

REGIONE  
TOSCANA



***Titolo: la nascita della chimica moderna***

***Grado scolastico: scuola secondaria di secondo grado***

***Area disciplinare : chimica***

***Denominazione scuola: I. I. S. A. M. Enriquez Agnoletti***

***Docenti coinvolti: M. Chiara Colao e M. Rosaria Santo***

Realizzato con il contributo della Regione Toscana  
nell'ambito del progetto

***Rete Scuole LSS a.s. 2021/2022***

## Collocazione nel curriculum verticale

Il curriculum verticale del primo biennio utilizza una **metodologia di tipo laboratoriale** in cui l'osservazione riveste un ruolo fondamentale in quanto apre nuovi scenari per uno studio ragionato della chimica e sfrutta la curiosità e la naturale propensione alla "scoperta" tipica dell'età adolescenziale.

Partendo dall'osservazione di semplici fenomeni che sono alla base di importanti nodi concettuali, si chiede agli studenti di descrivere ciò che vedono, di provare a dare una interpretazione e, attraverso la discussione collettiva, arrivare a dare importanti definizioni operative che sono il frutto della sperimentazione e della rielaborazione personale.

I **percorsi della classe prima** conducono alla costruzione del concetto di sostanza pura e di miscela, e puntano a una prima differenziazione operativa tra trasformazioni chimiche e trasformazioni fisiche. L'impostazione è esclusivamente di tipo fenomenologico induttivo ed i fenomeni indagati riguardano la **solubilità**, l'ebollizione, e quindi i **passaggi di stato**. Attraverso l'analisi dei fenomeni di **combustione** si avvia quindi una riflessione sull'importanza delle trasformazioni chimiche sullo sviluppo della nostra civiltà che condurrà alla scoperta dei metalli e al loro utilizzo. L'indagine prosegue poi con una serie di esperienze che conducono ad una prima **definizione operativa di "acido" e di "base"**. Questo permette di costruire la gerarchia compositiva della materia, secondo la visione seicentesca, basata su metalli e non metalli, acidi, basi e sali che è stata indispensabile per la nascita della chimica moderna e il passaggio ad un metodo ipotetico-deduttivo.

In **seconda** viene affrontato il tema della **nascita del concetto di gas**. E' in questo contesto che si colloca il percorso che qui viene descritto. Partendo dalla calcinazione dei metalli, attraverso esperienze di laboratorio e momenti di narrazione in cui si ricostruisce il contesto storico in cui si è trovato ad operare Lavoisier, si sviluppa il percorso che ha condotto alla **nascita della chimica moderna**.

Il percorso è stato svolto in **tre classi seconde**, due del liceo **scientifico matematico** e una delle **scienze applicate** e si è avvantaggiato della collaborazione delle due docenti di scienze naturali. Pur avendo effettuato la progettazione in modo condiviso, i tempi richiesti e le modalità di esecuzione sono stati adattati alle esigenze di ogni gruppo classe. Nella classe di scienze applicate il monte ore curricolare ha consentito lo svolgimento dell'intero percorso che si conclude con la tavola degli elementi di Lavoisier; nelle classi di liceo matematico, invece, si conclude con la generalizzazione della legge di conservazione della massa.

# Progettazione articolata in fasi ed attività

## Fase I: calcinazione e combustione

1. La calcinazione dei metalli (*esperienza*)
2. Il ruolo del fuoco nelle trasformazioni chimiche prima del '700 (*narrazione*)

## Fase II: la rivoluzione chimica ed il trionfo della misura

1. Trasmutazione dell'acqua, il "pellicano" di Lavoisier (*narrazione*)
2. Combustione dello zolfo e della candela in bagno pneumatico (*esperienza*)
3. La scoperta fondamentale del 1772 (*narrazione*)
4. La conservazione della massa: reazione dell'acido cloridrico con carbonato di calcio in ambiente chiuso (*esperienza*)

## Fase III: la composizione dell'aria

1. La combustione del fosforo (*narrazione*)
2. La scoperta dell'aria deflogisticata (*narrazione*)
3. La combustione del magnesio (*esperienza*)
4. La calcinazione del mercurio (*narrazione*)
5. La composizione dell'aria fissa (*narrazione*)

## Fase IV: la composizione dell'acqua - la tavola degli elementi di Lavoisier

1. Esperienza con acidi e metalli - la scoperta dell'idrogeno
2. Reazione dell'idrogeno con l'ossigeno - esperimento di Cavendish (*narrazione*)
3. La decomposizione dell'acqua - esperimento di Lavoisier (*narrazione*)
4. La decomposizione dell'acqua - voltmetro di Hoffmann (*esperienza*)
5. Gli elementi chimici - gerarchia compositiva della materia di Lavoisier (*narrazione*)

## Approccio metodologico

Vengono seguiti i canoni tipici della metodologia LSS ma si sfrutta l'introduzione di alcuni strumenti digitali che potenziano l'efficacia dei momenti di condivisione.

### Elementi salienti:

- **Osservazione** e descrizione dei fenomeni presentati
- **Prima interpretazione** dei fenomeni osservati
- **Verbalizzazione scritta** individuale
- **Discussione collettiva** per arrivare a risposte condivise
- **Ricerca di un lessico rigoroso** per arrivare a dare definizioni strutturalmente coerenti
- **Attività sperimentali** finalizzate alla costruzione dei concetti e mai dimostrative

### Strumenti digitali adottati:

- **Uso di classroom** per condividere materiali con gli studenti
- **Diario di bordo** digitale dello studente condiviso con il docente
- **Uso di piattaforme digitali** (Mentimeter) per creare presentazioni interattive al fine di raccogliere velocemente e condividere le risposte degli studenti
- **Presentazioni multimediali** utilizzate per la narrazione e la ricostruzione storica

## Materiali e strumenti utilizzati

★**Sostanze utilizzate:** metalli (rame in polvere, zinco in polvere, piombo in granuli, magnesio nastro), zolfo, acido cloridrico, acido solforico, indicatori di pH (fenolftaleina, rosso metile), solfato di sodio, candela.

★**Strumenti:** bilance digitali (sensibilità 0,01g), becco Bunsen, vetreria (capsule e crogioli, becker, cristallizzatori, cilindri, provette, portaprovette), spatole, voltmetro di Hoffmann, LIM, lavagna tradizionale.

★**Materiali prodotti:** diari di bordo delle docenti, diari di bordo degli studenti (documento google condiviso con il docente), bacheca virtuale, tabelle.

## Ambienti di lavoro

- ★ **Laboratorio:** per le fasi di allestimento delle esperienze, di verbalizzazione e di discussione collettiva. Alcune esperienze sono svolte dagli studenti in gruppo, altre sono allestite dalle docenti nel rispetto delle norme di sicurezza.
- ★ **Aula:** per le fasi di narrazione, di ricostruzione del contesto storico.
- ★ **Casa:** gli studenti a casa hanno espletato la fase di rielaborazione personale e hanno effettuato alcune delle prove previste dal percorso.
- ★ **Classroom:** per la condivisione di materiali multimediali

## Tempo impiegato

- ★ Per la progettazione: 8 ore
- ★ Durata del percorso per classe: 14 ore nelle scienze applicate, 8/9 ore circa nel liceo tradizionale
- ★ Per l'analisi in itinere: 10 ore  
(confronto tra docenti, stesura diario di bordo docenti, preparazione verifica finale)
- ★ Per la documentazione: 20 ore

# Descrizione del percorso didattico

## *Fase I - Calcinazione e combustione*

**Obiettivo:** osservare e descrivere fenomeni associati ad una trasformazione chimica

**Attività 1:** la calcinazione dei metalli

La prima attività del percorso è sperimentale, gli studenti lavorano in gruppo.

Si procede con la calcinazione di tre metalli in ambiente aperto e in ambiente chiuso. Ogni gruppo effettua una calcinazione e annota con precisione i risultati ottenuti in modo che questi vengano riferiti nella successiva fase di condivisione e discussione collettiva. I metalli si lasciano calcinare per circa 25'.

Materiali:

- rame in polvere
- piombo in granuli
- zinco in polvere
- crogiuolo con coperchio
- capsula di porcellana
- spatoline
- bilancia (sensibilità 0,01g)
- becco bunsen
- treppiedi con reticella



# Descrizione del percorso didattico

## Fase I - Calcinazione e combustione

Abbiamo effettuato la **calcinazione di tre metalli**: rame, piombo e zinco. Per la calcinazione del rame abbiamo realizzato un'analisi **quantitativa**, utilizzando la bilancia abbiamo confrontato il peso del rame iniziale con quello finale; per il piombo e lo zinco abbiamo realizzato un'analisi **qualitativa**, che consiste nell'osservazione della sostanza prima e dopo la calcinazione.

All'inizio alcuni di noi hanno pesato il rame:

- ★ 0,6 g di rame per la calcinazione in ambiente chiuso avvenuta all'interno di un crogiuolo dotato di un coperchio
- ★ 0,6 g di rame per la calcinazione in ambiente aperto avvenuta in una capsula aperta.

Ci siamo suddivisi in tre gruppi, dove ognuno di questi doveva osservare la calcinazione di due dei tre metalli, con lo scopo di fare una media tra le misure che avremo ottenuto.

*dal diario di Ilaria*

Gli studenti lavorano in autonomia, essendosi divisi i compiti; in ogni gruppo uno studente si occupa di fare le foto per evidenziare eventuali cambiamenti visibili dei metalli durante la calcinazione. Hanno già effettuato nel corso dell'anno scolastico la calcinazione dei carbonati e in quel caso si era registrata una diminuzione della massa anche quando non era stata osservata alcuna variazione nell'aspetto (calcinazione del carbonato di magnesio).

Mentre la calcinazione procede, utilizzando mentimeter, si pone la seguente domanda: "*cosa pensi che accada, relativamente alla massa del rame, al termine della calcinazione?*"

16 alunni rispondono che diminuirà (in analogia con le calcinazioni dei carbonati fatte nel passato); 4 studenti rispondono che aumenterà (riferendosi alla dilatazione dei metalli con il calore...hanno confuso il volume con la massa); 1 studente ritiene che la massa resterà invariata.

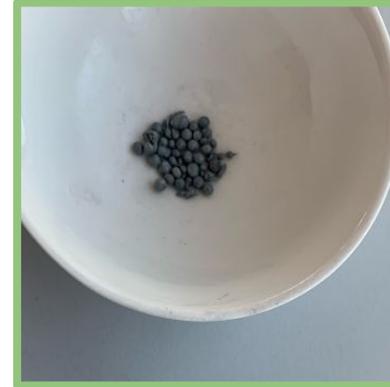
# Descrizione del percorso didattico

## Fase I - Calcinazione e combustione

### OSSERVAZIONI

- dopo circa 10 minuti dall'inizio della calcinazione, osservando il **rame** nella capsula aperta che inizialmente era rosso, si presenta molto più scuro con una sfumatura di colori che lo attraversa (forse causato dal riflesso della luce); una volta conclusa la calcinazione il rame si presenta scuro con delle parti ancora un po' marroncine: il suo aspetto ricorda molto quello dell'ossido di rame;
- confronto tra aspetto iniziale e aspetto finale del **piombo** (calcinazione in ambiente aperto) il piombo ha cambiato colore: è diventato in alcune parti giallino.
- confronto tra aspetto iniziale e aspetto finale dello **zinco** (calcinazione in ambiente aperto) zinco è rimasto uguale esteticamente

dal diario di Ilaria



rame

piombo

zinco

# Descrizione del percorso didattico

## Fase I - Calcinazione e combustione

I risultati dei vari gruppi vengono condivisi e si avvia la discussione collettiva

<i>calcinazione rame (ambiente aperto)</i>	<i>Gruppo 1</i>	<i>Gruppo 2</i>
<i>peso capsula</i>	<i>24,15 g</i>	<i>26,78 g</i>
<i>peso iniziale rame</i>	<i>0,6 g</i>	<i>0,6 g</i>
<i>peso totale iniziale</i>	<i>24,75 g</i>	<i>27,38 g</i>
<i>peso totale finale</i>	<i>24,87 g</i>	<i>27,46 g</i>
<i>peso finale rame</i>	<i>0,72 g</i>	<i>0,68 g</i>
<i>aumento peso rame</i>	<i>0,12 g</i>	<i>0,08 g</i>

# Descrizione del percorso didattico

## *Fase I - Calcinazione e combustione*

<i>calcinazione rame (in ambiente chiuso)</i>	<i>Gruppo 1</i>	<i>Gruppo 2</i>
<i>peso totale iniziale</i>	<i>32,35 g</i>	<i>33,71 g</i>
<i>peso totale finale</i>	<i>32,40 g</i>	<i>33,75 g</i>
<i>aumento peso rame</i>	<i>0,05 g</i>	<i>0,04 g</i>

Dai risultati emerge che la massa del rame aumenta sia con la calcinazione in ambiente aperto che chiuso, questo genera stupore negli studenti. L'aumento è maggiore in ambiente aperto. A questo punto si procede con ulteriori domande, utilizzando ancora una volta mentimeter: si riportano alcune delle risposte degli studenti.

# Come si spiega l'aumento di peso al termine della calcinazione del rame?



secondo me è possibile che il rame con la calcinazione abbia raccolto dei gas e di conseguenza aumentato il suo peso.	Perché i metalli si legano a i gas esterni	qualche sostanza si è unita al rame
Perché si unisce l'ossigeno	si spiega con la dilatazione del rame, che provoca un aumento del suo volume	Per via del calore il metallo si dilata e permette a delle sostanze di entrare nel metallo
perché all'interno del metallo avvengono delle trasformazioni	L'aumento della massa del rame, diventato ossido in seguito alla calcinazione, è causato dall'aggiunta di un'altra sostanza.	Forse perché quando si dilata c'è la possibilità che entrino altre sostanze esterne.

Le risposte sono varie, molti fanno riferimento all'aria, all'ossigeno, ai gas. Le componenti dell'aria emergono in alcuni casi, il percorso sulla nascita del concetto di gas ha condotto gli studenti a comprendere che esistono vari tipi di aria ma il concetto di ossigeno è attribuibile al bagaglio di conoscenze che proviene dal vissuto e si arriverà a chiarirlo grazie a questo percorso. Anche il concetto di calore e il suo ruolo nella trasformazione andrà indagato.

Pur avendo riconosciuto l'ossido di rame, nessuno (tranne uno studente) pensa ad un possibile legame del rame con l'ossigeno per spiegare l'aumento di peso.

Per ora non si forniscono risposte, il dibattito risulta animato e si farà leva sulla curiosità degli studenti per proseguire con le indagini.

# Descrizione del percorso didattico

## Fase I - Calcinazione e combustione

### Perché la calcinazione si verifica sulla superficie dei metalli?



è quella a contatto più stretto col calore	Perché è l'area che viene in contatto con il calore per primo.	Perché ci vorrebbe molto tempo a farlo calcinare totalmente
Perché l'esterno è la parte più esposta alle intemperie	Perché la superficie dei metalli è sottoposta maggiormente all'effetto del calore rispetto alla parte interna	Perché è la parte più esterna e quindi più a contatto.
Perché è la parte a contatto più stretto con la fonte di calore	Perché per arrivare all'interno servono temperature più alte	Perché ci vorrebbero temperature più alte

### Perché la calcinazione avviene più facilmente in recipienti aperti, quali la capsula?



Perché è a contatto con l'ambiente esterno, a differenza con il crogiolo in cui la sostanza viene isolata dall'ambiente esterno.	Perché entra più aria rispetto a uno chiuso	Perché in ambiente aperto la sostanza entra a contatto con l'ossigeno
Perché nel crogiolo chiuso c'è una minore quantità di gas a contatto con il rame	Perché c'è maggior presenza d'aria	Avviene più facilmente in recipienti aperti, perché è a contatto con l'ossigeno e con l'aria
perché le sostanze sono a contatto con l'aria	Perché il coperchio non permette la circolazione di aria	Avviene più facilmente in recipienti aperti, come la capsula, perché la sostanza, in questo caso il metallo, è maggiormente a contatto con l'aria esterna.

# Descrizione del percorso didattico

## Fase I - Calcinazione e combustione

L'aspetto del rame calcinato suggerisce a qualche studente una analogia con l'ossido di rame già utilizzato nel percorso acidi e basi.

Per la sua caratterizzazione viene usato l'acido cloridrico.



*Abbiamo provato ad inserire il prodotto finale della calcinazione del rame all'interno dell'acido cloridrico per vedere se si trattasse di **ossido di rame**: i comportamenti sono gli stessi → la soluzione è trasparente, di colore verde e non c'è effervescenza.*

*dal diario di Isabella*



*Abbiamo ipotizzato che il rame quindi, grazie ai percorsi precedenti, potesse essere diventato **ossido di rame**. Per verificare ciò abbiamo messo la sostanza nera nell'acido cloridrico, e come ci aspettavamo questo si è colorato di verde (si tratta di ossido di rame) e si è solubilizzato.*

*dal diario di Ginevra*

# Descrizione del percorso didattico

## Fase I - Calcinazione e combustione

**Obiettivo:** ricostruire il contesto storico in cui sono nate le prime indagini quantitative

**Attività 2:** Il ruolo del fuoco nelle trasformazioni chimiche prima del '700

Le risposte degli studenti relative al ruolo del calore durante la calcinazione offrono lo spunto per avviare la riflessione sul contesto storico in cui si sono sviluppate le teorie di Boyle e di Stahl.

*Ancora nel '700 le idee riguardo all'aria erano confuse, come un po' lo sono per noi oggi. Ciò che sappiamo noi al momento sull'aria: **l'aria è un forma di materia invisibile chimicamente attiva, ovvero che prende parte a numerose trasformazioni chimiche.***

*Secondo Boyle le particelle ignee accedono attraverso il recipiente ed entrano in contatto con le particelle del metallo diventando più pesanti.*

*Stahl fece un'interpretazione della calcinazione e della combustione, elaborando la **teoria del flogisto** (dal termine greco che significa incendiare). Stahl ritiene che la combustione e la calcinazione siano molto simili e proprio per questo applica tale teoria a questi due processi.*

**combustione: combustibile (innesco) → flogisto (luce + calore) + cenere**

**calcinazione: metallo → flogisto (invisibile) + calce metallica**

*Abbiamo capito che questa teoria, seppur basata su un ragionamento logico, è sbagliata → **paradosso del peso***

*dal diario di Ilaria*

Si parte dall'ipotesi di Boyle e Lemery che nel '600 hanno parlato di "particelle ignee" che si legano ai metalli

metallo + particelle ignee → calce metallica

Il fuoco è considerato materia e partecipa alle trasformazioni chimiche. Si discutono la combustione e la calcinazione secondo la teoria del flogisto:

combustibile (innesco) → flogisto (luce, calore) + cenere

metallo → calce metallica + flogisto

Si collega la liberazione di flogisto dal metallo, durante la calcinazione, alla riduzione dei metalli (sono gli stessi studenti a ricostruire l'equazione, grazie al percorso sui metalli effettuato in prima).

minerale + carbone (flogisto) → metallo (contiene flogisto) + residuo

Ecco perché dal metallo può fuoriuscire il flogisto.

Emerge il problema del "paradosso del peso" durante la calcinazione dei metalli.

La discussione collettiva è animata, emergono dubbi e si cercano risposte.

*La calce metallica aumentava di peso, ma secondo Stahl qualcosa se ne andava → **il flogisto andava ad unirsi all'aria**. Questo problema relativo al peso non è saltato all'occhio ad alcuno scienziato perché tutti sapevano che la massa variava, ma nessuno si era mai preoccupato del modo in cui avveniva questa variazione.*

*dal diario di Ginevra*

*Questa teoria è stata fondamentale per la chimica poiché ha messo in luce che la **combustione e la calcinazione sono entrambe trasformazioni chimiche**.*

*dal diario di Simona*

Pietro dice subito che c'è qualcosa che non gli torna, ma intanto proviamo a ripetere il ragionamento applicandolo alle combustioni. Se la combustione si realizza sotto la campana, questa si ferma quando l'aria è satura di flogisto. Per ricollegare calcinazione e combustione si ricostruisce il processo di produzione dei metalli per riduzione: si parte dai minerali in presenza di carbone, si riscalda e si ottengono metalli ed un residuo. Stahl quindi sostiene che il carbone, ricchissimo di flogisto, lo trasferisce al metallo per dare la calce metallica ed il residuo. Quindi riscaldando il metallo il flogisto si libera.

Apriamo un dibattito su **cosa c'è che ci lascia perplessi su questa interpretazione**. Agon dice che non si capisce durante la riduzione dei metalli cosa sia il residuo. **Claudio C. dice "visto che si osserva un aumento di peso, questo flogisto va via, quindi come mai aumenta il peso?"** quindi rapidamente siamo arrivati all'individuazione di un paradosso.

Ricordiamo anche l'esperienza di combustione della candela sotto recipiente rovesciato vista precedentemente, Stahl dice che durante la combustione si libera flogisto, cosa possiamo prevedere succeda al contenuto del barattolo? Il livello dell'acqua se si libera flogisto dovrebbe scendere.

Si sottolinea che nonostante le contraddizioni la teoria di Stahl è stata importante perché è stata al centro di un dibattito ed ha resistito per quasi cento anni.

Stahl dà all'aria solo un ruolo passivo, perché accoglie e si satura di flogisto, mentre noi abbiamo dimostrato che l'aria, anzi le arie, sono chimicamente attive, sono reagenti.

Si legge insieme un breve estratto da Karl Popper (Congetture e confutazioni) che evidenzia il ruolo delle teorie false che suggeriscono modifiche e stimolano un dibattito.

*« Una teoria falsa può rappresentare una grande conquista, quanto una vera. E molte teorie false hanno giovato alla ricerca della verità più di altre, meno interessanti, ancora oggi accettate. Le teorie false possono infatti essere di aiuto in molteplici modi: per esempio, suggerendo alcune modifiche più o meno radicali, e stimolando la critica. » (K. Popper)*

# Descrizione del percorso didattico

## *Fase II - La rivoluzione chimica ed il trionfo della misura*

**Obiettivo:** approfondire le prime indagini quantitative: l'importanza dei sistemi chiusi

**Attività 1:** trasmutazione dell'acqua, il 'pellicano' di Lavoisier

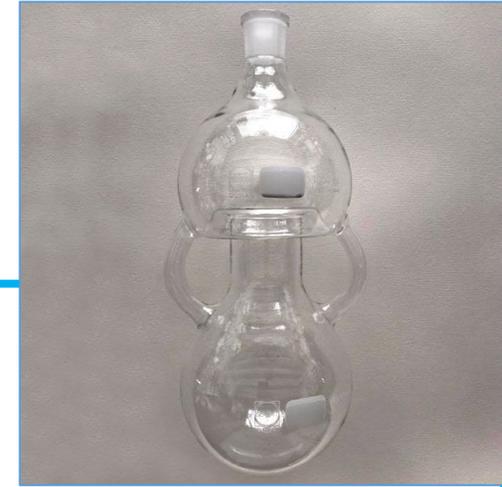
Nel '700 il peso non veniva ritenuto grandezza significativa e si credeva nella trasmutazione della materia, nella capacità di trasformare l'acqua in terra.

Si narra delle esperienze di vegetazione di **Van Helmont** che risultano importanti perché viene utilizzato un approccio scientifico basato sulla misura.

Van Helmont prende un vaso pesato con una quantità nota di terra, anch'essa essiccata e pesata, poi semina un salice e poi per 5 anni annaffia la pianta misurando l'acqua che viene aggiunta. Quindi il peso passa da 5 a 169 libbre e Van Helmont spiega questo aumento di peso affermando che l'acqua aggiunta si trasmuta in terra che fornisce al salice il materiale per crescere.

Si ricostruisce il contributo di Hales alla nascita del concetto di gas e le esperienze di respirazione in cui si capisce che una parte dell'aria è importante per la crescita delle piante. Quindi non si può tenere in considerazione solo dell'acqua aggiunta, ma anche dell'anidride carbonica che le piante prendono dall'atmosfera.

Si narra delle esperienze di distillazione di **Margraff** che aveva osservato nel 1751 e nel 1756 che l'acqua sottoposta a ripetute distillazioni lasciava un residuo terroso che secondo lui non era imputabile alla dissoluzione del vetro del recipiente ma piuttosto alla trasmutazione dell'acqua.



*Lavoisier raccoglie dell'acqua piovana e la distilla più volte all'interno del pellicano, sapendo che l'acqua piovana non è pura. Si presume che avesse distillato l'acqua piovana 8 volte, quando si suppone che i sali di quest'ultima siano stati eliminati.*

*Pesa il pellicano vuoto, poi dopo aver inserito al suo interno l'acqua piovana, lo chiude e lo pesa di nuovo. Il pellicano viene sottoposto ad una temperatura costante e calda per 101 giorni.*

*Alla fine Lavoisier nota delle scaglie sulla superficie del pellicano: pesa il tutto e nota che non si è verificata alcuna variazione di peso. Le scaglie quindi o provengono dall'acqua o dal pellicano; proprio per questo decide di aprire il pellicano e di pesare l'acqua e il pellicano stesso: scopre che il peso dell'acqua era rimasto invariato, a diminuire invece era stato il peso del pellicano → **le scaglie provengono dal pellicano***

*Il pellicano durante i 101 giorni si è squamato perdendo dei pezzi a causa del calore.*

*Tramite questo esperimento, Lavoisier è riuscito a:*

**★ dimostrare che l'acqua non diventa terra: confuta quindi la teoria della trasmutazione dell'acqua**

**★ confutare la teoria delle particelle ignee di Boyle perchè se le particelle ignee si fossero unite all'acqua la massa di quest'ultima sarebbe dovuta aumentare e invece è rimasta invariata.**

*dal diario di Isabella*

# Descrizione del percorso didattico

## *Fase II - La rivoluzione chimica ed il trionfo della misura*

Si chiede agli studenti di provare ad ipotizzare una prova sperimentale per verificare che le scaglie provengano dall'acqua.

Dario propone di pesare l'acqua prima della distillazione e dopo (recuperandola per condensazione del vapore), evidentemente è già presente nella sua mente il concetto di conservazione della massa (si è già discusso con loro del paradosso della variazione di peso e questo evidentemente condiziona le sue idee). Con questa prova però non si chiarisce cosa siano le scaglie.

E' a questo punto che viene introdotta la figura di Lavoisier. Gli studenti effettuano una breve ricerca su questo scienziato a cui si deve la nascita della chimica moderna. Si procede con la narrazione di alcuni esperimenti di notevole importanza storica.

*A questo punto abbiamo pensato ad **un modo per confutare questa teoria**: pesare la massa dell'acqua iniziale, il residuo terroso e la massa dell'acqua distillata raccolta precedentemente.*

*Se la somma dell'acqua distillata e del residuo terroso fosse uguale alla massa dell'acqua iniziale significa che il residuo terroso fa parte dell'acqua.*

*Se invece la somma fosse maggiore della massa dell'acqua iniziale, significa che la terra non appartiene all'acqua.*

*dal diario di Dario*

# Descrizione del percorso didattico

## Fase II - La rivoluzione chimica ed il trionfo della misura

**Obiettivo:** indagare il ruolo dell'aria nelle combustioni

**Attività 2:** combustione dello zolfo e della candela in bagno pneumatico

### Materiali:

- becher
- cristallizzatore
- capsula porcellana
- polvere di zolfo
- rosso metile
- becco Bunsen
- candela



La combustione dello zolfo in bagno pneumatico viene eseguita dall'insegnante sotto cappa, la combustione della candela viene assegnata come compito a casa, gli studenti caricheranno le foto su classroom.

Nella prima fase la consegna è quella di descrivere le evidenze fenomenologiche associate alle due esperienze effettuate. Nella seconda fase si proverà ad interpretare i fenomeni osservati.

La fase dell'interpretazione questa volta è particolarmente difficile perchè alle evidenze sperimentali concorrono sia fenomeni chimici che fenomeni fisici, si prova con gli studenti a delineare, utilizzando le loro conoscenze pregresse, un quadro interpretativo semplificato, mettendo però in evidenza la complessità dei fenomeni.

Inizialmente la prof, con la fiamma ha riscaldato la polvere di zolfo e quest'ultimo si è incendiato; inserendo poi il becher più grande per coprire la capsula abbiamo notato che:

- il becher più grande si è **appannato**
- l'indicatore di pH, mescolando la soluzione, inizia a diventare rosa, fino a **diventare rosa** molto intenso, quasi **fucsia**
- la **soluzione inizia a salire** all'interno del becher capovolto

*dal diario di Ginevra*

**Il cambiamento del colore** forse è causato da una **liberazione di sostanza**  
La **salita del livello** dell'acqua è causata dalla **mancanza di una sostanza**  
Sapendo che il rosso metile quando è acido presenta un colore rosso mentre quando è neutro presenta un colore giallo si può ipotizzare che la sostanza liberata si è unita con l'acqua facendo cambiare il colore (forse è acida).

Quale sostanza liberata potrebbe essere?

Possiamo pensare a un'unione dello zolfo + aria.

*dal diario di Simona*



Durante il processo di combustione abbiamo osservato che all'interno del becher di medie dimensioni il livello del liquido è prima diminuito e poi aumentato. Abbiamo spiegato questo evento con il fatto che **l'aria si dilata con il calore** emanato dalla combustione, e questo spiega l'iniziale abbassamento del livello, ma è anche dovuto al fatto che durante la combustione si consuma l'ossigeno, provocando una diminuzione della pressione e di conseguenza l'innalzamento del livello (questo innalzamento è in parte dovuto anche al **raffreddamento dell'aria** alla fine della combustione e quindi la sua diminuzione di peso).

*dal diario di Elena*

# Descrizione del percorso didattico

## Fase II - La rivoluzione chimica ed il trionfo della misura

La combustione della candela in bagno pneumatico viene assegnata come compito per casa



### **Osservazione**

*Abbiamo notato da questo esperimento:*

- *la candela si spegne*
  - *il recipiente che copre la candela si appanna*
  - *l'acqua all'interno del recipiente aumenta di livello*
- dal diario di Andrea*

### **Interpretazione**

*Il fuoco si spegne per l'esaurimento dell'ossigeno*

*L'acqua sale perché l'acqua viene a prendere il posto della materia mancante esaurita*

*Le pareti si appannano perché dalla combustione si libera particelle d'acqua.*

*dal diario di Simona*

# Descrizione del percorso didattico

## Fase II - La rivoluzione chimica ed il trionfo della misura

**Obiettivo:** indagare il ruolo dell'aria nelle combustioni e nelle calcinazioni

**Attività 3:** la scoperta fondamentale del 1772

Le ipotesi effettuate dagli studenti costituiscono lo spunto per riprendere la narrazione. Lavoisier perviene a due importanti scoperte che saranno rivoluzionarie:

1. **il fosforo e lo zolfo, quando bruciano trasformandosi rispettivamente in acido fosforico e solforico, “assorbono” aria;**
2. **la calcinazione dei metalli avviene in modo simile, in quanto, anche in questo caso, abbiamo “assorbimento” di aria.**

Viene letto un un passo del testo che Lavoisier consegna, in un plico chiuso, al Segretario dell'Accademia delle Scienze il 1 novembre 1772 che contiene una descrizione della scoperta effettuata. Questo plico verrà aperto nel maggio successivo.

*“Sono circa otto giorni che ho scoperto che lo zolfo, bruciando, invece di perdere peso, ne acquista... avviene la stessa cosa con il fosforo: questo aumento di peso deriva da una quantità prodigiosa di aria che si fissa durante la combustione e che si combina con i vapori. Questa scoperta, che ho constatato con delle esperienze che considero decisive, mi ha fatto pensare che ciò che ho osservato nella combustione dello zolfo e del fosforo avrebbe potuto aver luogo con tutte le sostanze che acquistano peso con la combustione e la calcinazione; e mi sono persuaso che l'aumento di peso delle calci metalliche deriva dalla stessa causa. L'esperienza ha completamente confermato le mie congetture... Sembrandomi questa scoperta una delle più interessanti fra quelle che sono state effettuate dopo Stahl, ho creduto di dovermene assicurare la proprietà, effettuando il presente deposito nelle mani del Segretario dell'Accademia, per rimanere segreto fino al momento in cui pubblicherò le mie esperienze.”*

Lavoisier progetta un nuovo esperimento per mettere alla prova le sue ipotesi sulla calcinazione dei metalli  
**(calcinazione dello stagno in storta chiusa).**

### ***Esperimento di Lavoisier per smentire la Teoria di Boyle***

#### Procedimento

- pesare il metallo (stagno)
- pesare il recipiente vuoto
- pesare recipiente (storta → beuta che Lavoisier sigilla) + metallo, prima della calcinazione
- pesare recipiente + metallo dopo la calcinazione

Lavoisier ha preso una storta, ci ha messo all'interno dello stagno, l'ha sigillata (la storta) ed ha avviato la calcinazione. Dopo la calcinazione ha messo la storta a raffreddare per circa un'ora.

#### Ipotesi

Lavoisier afferma che se la teoria di Boyle è giusta la massa complessiva (recipiente + metallo), in seguito alla calcinazione, sarà aumentata grazie alle particelle ignee altrimenti questa teoria è sbagliata.

#### Osservazioni

- all'interno della storta si nota una pellicola nera che ci attesta che è avvenuta la calcinazione;
- la massa finale è uguale a quella iniziale → Lavoisier così **confuta la Teoria di Boyle;**
- se si apre la storta **si sente un sibilo** → l'aria sta entrando al suo interno.

*dal diario di Ginevra*

#### Risultato

- **Prima di aprirlo, il peso finale è rimasto invariato**, quindi vuol dire che non è passata nessuna fiamma
- **Dopo averlo aperto** (l'aria entra in circolazione), **il peso è aumentato** dell'aria entrata che equivale a quella consumata

#### Deduzione

L'aumento di peso della calce metallica non è dovuto alla combinazione delle sostanze del fuoco ma alla fissazione di una porzione di aria contenuta nel volume del recipiente.

#### Importanza

- **Calcinazione e combustione** sono entrambi trasformazioni che **richiedono l'aria**, ovvero sono fenomeni che avvengono in presenza di aria
- Durante una trasformazione chimica, **la materia si conserva**, non si distrugge né si crea, ma si trasforma passando da una forma all'altra (**Principio della conservazione della massa**)

*dal diario di Simona*

# Descrizione del percorso didattico

## Fase II - La rivoluzione chimica ed il trionfo della misura

**Obiettivo:** effettuare indagini quantitative in sistemi chiusi

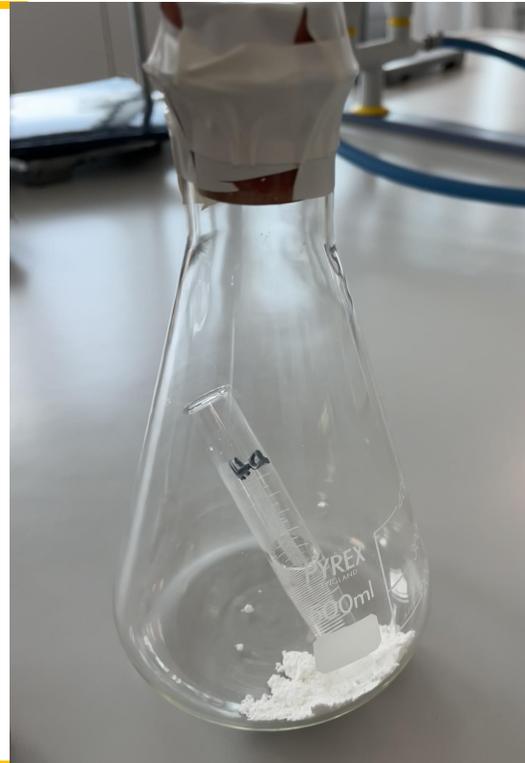
**Attività 4:** la conservazione della massa, reazione dell'acido cloridrico con carbonato di calcio

Si generalizza la legge della conservazione della massa durante le trasformazioni chimiche attraverso una semplice esperienza realizzata dagli studenti mediante lavoro di gruppo.

Questa reazione è nota agli studenti perché già realizzata nel percorso sulla nascita del concetto di gas.

Materiali:

- una provetta con 5 ml di acido cloridrico 6M
- 1 g di carbonato di calcio
- una beuta
- un tappo per chiudere la beuta
- nastro isolante per ridurre eventuali perdite di gas
- bilancia per pesare il tutto
- un foglio di alluminio
- spatolina



- Pesare 1 g di carbonato di calcio con l'alluminio
- Mettere la polvere dentro la beuta
- Mettere la provetta con 5 ml di acido cloridrico dentro la beuta (attenta a non fare uscire il liquido, prima mettere la beuta inclinata e poi raddrizzarla facendo fermare la provetta dentro la beuta)
- Chiudere la beuta con il tappo e avvolgerla con il nastro
- Pesare tutto
- Capovolgere la beuta per fare uscire l'acido cloridrico dalla provetta
- Mescolare bene
- Pesare al termine della trasformazione
- Aprire e poi pesare nuovamente

# Descrizione del percorso didattico

## Fase II - La rivoluzione chimica ed il trionfo della misura

Al termine dell'esperimento si confrontano i risultati ottenuti dai vari gruppi:

*Infine abbiamo confrontato i vari risultati ottenuti dai 6 gruppi all'apertura della beuta:*

**GRUPPO 1:** perdita → - 0,35 g

**GRUPPO 2:** perdita → - 0,33 g

**GRUPPO 3:** perdita → - 0,33 g

**GRUPPO 4:** perdita → - 0,43 g

**GRUPPO 5:** perdita → - 0,30 g

**GRUPPO 6:** perdita → - 0,33 g

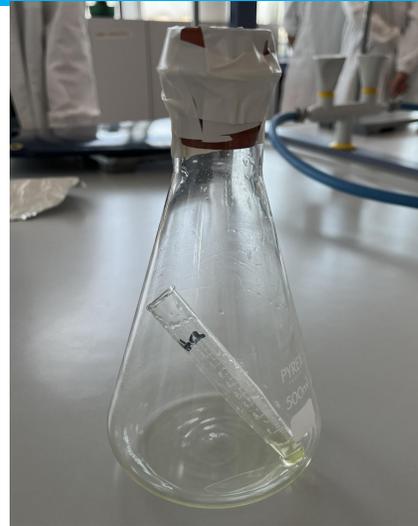
**Conclusione:** l'acido cloridrico slega anidride carbonica dal carbonato di calcio. Il peso complessivo è uguale con la beuta chiusa post-reazione ma diminuisce all'apertura della beuta perchè il gas si allontana.

**Caratteristiche su cui si basa il metodo utilizzato da Lavoisier:**

★ **lavorare in ambienti chiusi**

★ **mettere al centro la massa, tramite un'indagine quantitativa.**

*dal diario di Simona*



*Soluzione color giallastro*

*Riscaldamento*

*Presenza di effervescenza*

*Variazioni della massa:*

*Peso totale prima dell'esperimento : 216,6 g*

*Peso totale dopo dell'esperimento: 216,57 g*

*(diminuzione di 0,03 g dovuto ad una chiusura non perfetta)*

*Peso totale dopo l'apertura: 216,17 g*

*(diminuzione di 0,43 g)*

*In ambiente chiuso la massa resta invariata, all'apertura il gas prodotto fuoriesce dalla beuta, ecco perché si registra una diminuzione della massa.*

*dal diario di Ilaria*

# Descrizione del percorso didattico

## Fase III - La composizione dell'aria

**Obiettivo:** ricostruire il contesto storico in cui sono nate le prime indagini quantitative

**Attività 1:** la combustione del fosforo

Nella fase III e nella fase IV che portano alla costruzione del concetto di composto ed elemento secondo Lavoisier, la ricostruzione storica attraverso la narrazione diventa fondamentale.

Poche attività sperimentali si alternano a documenti originali, che vengono letti ed interpretati insieme, ma anche al racconto di esperienze particolarmente significative.

Le attività documentate vengono quindi ricostruite attraverso i diari di bordo dei ragazzi sui quali vengono riportati i passaggi fondamentali che emergono dalla discussione collettiva

*Il contributo di Lavoisier alla nascita della chimica moderna va oltre la formulazione della Legge di Conservazione della Massa, egli fu infatti il primo scienziato a creare una **tavola degli elementi** costruita su una solida base teorica. Un primo passaggio importante verso la costruzione di tale tavola periodica fu la comprensione da parte di Lavoisier della composizione dell'aria. Per cominciare ad individuare i suoi componenti furono molto importanti le reazioni di calcinazione e di combustione. Abbiamo esaminato il caso della combustione dello zolfo, eseguito anche da noi in classe, e del fosforo, entrambe trasformazioni che avvengono in sistemi chiusi e che producono acidi. Ci soffermiamo sul fosforo, attraverso la lettura di un testo di Lavoisier in cui spiega l'esperimento e le proprie osservazioni.*

*dal diario di Sofia*

# Descrizione del percorso didattico

## Fase III - La composizione dell'aria

**Obiettivo:** ricostruire il contesto storico in cui sono nate le prime indagini quantitative

**Attività 1:** la combustione del fosforo

Per facilitare la comprensione ci si serve di una presentazione e si fa una lettura collettiva alla lavagna, in modo che i ragazzi possano seguire e riflettere su quanto riportato.

A termine della lettura si avvia una discussione per chiarire i contenuti e approfondire il significato

Si legge e si discute un brano estratto da *De la combustion de phosphore et de la formation de son acide*:

*“...ho messo in una piccola capsula di agata 8 grani di fosforosi Kunckel; ho collocato questa capsula sotto una campana di vetro capovolta nell'acqua ed ho introdotto con un imbuto ricurvo un piccolo strato di olio sulla superficie dell'acqua ; ho infine fatto cadere sul fosforo il fuoco di una lente di vetro di 8 pollici di diametro. Ben presto il fosforo si è fuso, poi si è acceso producendo una bella fiamma; nello stesso tempo si è elevata una grande quantità di vapori bianchi che si è attaccata alla superficie interiore della campana, appannandola; questi vapori, poi, dopo qualche minuto sono caduti in “deliquium”, ed hanno formato delle gocce di liquido chiaro e limpido. Nel primo istante, l'acqua della campana si è un po' abbassata, a causa della dilatazione prodotta dal calore; ma ben presto essa ha cominciato a salire sensibilmente anche durante la combustione e quando il recipiente si è raffreddato, essa si è fermata ad 1 pollice e 5 linee al di sopra del suo primo livello”*

# Descrizione del percorso didattico

## Fase III - La composizione dell'aria

Ancora da *De la combustion de phosphore et de la formation de son acide*:

*“Ho messo nello stesso apparecchio, cioè sotto una campana collocata nel mercurio, 24 grani di fosforo in una capsula di agata. La combustione si è verificata, nel primo momento, nella stessa maniera che se la quantità di fosforo fosse stata da 6 a 8 grani, ad eccezione tuttavia che è stata più rapida, più istantanea, e che la dilatazione è stata maggiore; ma ben presto, benché ci fosse ancora una quantità considerevole di fosforo non bruciato, la combustione ha avuto termine, e non è stato più possibile ristabilirla con l'aiuto della lente; riuscii facilmente a fondere il fosforo, a farlo bollire, e pure a farlo sublimare, ma non si infiammò più. La porzione di aria assorbita, in questa esperienza, è stata di 17-18 pollici circa, e, confrontando la quantità rimanente di fosforo con quella che avevo impiegata, ho trovato che la quantità bruciata non poteva che essere stata di 6-7 grani.*

*Ho ripetuto un gran numero di volte queste esperienze, e i risultati sono sempre stati gli stessi, con qualche differenza trascurabile, nella quantità di aria assorbita; non mi è stato mai possibile di portare questo assorbimento al di là di 20 o 21 pollici in una campana di 109 pollici di capacità, cioè che esso si è avvicinato molto ad  $1/5$  del volume totale senza potervi arrivare. Sovente, dopo aver lasciato i recipienti molte ore, cercavo di restituire l'aria sotto la campana sollevandola; appena che il fosforo entrava in contatto con la nuova aria, si riaccendeva immediatamente, e, quando lo coprivo di nuovo con un'altra campana più o meno della stessa capacità, ne bruciavano ancora 6-7 grani; dopo ciò il fosforo si spengeva, senza che fosse possibile riaccenderlo altrimenti che dandogli della nuova aria.”*

# Descrizione del percorso didattico

## Fase III - La composizione dell'aria

*Lavoisier inizia ad osservare la combustione del fosforo, utilizzando:*

*campana di vetro; acqua; olio; capsula; fosforo (8 grani); lente ustoria; bacinella + acqua.*

*Egli prese la bacinella con l'acqua e ci mise la capsula con il fosforo, poi ci mise sopra la campana di vetro rovesciata in modo da sigillare il sistema e, utilizzando la lente di vetro, gli ha dato fuoco.*

*Il fosforo si accende e produce dei vapori che appannano la campana, poi questi vapori si sciolgono nell'acqua causando prima un abbassamento e poi un innalzamento del livello dell'acqua (stessa reazione della combustione dello zolfo).*

***Lavoisier continua a ripetere l'esperimento aumentando progressivamente i grani di fosforo, fino ad arrivare a 24. Cosa nota? Nonostante l'aumento dei grani l'acqua si innalza sempre di 1 pollice e 5 linee. Il liquido sale esattamente quando la fiamma si spegne.***

*Siamo tornati a riflettere sul fenomeno riassumendo cosa effettivamente succede, il fosforo si spegne perchè il componente che lo alimenta viene a mancare, che cosa significa questo? **L'aria partecipa alla trasformazione, è un reagente**, quindi Lavoisier alzando il numero di grani di fosforo stava aumentando un singolo reagente senza calcolare l'aria, il fosforo quindi bruciava fino a quando l'aria non si esauriva ed usando la stessa campana il valore di ossigeno era sempre lo stesso, ecco perché il livello si alza sempre dello stesso valore, l'aumento di grani è superfluo se non si aumenta **l'aria che quindi è un reagente limitante**. Lavoisier nota che non tutta l'aria viene consumata ma solo il 20% di essa, egli deduce che **solo  $\frac{1}{5}$  di aria regge la combustione.***

*dal diario di Niccolò*

# Descrizione del percorso didattico

## Fase III - La composizione dell'aria

**Fosforo:** Lavoisier prese un recipiente e vi mise dell'acqua all'interno. Successivamente pose un recipiente molto più piccolo con all'interno 8 grani di fosforo sopra ad un supporto, in modo che fosforo ed acqua non entrassero in contatto. Successivamente posizionò un recipiente capovolto sopra a quello contenente il fosforo e, tramite un imbuto ricurvo, introdusse dell'olio sulla superficie dell'acqua. Infine, attraverso una lente ustoria di 8 pollici di diametro riuscì a convergere il calore sopra il fosforo ed a dare inizio alla trasformazione.

Abbiamo successivamente delineato alcune somiglianze e differenze tra le due trasformazioni. La **combustione del fosforo**, a differenza di quella dello zolfo, avveniva sin dall'inizio in un **sistema chiuso**, infatti per dare inizio a questa Lavoisier aveva fatto uso di una lente ustoria. Inoltre, sempre nella combustione del fosforo, lo scienziato aveva posto sulla superficie dell'acqua **uno strato d'olio al fine di isolare i prodotti**. In entrambe le combustioni andava invece a formarsi una nebbia bianca ed il livello dell'acqua inizialmente scendeva e, successivamente, risaliva.

Lavoisier però, aumentando la quantità di fosforo (da 8 a 24 grani), notò che il livello dell'acqua si alzava sempre della stessa misura, ovvero di 1 pollice e 5 linee. Per spiegare questo fenomeno abbiamo ipotizzato che **l'aria nel becher aveva sempre lo stesso volume e, di conseguenza, era limitata. L'aria all'interno del becher andava a ridursi di  $1/5$ . Ciò ha dimostrato che l'aria è una miscela e che solamente uno dei suoi componenti è in grado di sostenere la combustione.**

*dal diario di Gaia*

# Descrizione del percorso didattico

## Fase III - La composizione dell'aria

**Obiettivo:** ricostruire il contesto storico in cui sono nate le prime indagini quantitative

**Attività 2:** la scoperta dell'aria deflogisticata

*Nel 1774 Priestly fece un'esperienza molto simile alla calcinazione dei vari carbonati, ma con la calce rossa di mercurio. Ciò che ottenne fu mercurio ed una sostanza aeriforme a cui dette il nome di **aria deflogisticata**, dato che aveva caratteristiche opposte a quelle del flogisto. Questa infatti non era solubile né in acqua, né in acqua di calce e riusciva a sostenere combustione e calcinazione in modo più efficace. Lavoisier venne a conoscenza di questa esperienza e riuscì a comprendere che l'aria deflogisticata era proprio quella frazione necessaria per le combustioni. Successivamente questa prese quindi il nome di ossigeno.*

*La parola ha derivazione greca ("ossi" significa "acidi", mentre "geno" significa "generatore") e letteralmente significa **generatore di acidi**.*

*dal diario di Gaia*

*Lavoisier, inoltre, viene a conoscenza di un altro esperimento fatto nel 1774 dallo scienziato Priestly in cui si osserva come la calcinazione della calce rossa di mercurio produce mercurio + **aria deflogisticata** (come era stata chiamata) che non era solubile in acqua, non precipitava l'acqua di calce, poteva intrattenere la calcinazione e la respirazione in modo migliore. Quindi Lavoisier riesce a distinguere che nell'aria è presente **un'altra componente che chiamò ossigeno**, perché combinato con il fosforo o lo zolfo trasforma l'acqua in acido, quindi è un generatore di acidi. Abbiamo poi scoperto che questa affermazione non è del tutto giusta difatti non tutti gli acidi si ottengono in questo modo e il prodotto delle calcinazioni dei metalli con l'acqua diventa una base.*

*dal diario di Claudio C.*

# Descrizione del percorso didattico

## Fase III - La composizione dell'aria

**Obiettivo:** ricostruire il contesto storico in cui sono nate le prime indagini quantitative

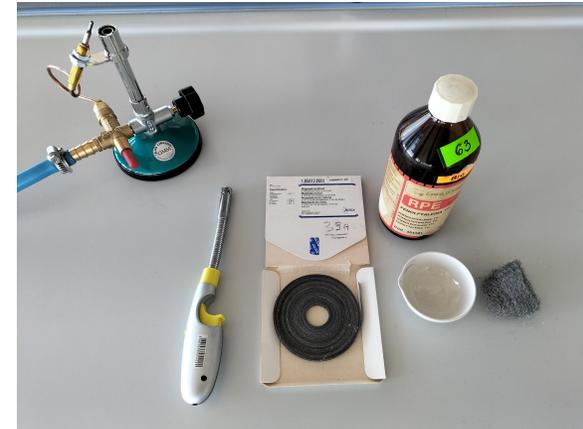
**Attività 3:** la combustione del magnesio

*Fino ad ora abbiamo sottoposto diversi metalli al calore osservando che essi si calcinano combinandosi con la componente attiva dell'aria. Durante questa lezione abbiamo condotto un esperimento usando il magnesio, un metallo molto tenero, ridotto in un nastro.*

*Anzitutto, la professoressa ha passato il nastro, dall'aspetto originariamente scuro, con della lana d'acciaio con lo scopo di rimuovere la patina, che si presenta come uno strato nero superficiale, rendendo il nastro più lucente. Infatti il fenomeno di ossidazione può realizzarsi anche a temperatura ambiente, pur se con tempi assai più lunghi.*

*Poi tenendo il nastro di magnesio con un paio di pinzette lo ha posto sopra alla fiamma del becco Bunsen, che funziona da innesco. Si osserva la liberazione di una luce intensa bianca e di calore, dopo la trasformazione il magnesio è diventato una polvere bianca. Abbiamo aggiunto alla capsula contenente la polvere di magnesio alcune gocce di acqua creando una sospensione in quanto la polvere è poco solubile e tramite una cartina tornasole abbiamo individuato che il prodotto di ossidazione del nastro di magnesio è basico.*

*dal diario di Sofia*



# Descrizione del percorso didattico

## Fase III - La composizione dell'aria

L'esperienza fatta suggerisce delle ulteriori riflessioni...

Riscaldando il magnesio abbiamo osservato come si producesse luce e calore, segno che la trasformazione fosse una **combustione**, perché si sprigiona luce e calore, inoltre il prodotto finale è una polverina di colore chiaro.

*dal diario di Niccolò*



Ci siamo quindi chiesti **se il peso aumentasse o diminuisse**, e per scoprirlo abbiamo pesato il nastro, 0,11 g, poi la capsula in cui andrà messo, che pesava 27,85 g, il totale pesa quindi 27,96g. ...in realtà siamo riusciti ad osservare solo un lieve aumento del peso (0,01 g) come ci aspettavamo.

*dal diario di Claudio C.*

La professoressa inoltre ci ha detto che il magnesio un tempo era utilizzato come **flash** nelle macchine fotografiche. Dando l'innescò si avviava l'ossidazione del magnesio che emetteva luce e, mediante uno specchio, questa veniva riflessa da tutte le parti.

*dal diario di Gaia*



Abbiamo quindi ragionato sul fatto che i **metalli** con la calcinazione (o con la combustione come col magnesio) producono sostanze **basiche** mentre i **non metalli** con la combustione producono sostanze **acide** e sappiamo già che sostanze acide+sostanze basiche = **sali**.

*dal diario di Niccolò*

# Descrizione del percorso didattico

## Fase III - La composizione dell'aria

**Obiettivo:** ricostruire il contesto storico in cui sono nate le prime indagini quantitative

**Attività 4:** la calcinazione del mercurio

*Dopo la scoperta dell'ossigeno, Lavoisier si dedica alla frazione rimanente dell'aria eseguendo la calcinazione del mercurio usando il sistema del bagno pneumatico. Egli osserva la formazione di una calce (calce di mercurio) e l'aumento del livello dell'acqua. Individua anche che la parte restante dell'aria in seguito alla trasformazione, quindi priva di ossigeno, ha le seguenti caratteristiche: non sostiene né la calcinazione né la combustione, non precipita nell'acqua di calce e non si combina con la soda e con la potassa. Lavoisier chiama questa frazione dell'aria Mofeta o Aria Mefitica indicando che costituisce circa 4/5 dei componenti della campana. Successivamente tale componente dell'aria verrà chiamata Azoto (dal fr. azote, abbr. del gr. azōtikós 'non produttore di vita').*

*dal diario di Sofia*

Tutte le esperienze descritte permettono a Lavoisier di formulare una ipotesi sulla natura dell'aria che lo distingue dai suoi contemporanei:

1. la calcinazione di metalli e la combustione necessitano di 'aria'
2. l'esperienza con il fosforo dimostra che solo una parte dell'aria partecipa alla combustione
3. Lavoisier sa che Priestly ha individuato l'aria deflogisticata (più 'attiva' dell'aria atmosferica), l'ossigeno
4. l'aria priva di ossigeno (mofeta) è diversa sia dall'aria atmosferica che dall'aria fissa
5. **l'aria non è un elemento, come affermato da Aristotele, ma è una miscela perchè è composta di almeno due gas (mofeta e ossigeno)**

## Descrizione del percorso didattico *Fase III - La composizione dell'aria*

**Obiettivo:** ricostruire il contesto storico in cui sono nate le prime indagini quantitative

**Attività 5:** la composizione dell'aria fissa

*Abbiamo poi riesaminato alcune trasformazioni svolte precedentemente:*

***Calce di mercurio + carbone  $\rightarrow$  mercurio + aria fissa (riduzione del metallo)***

***Calce di mercurio  $\rightarrow$  mercurio + ossigeno (esperienza di Priestley)***

*Da questo possiamo notare che ci sono due sostanze che non vengono ripetute, il carbone e l'ossigeno, l'unione di queste due dà l'aria fissa, l'anidride carbonica, che sciolta in acqua dà l'acido carbonico (acido debole).*

*dal diario di Niccolò*

*Da queste esperienze possiamo individuare i componenti dell'aria fissa (anidride carbonica), ovvero l'ossigeno e il carbone. Lavoisier definisce l'aria fissa sciolta in acqua come acido carbonico perché si comporta come un acido, pur essendo un acido molto debole. Lavoisier allora si accorse che durante le combustioni delle sostanze organiche si genera anidride carbonica perciò è presente una quantità rilevante di carbone. Infatti, in classe, abbiamo notato come riparlano dell'esperimento della candela, essa è fatta da sostanze organiche quindi:*

***Candela + Ossigeno  $\rightarrow$  Anidride Carbonica + Acqua***

***In conclusione, le prove eseguite da Lavoisier gli hanno permesso di individuare che l'aria è una miscela di gas differenti e i suoi tre componenti principali, cioè ossigeno, azoto e anidride carbonica. Molto accurata fu anche la definizione quantitativa di tali componenti data da Lavoisier, egli affermò che circa 27% dell'aria atmosferica fosse composta da ossigeno, circa 73% da azoto e intorno 0,03% da anidride carbonica.***

*dal diario di Sofia*

# Descrizione del percorso didattico

## Fase IV - La composizione dell'acqua - La tavola degli elementi di Lavoisier

**Obiettivo:** ricostruire il contesto storico in cui sono nate le prime indagini quantitative

**Attività 1:** esperienza con acidi e metalli

*Avevamo già parlato in precedenza del fatto che il prodotto della trasformazione chimica che avviene tra alluminio ed acido cloridrico è un gas diverso dall'aria fissa. Durante la lezione di oggi abbiamo deciso di svolgere un'esperienza al fine di recuperarlo.*

*Ci siamo divisi in sei gruppi, ognuno dei quali avente una beuta con all'interno acido cloridrico o acido solforico. La professoressa ha poi distribuito ad ogni gruppo un pezzo del nastro di magnesio o dei piccoli frammenti di zinco e dei palloncini, con i quali saremmo poi andati a recuperare il gas.*

*Noi avevamo la beuta con all'interno l'acido cloridrico ed i frammenti di zinco. Abbiamo messo questi ultimi all'interno della beuta e l'abbiamo chiusa subito con uno dei due palloncini che avevamo. Poi lo abbiamo fissato con dello scotch carta per essere sicuri che la pressione dell'aria non lo facesse volare via o che questa uscisse fuori dal palloncino.*

*Successivamente la professoressa ha preso tutti i nostri palloncini e, uno ad uno, li ha messi a contatto con la fiamma di un accendino. Questi sono ovviamente scoppiati, ma il gas al loro interno è bruciato producendo luce e calore per un lasso di tempo minore di un secondo.*

*dal diario di Gaia*

# Descrizione del percorso didattico

## Fase IV - La composizione dell'acqua - La tavola degli elementi di Lavoisier

Per questa esperienza abbiamo avuto bisogno di: un palloncino, **dell'acido cloridrico** e del **magnesio a nastro**. Per cominciare abbiamo inserito tutto il magnesio fornitoci dalla prof nella beuta e subito dopo l'abbiamo coperta con il palloncino. Ciò che si notava era un rigonfiamento del palloncino, causato dal gas liberato **dall'effervescenza**. Dopo, con un nodo, abbiamo chiuso il palloncino con al suo interno il gas ottenuto. Ora la professoressa li ha presi uno alla volta e li ha con una fiamma fatti scoppiare. **Oltre al forte suono generato dall'esplosione del palloncino, abbiamo al tatto, sentito che i pezzi di palloncino erano umidi!** Questo perché il gas generato dall'effervescenza del magnesio era idrogeno, anche chiamato aria infiammabile, che combinato con l'ossigeno crea l'acqua! Quindi per la prima volta abbiamo unito due elementi ed abbiamo creato un composto, che anni prima Aristotele considerava un elemento.

*dal diario di Claudio L.*

### Conclusioni esperienza

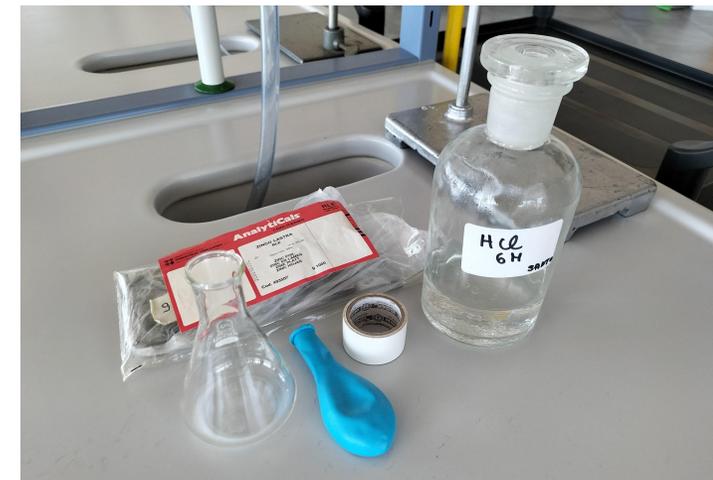
Acido cloridrico + zinco  $\rightarrow$  cloruro di zinco + aria infiammabile

Acido cloridrico + magnesio  $\rightarrow$  cloruro di magnesio + aria infiammabile

Acido solforico + zinco  $\rightarrow$  solfato di zinco + aria infiammabile

Acido solforico + magnesio  $\rightarrow$  solfato di magnesio + aria infiammabile

*dal diario di Gaia*



## Descrizione del percorso didattico

### Fase IV - La composizione dell'acqua - La tavola degli elementi di Lavoisier

*Dalle trasformazioni osservate abbiamo ottenuto due prodotti. Il primo varia a seconda dell'acido e del metallo utilizzati ed era solubile, mentre il secondo, ovvero l'aria infiammabile, era sempre lo stesso.*

*In particolare, questo gas è idrogeno.*

*Andando a guardare all'interno dei palloncini scoppiati era possibile vedere che erano umidi. Infatti, durante la combustione dell'idrogeno, questo era a contatto con l'ossigeno e la trasformazione ha permesso di creare dell'acqua.*

*dal diario di Gaia*

*(...) quando abbiamo fatto esplodere i palloncini, abbiamo ottenuto, con l'acido cloridrico, cloruri e, con l'acido solforico, solfati, inoltre abbiamo ottenuto anche aria infiammabile, chiamata poi idrogeno, ovvero generatore di acqua, perchè a contatto con l'ossigeno si genera acqua, difatti la superficie interna dei palloncini era umida.*

*dal diario di Claudio C.*



# Descrizione del percorso didattico

## Fase IV - La composizione dell'acqua - La tavola degli elementi di Lavoisier

**Obiettivo:** ricostruire il contesto storico in cui sono nate le prime indagini quantitative

**Attività 2:** reazione dell'idrogeno con l'ossigeno, esperimento di Cavendish

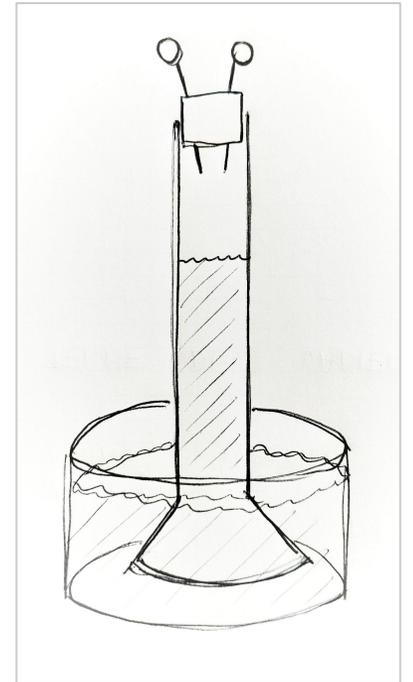
*Queste esperienze (che hanno portato alla scoperta dell'aria infiammabile) erano state fatte in precedenza, prima di Lavoisier, da un chimico inglese di nome Cavendish e vennero poi riprodotte grazie all'eudiometro di Alessandro Volta, ovvero un tubo con l'apertura inferiore allungata e con il foro all'interno di un recipiente pieno d'acqua. Cavendish mise all'interno dell'eudiometro dell'aria atmosferica e dell'aria infiammabile. Inoltre, nella parte superiore, c'erano due punte metalliche, le quali erano in grado di creare un innesco.*

*A fine trasformazione si poteva notare che il livello dell'acqua era salito, sia a causa della diminuzione dei gas all'interno dell'ampolla, sia a causa della formazione di altra acqua.*

*Quest'ultima cosa però non era facilmente visibile, dato che l'acqua prodotta della combustione dell'idrogeno era andata ad unirsi all'acqua già presente nel recipiente.*

*Lavoisier, di conseguenza, ripeté l'esperienza mettendo all'interno dell'eudiometro del mercurio.*

*dal diario di Gaia*



## Descrizione del percorso didattico

### Fase IV - La composizione dell'acqua - La tavola degli elementi di Lavoisier

*Nella parte alta dell'eudiometro ci sono due punte metalliche che possono far scoccare una scintilla, se noi lo facciamo quando c'è idrogeno all'interno si verificherà un'esplosione e una formazione di acqua, il tutto sarà fatto ovviamente in un bagno pneumatico e dopo l'esplosione il livello dell'acqua salirà sia perché viene creata della nuova acqua, sia perché viene consumata dell'aria e lo spazio vuoto viene riempito dall'acqua. Il livello dell'acqua non sale completamente poiché rimane l'azoto ad occupare spazio.*

*Cavendish tuttavia non riesce a spiegare il fenomeno, Lavoisier ci riflette e lo ripete mettendo del mercurio al posto dell'acqua e nota che sopra al mercurio c'era un piccolo strato di acqua che si era formato da una reazione chimica.*

*dal diario di Niccolò*

*Lavoisier ripeté l'esperimento mettendo al posto dell'acqua il mercurio, unico metallo che è allo stato liquido a temperatura ambiente, questo gli permette di recuperare il liquido che si forma. Questa scoperta fu fondamentale perché Lavoisier poté individuare l'acqua non come un elemento ma come un composto, fatto da Idrogeno e Ossigeno. Questo confuta ulteriormente la teoria dei quattro elementi, aria, fuoco, terra e acqua, formulata da Aristotele, infatti Lavoisier aveva già dimostrato che l'aria è una miscela di gas, identificato la terra non come unico elemento, lasciando solo il fuoco che egli considerava ancora come materia.*

*dal diario di Sofia*

## Descrizione del percorso didattico

### Fase IV - La composizione dell'acqua - La tavola degli elementi di Lavoisier

**Obiettivo:** ricostruire il contesto storico in cui sono nate le prime indagini quantitative

**Attività 3:** la decomposizione dell'acqua, esperimento di Lavoisier

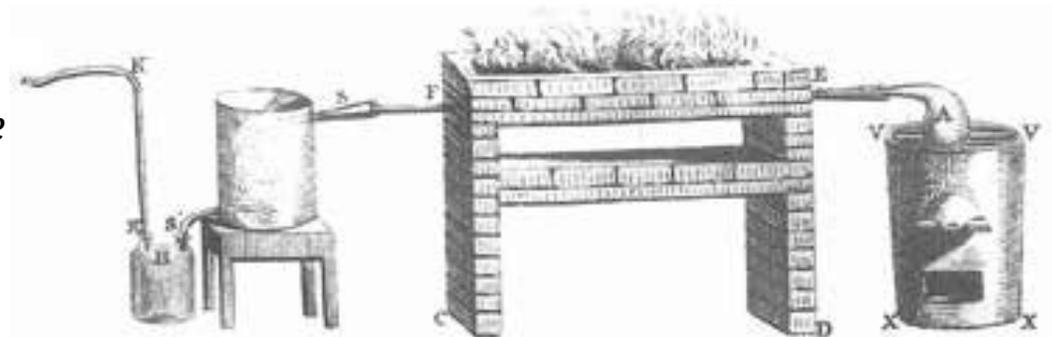
*Lavoisier dopo essere riuscito a creare l'acqua unendo l'idrogeno e l'ossigeno, decise di fare il contrario, ovvero ottenere nuovamente l'idrogeno e l'ossigeno dall'acqua.*

*dal diario di Claudio L.*

*Lavoisier conduce un altro esperimento in cui esegue la decomposizione dell'acqua per verificare definitivamente che è un composto, dato che se è un composto ci sarà sicuramente un modo per separare gli elementi che la costituiscono. Lo strumento utilizzato da Lavoisier per decomporre l'acqua era composto da una stufa sulla quale si poggiava una storta di vetro contenente una quantità nota di acqua, accanto vi era un braciere sulle quali vi erano delle fiamme, all'interno del braciere vi era un tubo di vetro verde, particolarmente resistente alla fusione, con dentro un filo di ferro arrotolato formando una serpentina a cui era connessa la storta era poi connessa ad un tubo, infine il tubo era collegato ad un bagno pneumatico.*

*L'acqua veniva riscaldata fino ad evaporare completamente e il vapore passava all'interno del tubo dove decomponendosi reagisce con il ferro, l'ossigeno si fissa sul ferro trasformandolo in ossido di ferro/calce di ferro e l'idrogeno va a raccogliersi nel bagno pneumatico.*

*dal diario di Sofia*



## Descrizione del percorso didattico

### *Fase IV - La composizione dell'acqua - La tavola degli elementi di Lavoisier*

*Lavoisier riuscì a costruire un sistema in grado di decomporre l'acqua. Questo comprendeva una storta posizionata sopra ad una sorta di fornello. Questa era collegata ad un tubo di vetro verde, resistente ad altissime temperature, che correva all'interno di un braciere acceso costruito attraverso dei mattoni. All'interno del tubo (di 12 linee di diametro) c'era un filo che andava a creare una serpentina (274 grani di ferro sottile). Il tubo poi era collegato con un recipiente, collegato a sua volta con un recipiente più piccolo.*

*L'acqua veniva messa all'interno della storta e poi veniva acceso il fornello. Quando tutto il liquido era diventato vapore, e quindi era all'interno del tubo di vetro verde, il vapore acqueo si decompone, una parte dell'ossigeno andava a combinarsi con il ferro, grazie al calore del braciere, e formava dell'ossido di ferro. I restanti vapore acqueo ed idrogeno poi percorrevano tutto il braciere ed andavano a finire all'interno di un recipiente. Lì questi venivano raffreddati e andava a formarsi di nuovo dell'acqua e nel recipiente collegato al tubo di vetro era rimasta una sostanza aeriforme, ovvero l'idrogeno. Quindi Lavoisier era riuscito a separare le due componenti dell'acqua.*

*dal diario di Gaia*

# Descrizione del percorso didattico

## Fase IV - La composizione dell'acqua - La tavola degli elementi di Lavoisier

**idrogeno + ossigeno → acqua (composto)**

*a partire dagli elementi otteniamo i composti grazie alla **sintesi***

**acqua → ossigeno + idrogeno (elementi)**

*a partire dai composti si ottengono gli elementi grazie alla **decomposizione***

*Lavoisier ha compreso che l'ossigeno e l'idrogeno per essere acqua dovevano avere una specifica proporzionalità, di conseguenza nella sua esperienza cerca di tenere conto anche delle quantità dei due gas arrivando ad affermare che questa era 85 grani (ossigeno) a 15 grani (idrogeno).*

*Lo scienziato riuscì a ricavare il peso dell'ossigeno e quello dell'idrogeno per differenza, applicando la legge di conservazione della massa.*

*Quindi:*

**peso ossido - peso ferro = peso ossigeno**

**peso iniziale dell'acqua - peso finale dell'acqua = quantità di acqua decomposta**

**quantità di acqua decomposta - peso ossigeno = peso idrogeno**

*dal diario di Gaia*

# Descrizione del percorso didattico

## Fase IV - La composizione dell'acqua - La tavola degli elementi di Lavoisier

**Obiettivo:** ricostruire il contesto storico in cui sono nate le prime indagini quantitative

**Attività 4:** la decomposizione dell'acqua con il voltmetro di Hoffmann

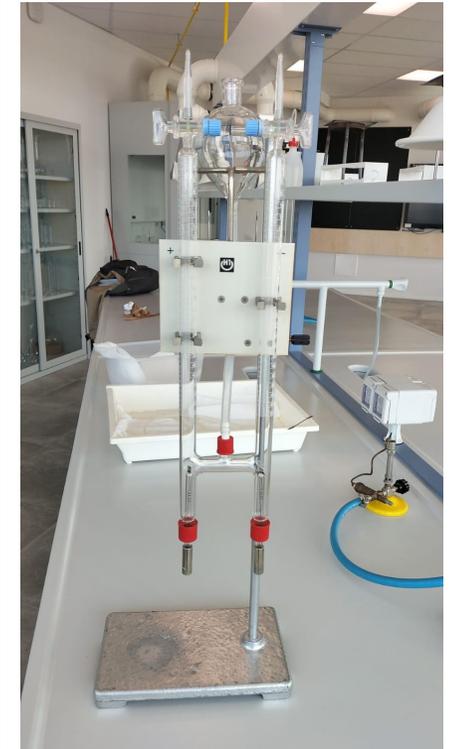
*Oggi anche noi abbiamo deciso, in laboratorio, di dividere l'idrogeno e l'ossigeno dall'acqua. Per arrivare a questo risultato abbiamo utilizzato il Voltmetro di Hoffman.*

*dal diario di Claudio L.*

*Il Voltmetro di Hoffmann è costituito da due tubi graduati che terminano in alto con una punta più sottile che ti permette di aprirli con due rubinetti, i tubi sono in collegamento fra di loro e sono collegati anche con un serbatoio. I tubi terminano in basso con due elettrodi che vengono collegati con i cavi di un alimentatore.*

*All'interno del sistema abbiamo messo una soluzione costituita da acqua e da un sale in tal modo di avere un buon conduttore di corrente. Abbiamo messo tale soluzione nel serbatoio fino a riempire completamente sia entrambi i tubi sia il serbatoio per non avere bolle d'aria, in seguito abbiamo acceso l'alimentatore. Abbiamo osservato la formazione di gas all'interno dei tubi sotto forma di bolle che partendo da dove erano collocati le lamine metalliche salivano verso l'alto accumulandosi alle sommità sottili dei tubi. Si notava che in uno caso le bolle si univano assumendo dimensioni tali da renderle ben visibili mentre nell'altro caso non si congiungevano e essendo di dimensioni molto ridotte formavano una scia opaca.*

*dal diario di Sofia*



## Descrizione del percorso didattico

### Fase IV - La composizione dell'acqua - La tavola degli elementi di Lavoisier

*Accendendo il tutto abbiamo visto quasi subito la formazione di effervescenza nel tubo collegato all'elettrodo attaccato al polo negativo, mentre nell'altro si stava formando un qualcosa di differente. La miscela infatti sembra torbida. Abbiamo quindi pensato ad un modo per comprendere cosa fosse ciò che si stava formando nel tubo collegato all'elettrodo attaccato al polo positivo. Abbiamo provato a supporre che fosse una sostanza non solubile. Se la nostra supposizione fosse stata vera, spegnendo l'alimentatore, questa sarebbe dovuta precipitare verso il fondo. Facendo questa prova, abbiamo notato che in realtà la sostanza saliva verso l'alto, di conseguenza era un gas in bollicine piccolissime. Abbiamo notato la formazione di effervescenza, cosa che avevamo visto anche in altre trasformazioni chimiche, di conseguenza anche questa doveva esserlo. (...)*

*Lavoisier nella sua esperienza aveva fornito calore all'acqua allo stato aeriforme. Infatti i 100°C raggiunti al momento del passaggio di stato non sono sufficienti per decomporla. E' necessario continuare a fornire calore affinché si superi la temperatura di ebollizione e si raggiunga la temperatura di decomposizione che è di 1900°C circa.*

*Quindi per separare idrogeno ed ossigeno ho bisogno di riscaldare direttamente il vapore acqueo a temperature molto superiori a quella che serve per portare l'acqua ad ebollizione.*

*dal diario di Gaia*

## Descrizione del percorso didattico

### *Fase IV - La composizione dell'acqua - La tavola degli elementi di Lavoisier*

*La quantità di gas raccolti alla sommità dei tubi non sembra essere equivalente, sembra esserci una quantità maggiore di idrogeno. Questo rispecchia quello che noi sappiamo già della formula dell'acqua,  $H_2O$ , che indica come il rapporto ossigeno-idrogeno è un rapporto 1:2. (...)*

*Abbiamo poi tentato di caratterizzare i gas raccolti sulla base delle loro proprietà. Aprendo la sommità del tubo contenente idrogeno, abbiamo raccolto una certa quantità di tale gas in una provetta, abbiamo avvicinato una scintilla e assistito ad una emissione violenta di luce e calore, una piccola esplosione, oltre ad un rumore strano, e abbiamo osservato che i lati della provetta dove si è verificata l'esplosione sono lievemente umidi.*

*dal diario di Sofia*

*...poi abbiamo aperto la valvola superiore nella parte sinistra in cui era raccolto l'ossigeno per vedere se avrebbe riacceso una fiamma ma abbiamo ottenuto solo una scintilla.*

*dal diario di Claudio C.*

# Descrizione del percorso didattico

## *Fase IV - La composizione dell'acqua - La tavola degli elementi di Lavoisier*

**Obiettivo:** arrivare alla prima definizione di composto ed elemento

**Attività 5:** gli elementi chimici - gerarchia compositiva della materia

In questa fase viene discussa con i ragazzi una presentazione multimediale che ricostruisce attraverso una schematizzazione le conclusioni raggiunte e sollecita una riflessione finale su tutto il percorso avvalendosi anche di testi originali di Lavoisier.

*Il passaggio dall'alchimia alla chimica moderna si realizza veramente alla fine del '700 grazie alle scoperte di Lavoisier?*

*Sicuramente questa affermazione è corretta in quanto lui introduce il concetto di chimica come scienza esatta, nonostante ciò non è possibile sottovalutare il legame che si realizzò tra le sue ipotesi rivoluzionarie e le conoscenze chimiche del suo tempo.*

*dal diario di Sofia*

*Nella fisica già nel '600 si era arrivati ad una razionale organizzazione del sapere, mentre nella chimica l'esigenza di un sapere sistematico non si è mostrata fino al '700, epoca dell'ipotesi del flogisto di Stahl. Questa infatti non puntualizza la descrizione di un singolo fenomeno, ma voleva avere una valenza più generale (è stata creata osservando le combustioni, ma aveva un collegamento anche con le calcinazioni).*

*Si arriva poi ad una costruzione dei principi di classificazione delle sostanze, le quali potevano essere: combustibili, acidi, basi, sali, metalli, terre.*

*dal diario di Gaia*

# Descrizione del percorso didattico

## Fase IV - La composizione dell'acqua - La tavola degli elementi di Lavoisier

*In classe abbiamo letto un testo di Lavoisier dove egli spiega come, con il progresso delle conoscenze, i chimici hanno scoperto che le sostanze che gli antichi consideravano “principi”, ovvero elementi, in realtà potevano essere ulteriormente decomposte riportando l'esempio dei sali.*

*Per questo motivo, Lavoisier si assegna il compito di mostrare che acidi e basi sono ulteriormente decomponibili, ma la teoria del flogisto prevedeva che gli acidi fossero più semplici dei combustibili e le calci metalliche (basiche) fossero più semplici dei metalli. Invece, Lavoisier rovescia il punto di vista basandosi sul fatto che la calcinazione dei metalli e la combustione non avvengono con la perdita di qualcosa (flogisto), ma con la combinazione con qualcosa (il componente attivo dell'aria, l'ossigeno). Mentre i sali sono le sostanze più complesse, i metalli, il fosforo, il carbone e l'ossigeno sono al contrario le sostanze più semplici.*

**SALI**

**ACIDI**

**COMBUSTIBILI**

**zolfo, fosforo, carbone**

**OSSIGENO**

**CALCI METALLICHE**

**METALLI**

**ferro, mercurio, stagno**

*dal diario di Sofia*

# Descrizione del percorso didattico

## Fase IV - La composizione dell'acqua - La tavola degli elementi di Lavoisier

*Lavoisier definisce i metalli, lo zolfo, il fosforo, il carbone (carbonio) e l'ossigeno degli elementi, dato che non è riuscito a decomporli in alcun modo mediante trasformazioni chimiche*

*Da questa affermazione è possibile ricavare le definizioni di elemento e composto*

**Elemento** → *sostanza pura che non può essere ulteriormente decomposta né attraverso trasformazioni fisiche, né attraverso trasformazioni chimiche*

**Composto** → *sostanza decomponibile mediante trasformazioni chimiche, ma non trasformazioni fisiche*

*dal diario di Gaia*

**Elementi** = *sostanze che non possono essere separate in sostanze più semplici né attraverso trasformazioni chimiche né attraverso trasformazioni fisiche.*

**Composti** = *sostanze che non possono essere separate in sostanze più semplici attraverso trasformazioni fisiche ma possono essere decomposte attraverso trasformazioni chimiche.*

*Un esempio è l'acqua, essa non può essere decomposta attraverso trasformazioni fisiche che determinano solamente un passaggio di stato, ma può essere decomposta tramite trasformazioni chimiche come testimoniano l'esperimento di Lavoisier e quello condotto da noi con il Voltmetro di Hoffman.*

*dal diario di Sofia*

# Descrizione del percorso didattico

## Fase IV - La composizione dell'acqua - La tavola degli elementi di Lavoisier

*Lavoisier è inoltre l'ideatore della prima tavola degli elementi.*

*Questa era inizialmente suddivisa in 4 gruppi:*

**1. Sostanze semplici che appartengono ai tre regni della natura e che è possibile considerare corpi elementari:**

*tra queste Lavoisier colloca ossigeno, azoto, idrogeno, luce e calorico (le ultime due vengono considerate da lui come materia e non energia)*

**2. Sostanze semplici non metalliche, ossidabili, generatrici di acidi:**

*tra queste Lavoisier colloca zolfo, fosforo, carbone (inteso come carbonio), radicale muriatico, radicale fluorico e radicale boriacico*

**3. Sostanze semplici metalliche, ossidabili e salificabili (dopo l'ossidazione formano le basi):**

*tra queste Lavoisier colloca rame, ferro, manganese, mercurio, piombo e tutti i metalli conosciuti al tempo di Lavoisier*

**4. Sostanze semplici terrose e salificabili:**

*tra queste Lavoisier colloca calce, magnesio, barite, alluminio, silice (sono sostanze ossidate non semplici e quindi potrebbero essere ulteriormente decomposte. Inoltre alcune sono acidi ed altre basi)*

*dal diario di Gaia*

## TABLEAU DES SUBSTANCES SIMPLES.

	Noms nouveaux.	Noms anciens correspondans.
<i>Substances simples qui appartiennent aux trois règnes &amp; qu'on peut regarder comme les élémens des corps.</i>	Lumière.....	Lumière. Chaleur. Principe de la chaleur.
	Calorique.....	Fluide igné. Feu. Matière du feu & de la chaleur.
	Oxygène.....	Air déphlogistique. Air empirical. Air vital. Base de l'air vital.
	Azote.....	Gaz phlogistique. Mofete. Base de la mofete.
	Hydrogène.....	Gaz inflammable. Base du gaz inflammable.
	Soufre.....	Soufre.
<i>Substances simples non métalliques oxidables &amp; acidifiables.</i>	Phosphore.....	Phosphore.
	Carbone.....	Charbon pur.
	Radical muriatique.	Inconnu.
	Radical fluorique..	Inconnu.
	Radical boracique..	Inconnu.
	Antimoine.....	Antimoine.
	Argent.....	Argent.
	Arsenic.....	Arsenic.
	Bismuth.....	Bismuth.
	Cobalt.....	Cobalt.
<i>Substances simples métalliques oxidables &amp; acidifiables.</i>	Cuivre.....	Cuivre.
	Étain.....	Étain.
	Fer.....	Fer.
	Manganèse.....	Manganèse.
	Mercure.....	Mercure.
	Molybdène.....	Molybdène.
	Nickel.....	Nickel.
	Or.....	Or.
	Platine.....	Platine.
	Plomb.....	Plomb.
	Tungstène.....	Tungstène.
	Zinc.....	Zinc.
<i>Substances simples salifiables terreuses.</i>	Chaux.....	Terre calcaire, chaux.
	Magnésie.....	Magnésie, base du sel d'Épse.
	Baryte.....	Bacote, terre pesante.
	Alumine.....	Argile, terre de l'alun, base de l'alun.
Silice.....	Terre siliceuse, terre vitrifiable.	

## Descrizione del percorso didattico

## Fase IV - La composizione dell'acqua

## La tavola degli elementi di Lavoisier

*In questa prima tavola periodica ci sono alcune incongruenze e confusioni, ma Lavoisier stesso ha affermato che sia possibile contenga errori.*

*Di conseguenza dice di essere ben disposto a cambiare idea nel momento in cui l'esperienza e l'osservazione avessero dimostrato che si fosse sbagliato.*

*dal diario di Gaia*

# Descrizione del percorso didattico

## Fase IV - La composizione dell'acqua - La tavola degli elementi di Lavoisier

*«Nulla si crea, né nei processi artificiali (laboratorio), né in quelli della natura, e si può stabilire in linea di principio che in ogni operazione vi è una uguale quantità di materia prima e dopo l'operazione stessa; che la qualità e la quantità degli elementi è la stessa, e che vi sono cambiamenti e modificazioni. È su questo principio che è fondata tutta l'arte di fare esperienze in chimica, ed è necessario supporre che in tutte vi sia una vera uguaglianza, o equazione, tra gli elementi della sostanza che si esamina e quella che si ottiene mediante l'analisi»*

*A. Lavoisier «Traité élémentaire de Chimie»*



Si procede con la lettura e la discussione di questo ultimo brano ed i ragazzi, che sanno di essere arrivati alla fine del percorso, terminano la lezione con un applauso spontaneo e sentito.

## Verifica degli apprendimenti

- Test finale con quesiti a risposta aperta
- Controllo sistematico e valutazione dei diari di bordo
- Brevi domande orali
- Partecipazione e contributi significativi durante le attività didattiche



## Esempio di verifica finale del percorso

**Durata della verifica: 1h**    **Risposte brevi (da 1 a 10 righe)**

Rispondi alle domande, motivando adeguatamente la risposta:

1. Evidenzia somiglianze e differenze tra la calcinazione del calcare e quella dei metalli.
2. Quale prodotto si ottiene dalla calcinazione del rame e quale prova può essere effettuata per caratterizzarlo?
3. Evidenzia somiglianze e differenze tra calcinazione dei metalli e combustione.
4. Cosa afferma la teoria del flogisto? Perché contiene un paradosso?
5. Descrivi attraverso quale esperimento Lavoisier confuta la teoria della trasmutazione dell'acqua, evidenziando quale altra teoria non risulta verificata e perché.
6. Descrivi l'apparato sperimentale utilizzato nella combustione dello zolfo e interpreta i risultati ottenuti.
7. Descrivi quali sono le conclusioni a cui arriva Lavoisier a seguito dell'esperimento di calcinazione dello stagno nella storta chiusa ermeticamente.
8. Che cosa afferma il principio di conservazione della massa?
9. In quale maniera Lavoisier modificò l'ipotesi sulla natura dell'aria rispetto ai suoi contemporanei?
10. Il sodio, che è un metallo, allo stato elementare reagisce violentemente con l'ossigeno per produrre un ossido:  
sodio + ossigeno  $\rightarrow$  ossido di sodio  
Una massa pari a 115 g di sodio produce 155 g di ossido, quanto ossigeno è stato consumato? Motiva la risposta.
11. Descrivi l'esperienza di decomposizione dell'acqua fatta da Lavoisier.
12. Definisci cosa è un elemento e cosa è un composto secondo Lavoisier.

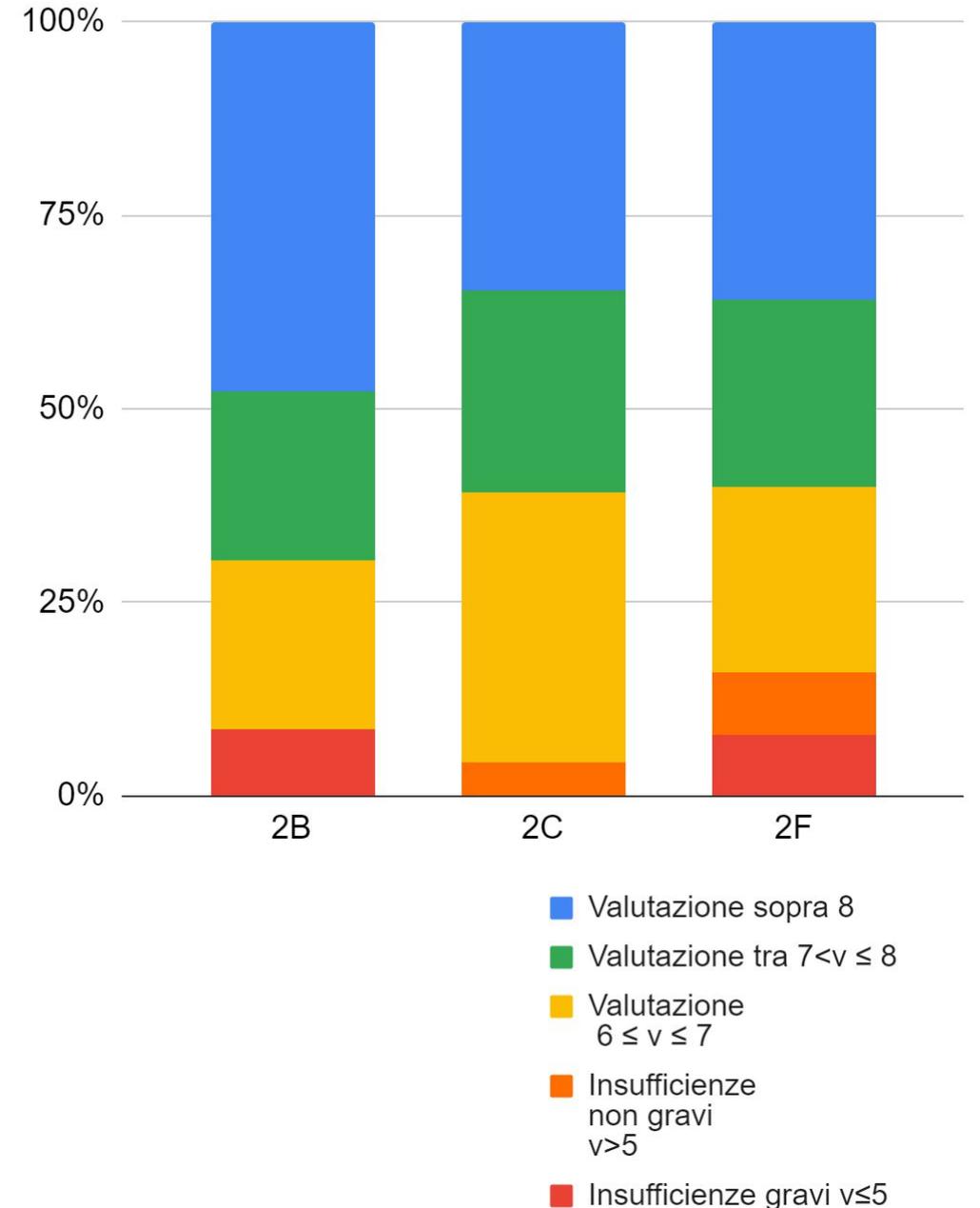
## Risultati ottenuti

La verifica è stata differenziata, riducendo il numero dei quesiti per le classi del liceo matematico rispetto a quelle delle scienze applicate dal momento che nel primo caso sono state sviluppate solo le fasi I e II (domande da 1 a 10), mentre nel secondo il percorso è stato completato (tutte le domande).

Gli studenti che hanno svolto il percorso sono stati 71, 25 delle scienze applicate e 46 del liceo matematico.

L'analisi delle valutazioni mostra che **la grande maggioranza** degli studenti ha ottenuto una valutazione **più che sufficiente** e almeno un terzo degli studenti ha raggiunto una valutazione **eccellente** in tutti gli indirizzi di studio, mentre le **insufficienze** sono poche. Buono anche il livello raggiunto da studenti con bisogni educativi speciali.

Quindi complessivamente i risultati sono molto soddisfacenti e dimostrano che **i ragazzi hanno padronanza dei contenuti** sviluppati. Anche di fronte a domande come la 10 che richiedono l'applicazione in un contesto di realtà di contenuti sviluppati solo in modo teorico, gli studenti sono in grado di impostare i semplici calcoli necessari e giustificare la loro risposta.



## Valutazione dell'efficacia del percorso didattico sperimentato in ordine alle aspettative e alle motivazioni del Gruppo di ricerca LSS.

Il percorso è stato particolarmente significativo perché *si è realizzato in continuità* con quelli svolti in precedenza nei due anni del biennio e costituisce una solida base di partenza per i concetti che verranno sviluppati nel triennio.

Le *attività laboratoriali* proposte sono diventate *più complesse* e non hanno richiesto più soltanto l'osservazione dei fenomeni ma anche una interpretazione degli stessi. Un grande rilievo è stato dato alla ricostruzione storica, attraverso la narrazione di esperienze particolarmente significative per la nascita della chimica moderna.

I *ragazzi* sono stati sempre *partecipi e coinvolti*, sia durante le attività sperimentali che hanno realizzato in prima persona, sia durante la lettura dei testi originali o la narrazione di esperienze storiche. Questo è anche frutto del fatto che le classi sono già state abituate a questa metodologia.

Nelle classi delle *scienze applicate* si è potuto contare su un monte ore decisamente più cospicuo e questo ha consentito agli studenti di ottenere una *visione più ampia e approfondita* del contributo di Lavoisier alla nascita della chimica moderna; tuttavia essere arrivati alla generalizzazione della legge di conservazione della massa, nelle classi del *liceo matematico*, è stato comunque molto importante perché ha consentito di costruire *conoscenze durature* che costituiranno una solida base per il lavoro futuro.

Sebbene la stesura del *diario di bordo* permetta di sviluppare competenze trasversali che riguardano il modo di esprimersi e di costruire le conoscenze, essa rappresenta per gli studenti un *lavoro impegnativo* perché richiede costanza, capacità di autocorrezione e di rielaborazione. Questo implica un grande impegno anche da parte delle docenti che devono seguire con regolarità e correggere il lavoro effettuato dagli studenti.