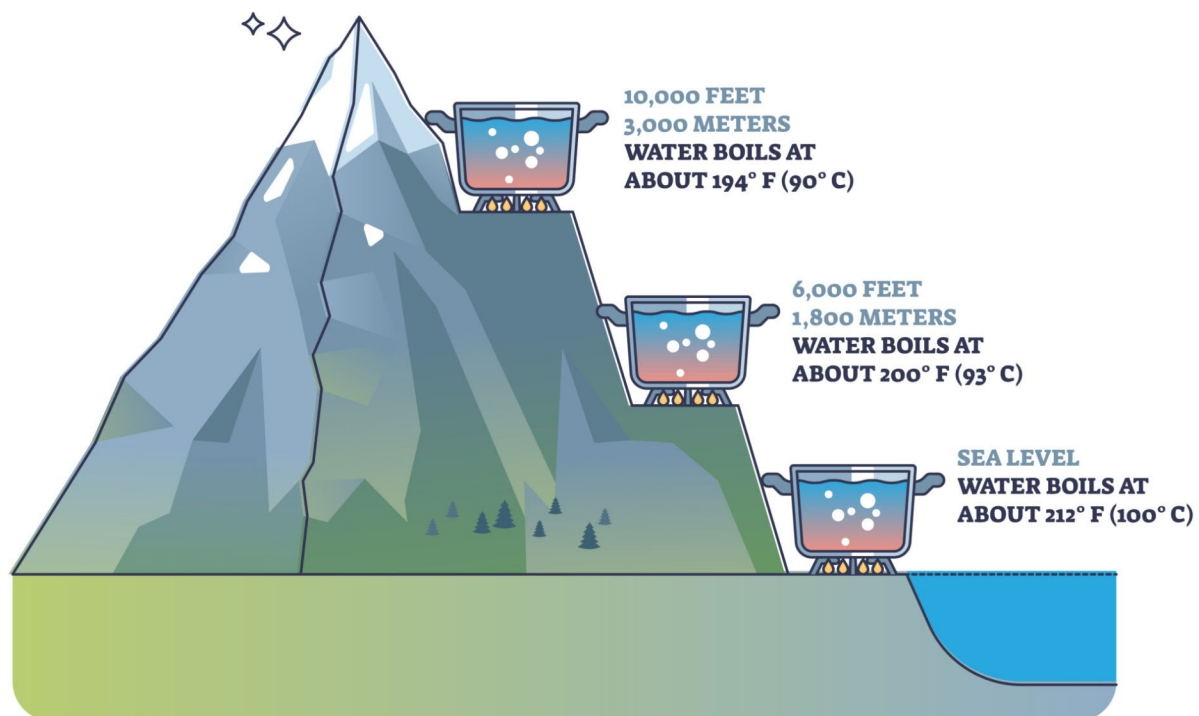
- L'acqua che affonda porta ossigeno negli abissi.
- L'acqua che risale porta nutrienti (fosfati, nitrati) in superficie per il plancton.
- Senza questo ricircolo gli abissi diventerebbero zone morte prive di ossigeno e la catena alimentare marina rischierebbe il collasso
- Se la corrente si ferma, l'acqua tenderebbe ad accumularsi, ad esempio, lungo le coste orientali degli Stati Uniti e del Nord Europa. Questo causerebbe un innalzamento del livello del mare molto più rapido rispetto a quello causato dal solo scioglimento dei ghiacci.

Siamo in un momento storico cruciale. Proprio all'inizio di questo 2026, il dibattito scientifico si è intensificato a causa di nuovi dati che suggeriscono che potremmo essere più vicini al "**punto di non ritorno**" di quanto pensassimo solo cinque anni fa. Non c'è consenso sui tempi esatti, ma la direzione preoccupa profondamente la comunità scientifica.

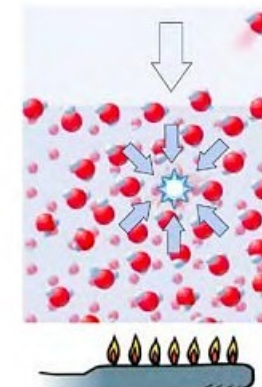
Attività 10

L'acqua bolle sempre a 100°C?

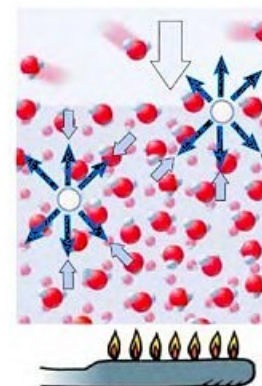
BOILING POINT OF WATER



① As liquid water is heated, molecules gain enough energy to evaporate beneath the surface, forming bubbles of water vapor.



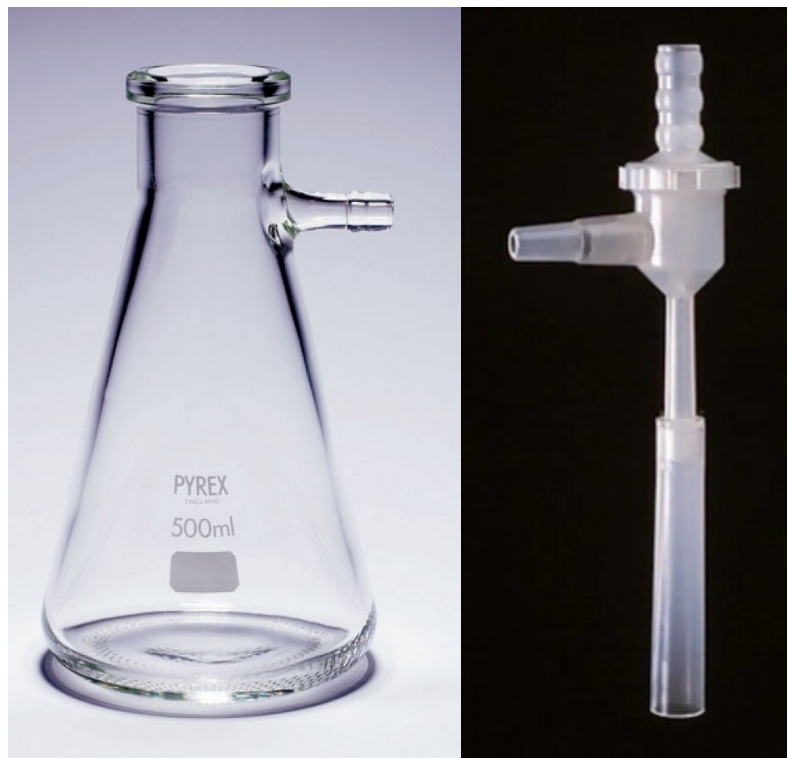
② Before boiling, the pressure of the water vapor inside the bubbles is less than the sum of atmospheric plus water pressure. Thus, any water vapor bubbles collapse. In reality, the bubbles just never form.



③ At the boiling point, the pressure inside the bubbles is great enough to allow bubble formation. Resulting bubbles of water vapor are buoyed to the surface and escape.



④ We see this evaporation beneath the surface as boiling.

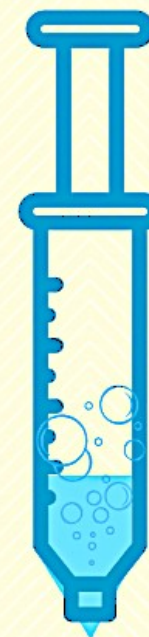


Boil Water at Room Temperature

Water boils when its vapor pressure equals atmospheric pressure. Lowering pressure lowers the boiling point temperature.

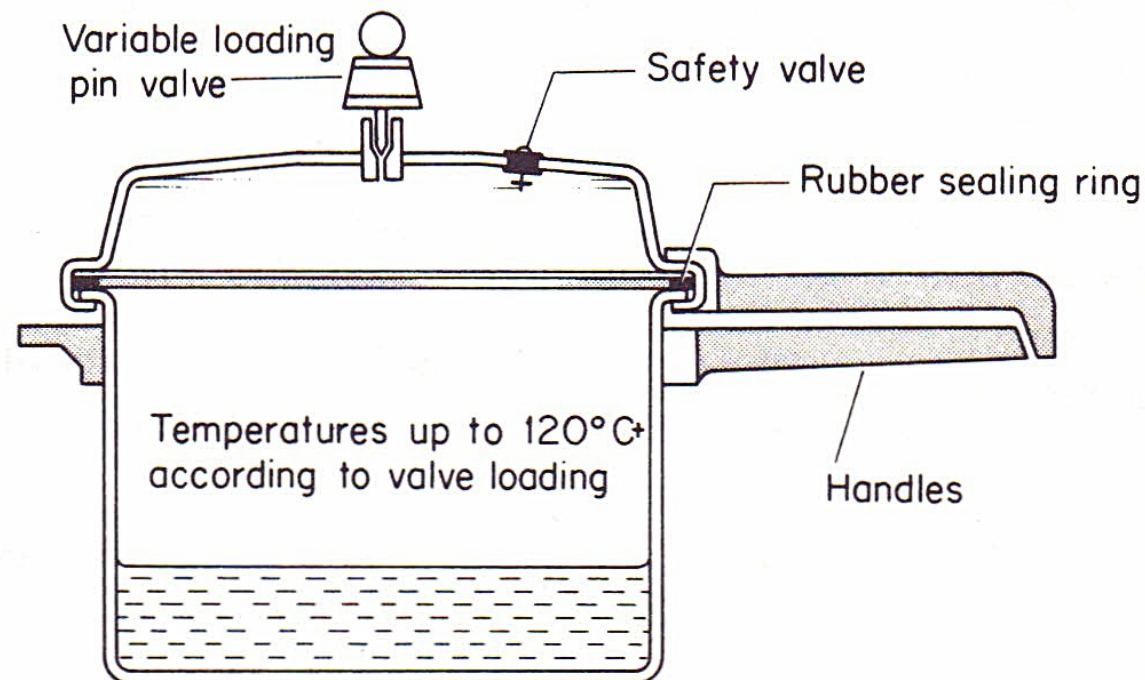


- Fill a syringe with a bit of water.
- Cover the tip of the syringe to seal it.
- Pull back on the plunger to form a vacuum.
- Water boils as the pressure drops.

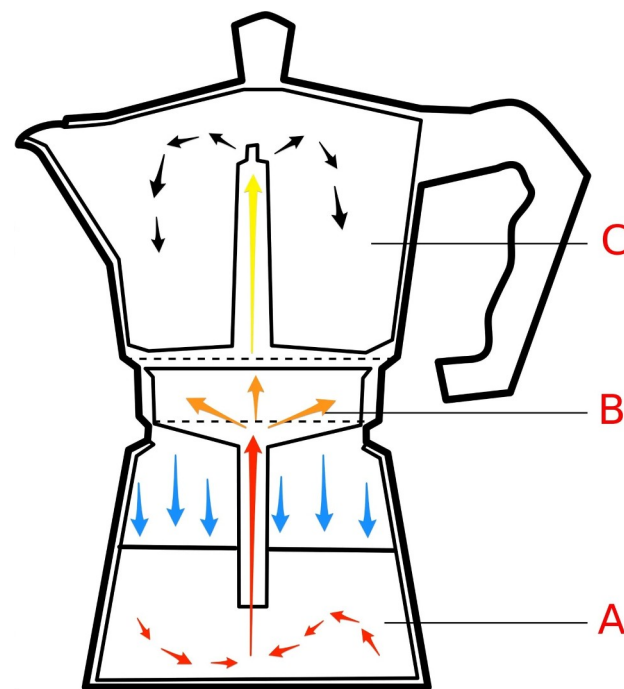


sciencenotes.org

La Pentola a pressione



La Moka



*“Gli studi sulla chimica dell'estrazione delle sostanze aromatiche presenti nel caffè mostrano come a temperature diverse si estraggono con più o meno facilità componenti aromatiche diverse, alcune desiderabili altre no. La temperatura ottimale dell'acqua dovrebbe essere attorno a **90-93 °C**. A temperature molto superiori vengono estratte anche componenti aromatiche indesiderabili, che portano note astringenti e bruciate. Temperature troppo basse invece non estraggono componenti fondamentali del caffè, che risulta meno complesso e più acido ...” D.Bressanini, La scienza del caffè con la Moka, Le Scienze, 2015*

Umidità (relativa)



Vapore e umidità (relativa)

L'acqua allo stato di vapore è uno dei componenti della nostra atmosfera e viene definita, solitamente, con il termine **umidità**. La percentuale di vapore acqueo presente nell'aria può variare notevolmente, ma, normalmente, non supera il **5%** del volume complessivo di aria, in quanto raggiunge ben presto la saturazione. Infatti l'aria può contenere solo quantità definite di vapore, che variano a seconda della temperatura: più l'aria è calda, maggiore è la quantità di vapore che può essere immagazzinata. Quando l'aria non è più in grado di ospitare altro vapore acqueo, si dice che ha raggiunto il punto di saturazione. Il vapore acqueo inizierà allora a tornare allo stato liquido, cioè a condensare. Un modo utile e pratico per esprimere l'umidità è quello farlo ricorrendo ai valori di "**umidità relativa**", che è il **rapporto** percentuale fra la quantità di vapore acqueo effettivamente presente e quello che vi potrebbe essere se l'aria fosse satura nelle stesse condizioni di temperatura e pressione. Quando si parla di umidità relativa dell'aria al 70%, significa che l'aria in esame contiene il 70% della quantità del vapore acqueo che, a quella data pressione e temperatura, porterebbe alla saturazione. Per l'uso quotidiano, questi valori assumono una grande importanza, in quanto l'umidità relativa contribuisce a determinare la **velocità di evaporazione**: se l'umidità relativa aumenta, la velocità di evaporazione diminuisce e viceversa. Per gli esseri viventi la velocità di evaporazione è ben più importante della quantità di vapore presente nell'aria: per esempio, è il processo di evaporazione dell'acqua che permette la regolazione della temperatura corporea.

Evaporazione, sudorazione e indice di calore

Nelle calde giornate estive, il corpo umano deve mantenere la sua temperatura entro i limiti fisiologici e lo fa attraverso la traspirazione. La successiva evaporazione del sudore (in pratica acqua) sottrae calore, raffreddando così la pelle (ricordate la sensazione di “freddo” quando si esce da un bagno al mare o in piscina?).

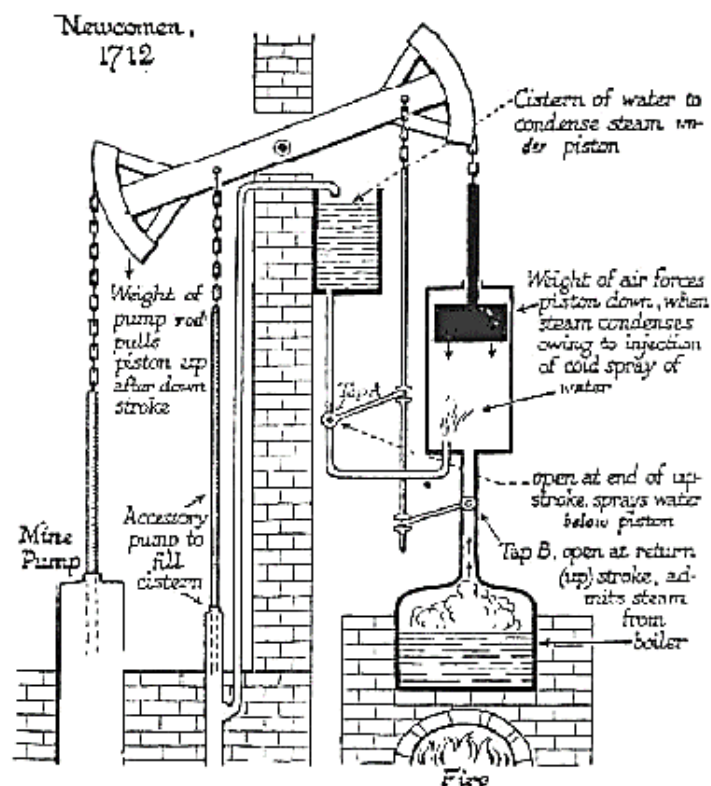
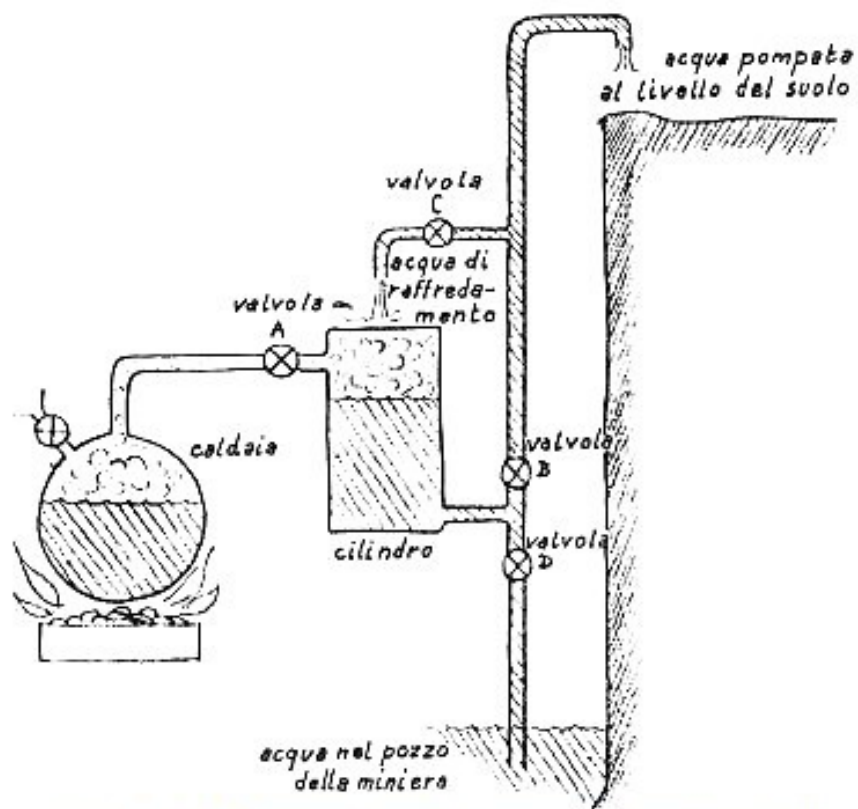
L'umidità relativa dell'ambiente può interferire con questo processo, limitando la possibilità di evaporazione. Nel caso di umidità elevata, l'organismo non ha modo di eliminare il calore in eccesso, per cui la sensazione è la stessa di quella provocata da una temperatura maggiore, proprio perché il meccanismo fisiologico di raffreddamento è ostacolato.

Vi è un apposito indice, per misurare l'intensità dell'afa: la temperatura apparente (o **indice di calore**), la quale indica la temperatura effettiva da noi avvertita in presenza di afa (vedi tabella successiva). Si rischia il colpo di calore quando tale indice supera 42° C.

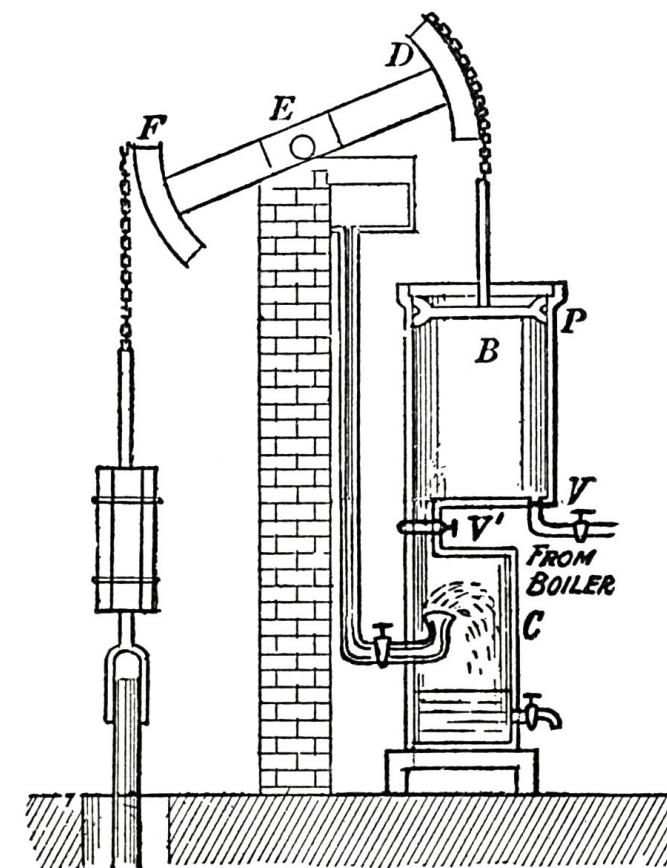
	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%
42°	48	50	52	55	57	59	62	64	66	68	71	73	75	77	80	82
41°	46	48	51	53	55	57	59	61	64	66	68	70	72	74	76	79
40°	45	47	49	51	53	55	57	59	61	63	65	67	69	71	73	75
39°	43	45	47	49	51	53	55	57	59	61	63	65	68	68	70	72
38°	42	44	45	47	49	51	53	55	56	58	60	62	64	66	67	69
37°	40	42	44	45	47	49	51	52	54	56	58	59	61	63	65	66
36°	39	40	42	44	45	47	49	50	52	54	55	57	59	60	62	63
35°	37	39	40	42	44	45	47	48	50	51	53	54	56	58	59	61
34°	36	37	39	40	42	43	45	46	48	49	51	52	54	55	57	58
33°	34	36	37	39	40	41	43	44	46	47	48	50	51	53	54	55
32°	33	34	36	37	38	40	41	42	44	45	46	48	49	50	52	53
31°	32	33	34	35	37	38	39	40	42	43	44	45	47	48	49	50
30°	30	32	33	34	35	36	37	39	40	41	42	43	45	46	47	48
29°	29	30	31	32	33	35	36	37	38	39	40	41	42	43	45	46
28°	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43
27°	27	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41
26°	26	26	27	28	29	30	31	32	33	34	34	35	36	37	38	39
25°	25	25	26	27	27	28	29	30	31	32	33	34	34	35	36	37
24°	24	24	24	25	26	27	28	28	29	30	31	32	33	33	34	35
23°	23	23	23	24	25	25	26	27	28	28	29	30	31	32	32	33
22°	22	22	22	22	23	24	25	25	26	27	27	28	29	30	30	31

TEMPERATURE ELEVATE			
CODICE COLORE	SOGLIE (°C)	SCENARIO DI EVENTO	POSSIBILI EFFETTI E DANNI
VERDE	$T_{max} \leq 37^{\circ}\text{C}$	Temperature nella norma o poco superiori.	- Condizioni che non comportano un rischio per la salute della popolazione, non si escludono limitate conseguenze sulle condizioni di salute delle persone più vulnerabili.
GIALLO	$T_{max} \geq 38^{\circ}\text{C}$ oppure $T_{max} \geq 37^{\circ}\text{C}$ da almeno 2 giorni	Temperature medio -alte o prolungate su più giorni.	- Conseguenze sulle condizioni di salute delle persone più vulnerabili. - Colpi di calore e disidratazione in seguito ad elevate esposizioni al sole e/o attività fisica.
ARANCIONE	$T_{max} \geq 39^{\circ}\text{C}$ oppure $T_{max} \geq 38^{\circ}\text{C}$ da almeno 2 giorni	Temperature alte o prolungate su più giorni.	- Significative conseguenze sulle condizioni di salute delle persone più vulnerabili. - Colpi di calore e disidratazione in seguito ad elevate esposizioni al sole e/o attività fisica. - Locali interruzioni dell'erogazione di energia elettrica dovute al sovraccarico della rete.
ROSSO	$T_{max} \geq 40^{\circ}\text{C}$ oppure $T_{max} \geq 39^{\circ}\text{C}$ da almeno 2 giorni	Temperature molto alte o prolungate su più giorni.	- Gravi conseguenze sulle condizioni di salute delle persone più vulnerabili e possibili effetti negativi sulla salute di persone sane e attive. - Colpi di calore e disidratazione in seguito ad elevate esposizioni al sole e/o attività fisica. - Prolungate e/o diffuse interruzioni dell'erogazione di energia elettrica dovute al sovraccarico della rete.

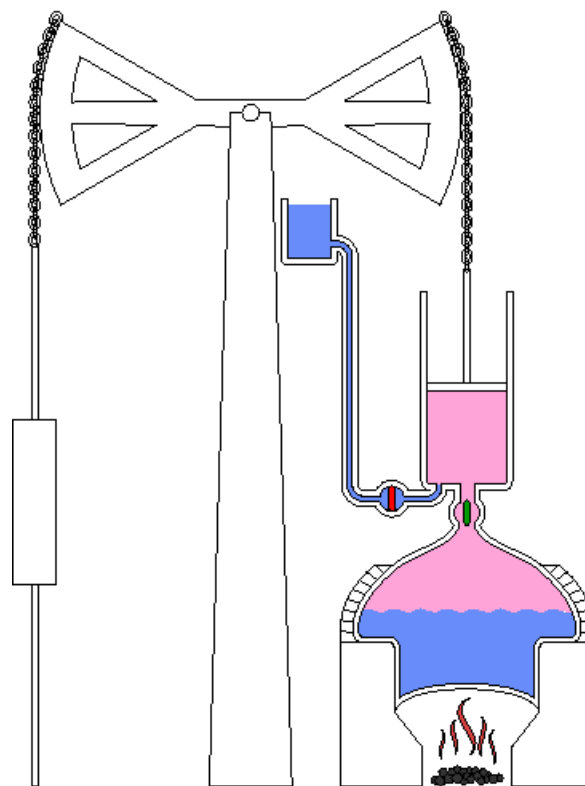
La macchina a vapore (Savery, Newcomen, Watt)



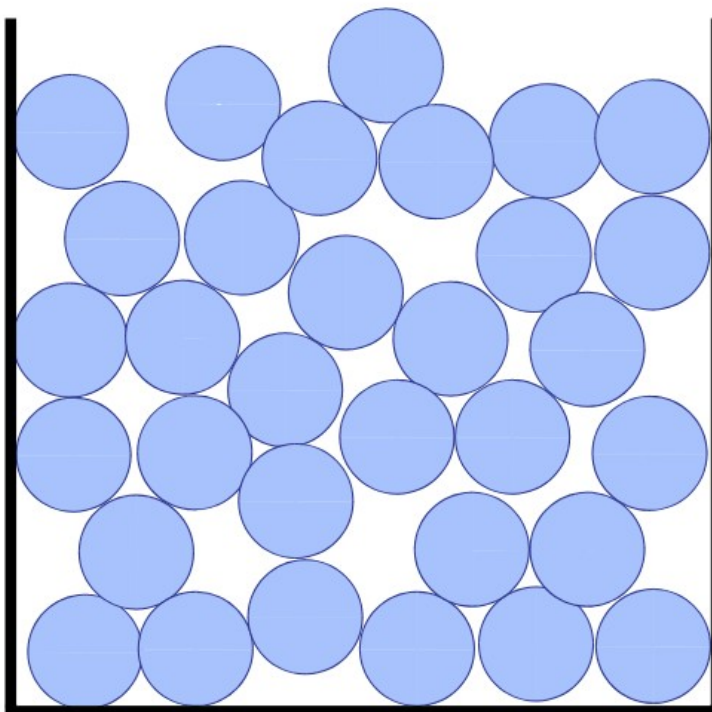
DIAGRAMMATIC VIEW OF NEWCOMEN'S ATMOSPHERIC OR FIRE ENGINE (1712)



La macchina a vapore di Newcomen



Perché e come avviene la formazione delle bolle?



Liquido

