

## EDUCAZIONE SCIENTIFICA

# LA COMBUSTIONE ENERGIA, ARIA, RUOLO DELL'ARIA NELLA COMBUSTIONE, RESPIRAZIONE

PERCORSO DIDATTICO PER IL PRIMO CICLO - PRIMARIA - CLASSE TERZA

a cura di<sup>1</sup>

*Giulietta Cioncolini, Anna Dallai, Monica Falleri, Carlo Fiorentini, Attilia Greppi,  
Antonella Martinucci, Rossana Nencini, Elena Scubla, Sandra Taccetti*

### Riflessioni preliminari sulla combustione

La combustione costituisce un argomento tradizionalmente presente anche nella scuola elementare: in molti sussidiari è illustrato l'esperimento della candela, collocata in una bacinella piena di acqua, che si spegne quando viene messa sotto un recipiente di vetro. Immediatamente vengono ricavate le seguenti conclusioni: 1) la combustione è un fenomeno che avviene per combinazione con l'ossigeno; 2) la candela si spegne perché l'ossigeno si è consumato; 3) ed infine, l'ossigeno è circa 1/5 dell'aria, come si capisce dall'innalzamento dell'acqua.

Ora, alcune di queste affermazioni sono vere, altre sono false, ma tutte non sono ricavabili soltanto dall'osservazione di questo esperimento. Ci troviamo di fronte ad un esempio emblematico di sperimentalismo ingenuo, che in questo come negli altri casi non differisce in nulla dal nozionismo trasmissivo più insignificante. Fare degli esperimenti non serve a nulla se le conclusioni che si ricavano dipendono soltanto dalle conoscenze che l'insegnante ha già e lo studente non ha.

Fenomeni di questo tipo erano conosciuti da millenni: la combustione è infatti uno dei fenomeni chimici più importanti nella storia dell'umanità. E' sufficiente pensare alla scoperta del fuoco ed alla funzione delle fornaci nella scoperta e nel perfezionamento delle tecniche della ceramica e dei metalli. Fin dai tempi dell'antico Egitto fu acquisita la consapevolezza che occorreva soffiare aria nelle fornaci per avere del fuoco più potente e capace di fondere il rame ed il ferro. Tuttavia le conoscenze significative rimasero soltanto di tipo fenomenologico fino a Lavoisier; anzi la rivoluzione chimica ebbe proprio inizio con la più grande scoperta della chimica, cioè con l'ipotesi lavoisieriana che il fenomeno della combustione consista in una combinazione chimica tra combustibile ed aria. Furono poi necessari alcuni anni per capire che soltanto una parte dell'aria è attiva; questa venne

---

<sup>1</sup> Insegnanti del gruppo di ricerca e sperimentazione didattica del CIDI di Firenze

chiamata ossigeno, un termine che alcuni anni dopo si rilevò errato, in quanto significa "generatore degli acidi", cioè la causa dell'acidità.

La rivoluzione chimica lavoisieriana costituiva una confutazione totale della teoria del flogisto<sup>2</sup>, teoria che durante il Settecento era stata considerata una grande teoria scientifica, capace di spiegare molti fenomeni chimici. Questa teoria considerava, per esempio, la combustione e la calcinazione dei metalli due fenomeni chimici simili, nonostante la diversa apparenza fenomenica. Questa importante conoscenza si basava comunque su una spiegazione sbagliata: la teoria del flogisto affermava, infatti, che in ambedue i fenomeni vi era, invece che combinazione con aria, emissione di flogisto. Furono necessari 20-30 anni per l'affermazione della teoria di Lavoisier. Molti chimici affermati non l'accettarono mai; è emblematico il caso del geniale chimico sperimentalista Priestley che fino alla morte considerò vera la teoria del flogisto, nonostante che fosse stato lui ad effettuare per primo molti esperimenti che vennero poi utilizzati da Lavoisier per confermare ed approfondire la sua teoria.

I chimici ormai affermati dovevano effettuare una specie di conversione: erano in gioco due visioni del mondo totalmente opposte. Sono rivelatrici di queste immani difficoltà epistemologiche e psicologiche le seguenti considerazioni che il grande chimico francese Macquer effettuò nella seconda edizione del suo "Dizionario di Chimica" nel 1778: "Se ciò fosse vero, verrebbe distrutta tutta la teoria del flogisto, cioè del fuoco combinato. A tal idea non ha però almeno finora acconsentito questo valente fisico (Lavoisier), che sopra un punto così delicato vuole ancora sospendere il suo giudizio. Questa cautela è certamente lodevole, essendo appunto quella che forma il carattere d'un vero chimico, di cui fregiati non sono que' fisici, i quali non conoscendo il pregio di questa bella scienza, si credono capaci di realmente rovesciarla, e colla scorta d'un sol fatto, che essi suppongono bastantemente comprovato, presumono di oscurare in un momento tutto lo splendore di una delle più grandi teorie, a cui siasi innalzato il genio della chimica: d'una teoria

---

<sup>2</sup>Fra le numerose ipotesi esplicative del fenomeno della combustione avanzate nel corso dei secoli, è importante prendere in considerazione la teoria del flogisto (dal greco «incendiare»). La concezione del flogisto, elaborata dal medico tedesco E. Stahl (1660-1734), venne considerata, per circa un secolo, dalla quasi totalità degli scienziati settecenteschi una grande teoria scientifica, capace di fornire una spiegazione adeguata di molteplici fenomeni chimici. Il fenomeno della combustione come veniva spiegato? Alcune sostanze, i combustibili, benché dall'aspetto siano molto diversi fra loro, possono bruciare perché contengono una sostanza particolare (chiamata flogisto) che ha la capacità, quando esce dal combustibile che si sta consumando, di trasformarsi in fuoco. La teoria del flogisto è in grado di fornire una spiegazione anche della indispensabilità dell'aria nella combustione. Secondo la teoria di Stahl, il fuoco è dovuto al passaggio del flogisto dal combustibile all'aria. L'aria è concepita come lo strumento fisico essenziale della combustione, ma l'aria non ha nessuna funzione chimica, non si combina con il combustibile. La teoria del flogisto è in grado anche di spiegare perché la combustione non può durare a lungo in recipienti chiusi: la candela, racchiusa sotto una campana, si spegne perché l'aria può contenere soltanto una certa quantità di flogisto; conseguentemente, un campione d'aria, quando è saturo di flogisto, non può accoglierne più e quindi si interrompe il passaggio del flogisto dal combustibile all'aria, cioè cessa la combustione.

appoggiata ad un numero sorprendente di convincenti esperienze, alla forza delle quali non possono resistere neppure i talenti più illuminati”.

Apparentemente l'esperimento della candela è estremamente semplice, è sul piano pratico facilmente eseguibile, la sua complessità è infatti concettuale. Se l'esperimento venisse effettuato nel secondo ciclo della scuola elementare, potrebbe capitare che siano i bambini stessi a prospettare la nozione dell'ossigeno, senza però avere minimamente la capacità di raccorderla a ciò che hanno osservato.

Durante la combustione della candela si consuma ossigeno, ma vengono prodotti anche altri gas, quali l'anidride carbonica e il vapore acqueo, per cui affermare che la diminuzione di volume dell'aria all'interno del recipiente è dovuta unicamente alla “scomparsa” dell'ossigeno è una deduzione, non solo superficiale, ma sostanzialmente scorretta. Il fenomeno è più complesso. Innanzitutto, quando il recipiente viene capovolto sulla candela accesa, esso racchiude al suo interno aria calda, quindi più rarefatta rispetto a quella esterna, per cui, quando la candela si spegne, l'aria rimasta si raffredda e si contrae; poi il vapore acqueo venendo a contatto con le pareti più fredde del recipiente in parte si condensa; infine, l'anidride carbonica, che è più solubile dell'ossigeno, si discioglie parzialmente nell'acqua. Questi fenomeni, nel loro insieme, determinano una depressione all'interno del contenitore e di conseguenza la contrazione dell' “aria” rimasta, che, per le ragioni suddette, può anche essere maggiore del volume di ossigeno effettivamente presente nel recipiente.

La nozione dell'ossigeno costituisce in questo caso un pre-concetto, nell'accezione deweiana del termine, che impedisce al bambino di utilizzare la propria mente per investigare il problema: “Pensieri siffatti sono *pregiudizi*; cioè giudizi prematuri, non conclusioni raggiunte come risultato di una personale attività mentale quale l'osservare, il raccogliere ed esaminare i dati. Anche quando accade che tali giudizi siano corretti, la correttezza è una faccenda accidentale, almeno per quello che concerne la persona che li accoglie”.

Vi sono molti termini scientifici, come il termine “ossigeno” che fanno ormai parte del senso comune; essi sono tuttavia carichi di teoria e funzionano quindi anche per molti adulti sul piano cognitivo come pre-giudizi. Essi non possono essere evidentemente esorcizzati: se si effettuasse, per esempio, l'esperimento con la candela con l'obiettivo effettivamente accessibile sulla base della sola osservazione di comprendere che l'aria ha un ruolo, e venisse prospettata dai bambini la nozione del consumo di ossigeno, essa non dovrebbe essere rifiutata da parte dell'insegnante, ma sarebbe sbagliato nella scuola elementare concentrare l'attività didattica su questo aspetto. Spesso gli insegnanti

confondono la **conoscenza da parte degli studenti di termini scientifici con la conoscenza del loro significato**. Ora anche molti adulti conoscono termini specialistici, soprattutto grazie ai mas-media, senza avere la minima idea del loro significato. Già Dewey aveva evidenziato l'assurdità pedagogica di questo atteggiamento: "Inoltre vi è la tendenza ad ammettere che ovunque vi sia una definita parola o forma linguistica, vi sia anche un'idea definita; mentre, in realtà, sia gli adulti che i fanciulli possono adoperare formule verbalmente precise, avendo solo la più vaga e confusa idea di ciò che esse significano. E' più proficua la genuina ignoranza perché è facilmente accompagnata da umiltà, curiosità ed apertura mentale; mentre l'abilità a ripetere frasi fatte, termini convenzionali, proposizioni familiari, crea la presunzione del sapere e spalma la mente di una vernice impenetrabile alle nuove idee"<sup>3</sup>.

La conclusione che si deve ricavare da queste riflessioni è allora quella che della combustione è meglio non parlare nella scuola elementare? Tutt'altro, la conclusione è che ci si deve limitare ad un approccio fenomenologico e rimandare alla scuola secondaria superiore la trattazione teorica del problema.

La combustione è sicuramente già conosciuta dai bambini del secondo ciclo della scuola elementare: nella vita quotidiana più volte è loro capitato di assistere a fenomeni di combustione, quali l'accensione di un fiammifero, dei fornelli di una cucina a gas, o di un braciere con carbone o legna. Ma la conoscenza spontanea di questa fenomenologia, come in generale di tutte le fenomenologie, è *irriflessiva, inconsapevole, asistemica*, in quanto si verifica soltanto, utilizzando una terminologia bruneriana, attraverso i sistemi della rappresentazione attiva e soprattutto iconica. Raramente nella vita quotidiana, ad eccezione di chi svolge mansioni o mestieri particolari, vi è l'esigenza di attivare in riferimento a fenomenologie di carattere scientifico il sistema di rappresentazione simbolica.

L'approccio fenomenologico deve porsi come obiettivo principale quello dell'attivazione del sistema *simbolico*, perché se ci si limitasse ai sistemi *attivo* ed *iconico* si farebbero pochi passi in avanti rispetto alla conoscenza di senso comune. In particolare poi se la fenomenologia facesse già parte dell'esperienza quotidiana, l'attività didattica sarebbe sostanzialmente inutile. Le fasi della rappresentazione attiva ed iconica non vanno evidentemente saltate, ma non ci si può fermare ad esse.

---

<sup>3</sup> J. Dewey, *Come pensiamo*, La Nuova Italia, Firenze, 1961, pp. 66, 333.

## PROPOSTA DIDATTICA PER LA CLASSE TERZA - SCUOLA PRIMARIA

### LA COMBUSTIONE

#### **1. 1ª ESPERIENZA- La combustione della carta**

Strumenti e materiale occorrente:

fogli di carta, fiammiferi, piatto di coccio.

a) Disponiamo il laboratorio di scienze o l'aula in modo che i bambini possano osservare bene la trasformazione. L'esperienza è eseguita dall'insegnante, ai ragazzi viene data la consegna di osservare attentamente.

Poniamo un foglio di carta appallottolato sul piatto e inneschiamo con un fiammifero; ripetiamo, eventualmente, l'esperimento al buio per poter osservare meglio la produzione di luce; al termine invitiamo i bambini a toccare il piatto di coccio per permettere loro di sentire il calore prodotto dalla combustione.

b) Chiediamo ai bambini di rispondere individualmente per scritto alla seguente domanda: "Quali sono gli aspetti più importanti della trasformazione che avete osservato, la combustione della carta?"

Introduciamo, utilizzandoli fin dalla prima esperienza, i termini combustione e innesco in modo che gli alunni possano familiarizzarsi con queste nuove parole. Può essere opportuno utilizzare anche un vocabolario per chiarire il significato della parola innesco.

c) Proponiamo la lettura ad alta voce di alcune verbalizzazioni che possono essere le più complete, ma anche quelle eseguite con meno attenzione; in entrambi i casi, infatti, si può stimolare una discussione con i ragazzi che proporranno correzioni, modifiche, ampliamenti.

Se non emergesse in modo chiaro, poniamo ai bambini la seguente domanda: "E' importante o no elencare gli aspetti della trasformazione rispettando la successione temporale? E' la stessa cosa descrivere una trasformazione o un oggetto?"

d) Dopo il confronto, chiediamo ai bambini, se lo ritengono necessario, di correggere, di completare, le loro produzioni individuali.

Per facilitare questa attività di affinamento della concettualizzazione, può essere utile fare scrivere i bambini nel quaderno in modo tale (ad esempio con un'ampia spaziatura tra una

riga ed un'altra) che sia possibile aggiungere e togliere qualcosa, pur rimanendo il quaderno sufficientemente ordinato e facilmente leggibile. Dare, infatti, la consegna di riscrivere invece che correggere non è, tranne che in alcuni casi particolari, opportuno sul piano motivazionale. Il **quaderno dei bambini**, impostando l'attività in questo modo, acquista un'importanza fondamentale perché è sia il deposito della conoscenza condivisa che lo strumento che permette in parte di registrare, per ciascun bambino, il processo di costruzione della conoscenza.

e) Realizziamo con le migliori produzioni dei bambini, anche da un punto di vista linguistico, una scheda che, indicando gli aspetti significativi, definisca il fenomeno della combustione della carta.

Nelle scheda ci dovrebbe essere una definizione di questo tipo:

*La combustione della carta è quella trasformazione che si verifica quando la carta viene innescata con un fiammifero, si forma una fiamma e si ha produzione di luce, calore, fumo; dopo poco il fenomeno ha termine e si ha un residuo di carta-cenere.*

Utilizzando questa metodologia, tutti i bambini arrivano da soli a comprendere gli aspetti fondamentali dei fenomeni indagati, ma ovviamente le rappresentazioni realizzate non sono tutte dello stesso livello. E' quindi importante che tutti i bambini abbiano nel quaderno delle verbalizzazioni corrette anche dal punto di vista linguistico, che saranno importanti anche per lo studio individuale. E' una metodologia che permette effettivamente di realizzare l'individualizzazione, che permette effettivamente, cioè, a tutti i bambini di essere coinvolti nel processo di insegnamento-apprendimento, e di concettualizzare gli aspetti fondamentali. Ciò non significa, d'altra parte, che tutti comprendano e concettualizzino nello stesso modo, questo sarebbe irrealistico e non augurabile. Anche i bambini con difficoltà dei vari tipi (bambini diversamente abili, migrantes da poco tempo arrivati in Italia, ecc.) sono totalmente coinvolti in attività di questo tipo, e sono generalmente sullo stesso piano degli altri bambini; anzi sono in certi casi capaci di cogliere aspetti importanti dell'osservazione che sfuggono agli altri bambini.

## **2. 2ª ESPERIENZA - La combustione dell'alcool**

Strumenti e materiale occorrente:

alcool puro, fiammiferi, piatto di coccio

f) Ripetiamo le attività già indicate per la combustione della carta, da a) a e).

Alla conclusione della attività, nelle scheda ci dovrebbe essere una definizione di questo tipo:

*La combustione dell'alcol è quella trasformazione che si verifica quando l'alcol viene innescato con un fiammifero, si forma una fiamma e si ha produzione di luce, calore; dopo poco il fenomeno ha termine e non rimane nessun residuo.*

g) Facciamo confrontare gli aspetti importanti (la definizione) della combustione della carta con gli aspetti importanti (la definizione) della combustione dell'alcool e costruiamo un cartellone che faciliti il confronto: quali differenze? quali somiglianze? I bambini noteranno subito che le somiglianze fra i due fenomeni sono molte e che si può elaborare una unica definizione valida per entrambe le combustioni. Si inizia in questo modo a generalizzare il concetto operativo di combustione.

### **3. 3<sup>a</sup> e 4<sup>a</sup> ESPERIENZA - Combustione di legnetti e combustione di carbonella.**

Strumenti e materiale occorrente:

legnetti molto fini e secchi, carbonella, fiammiferi, piatti di coccio, alcool (servirà per innescare; i fiammiferi da soli, infatti, non sono sufficienti)

h) Eseguiamo le 2 esperienze l'una dopo l'altra, nello spazio orario di una lezione. La consegna che verrà data ai ragazzi sarà sempre quella di osservare con la massima attenzione lo svolgersi dei fenomeni. Se i ragazzi non lo evidenzieranno, facciamo in modo che colgano la maggiore difficoltà di INNESCO di legnetti e carbonella rispetto ad alcool e carta così come i tempi più lunghi di combustione dei 2 nuovi materiali.

i) Al termine di ciascuna esperienza, chiediamo ai ragazzi, di verificare se la definizione di combustione ricavata dopo il confronto tra la combustione della carta e dell'alcool vada modificata oppure no.

### **4. 5<sup>a</sup> ESPERIENZA - La combustione e un sasso**

Strumenti e materiale occorrente:

un sasso o alcuni sassi, fiammiferi, alcool, piatto di coccio.

l) Proviamo ad innescare il sasso con un fiammifero e successivamente con l'aiuto di una piccola quantità di alcool. Può darsi che ciò crei qualche perplessità e che vi siano degli alunni che insistono nell'attribuire la fiamma alla combustione del sasso; in questo caso

ripetiamo l'esperienza con un altro sasso preoccupandoci di pesarlo prima e dopo la combustione, in modo da evidenziare che non c'è stato nessun consumo di materiale.

E' importante che tutti i bambini siano pienamente consapevoli che il sasso, nonostante che si sia cercato di innescarlo anche in modo energetico, non ha dato origine al fenomeno della combustione.

m) Solo a questo punto del lavoro sulla combustione, chiediamo individualmente ai ragazzi di rispondere per scritto alla seguente richiesta: "DEFINISCI LA COMBUSTIONE".

Confrontando le definizioni prodotte da ognuno, si arriva facilmente ad elaborare una definizione operativa di questo tipo: *LA COMBUSTIONE E' QUELLA TRASFORMAZIONE CHE SI VERIFICA QUANDO UN MATERIALE, INNESCATO, si consuma emanando calore e PRODUCENDO UNA FIAMMA che diffonde la LUCE.*

I materiali che si comportano in questo modo si chiamano COMBUSTIBILI, che come si è constatato, sono anche molto diversi l'uno d'altro, sia nell'aspetto iniziale, che durante il fenomeno della combustione. Ciò che li accomuna sono gli aspetti presenti nella definizione, ciò che li differenzia sono, ad esempio, il tipo di innesco, la durata della combustione, il calore sprigionato, il colore e la consistenza della fiamma, la presenza di un residuo, ecc. E' a questo punto necessario controllare in più vocabolari come sono definite le parole *combustione* e *combustibile*.

## **5. L'ARIA E LA COMBUSTIONE**

Ci si propone ora di constatare la necessità dell'aria per il fenomeno della combustione. Già negli esperimenti precedenti si è iniziato a ipotizzare che l'aria abbia un ruolo, probabilmente già durante la combustione delle carta; si ha, infatti, in questo caso, un decorso della combustione diverso se il foglio di carta viene tenuto in mano per mezzo di una pinzetta o se è appoggiato sul piatto, più o meno appallottolato. Successivamente la combustione dei legnetti e della carbonella è risultata più difficile, e quasi sicuramente si è constatato che l'innesco e la combustione sono facilitati, sia semplicemente soffiando (con la bocca o meglio con un mantice) od utilizzando qualcosa che permetta di smuovere l'aria (un ventaglio, un piccolo cartone).

## **6. L'ARIA OCCUPA TUTTI GLI SPAZI VUOTI**

**UNA DETERMINATA QUANTITA' DI ARIA HA UNO SPECIFICO VOLUME**

Generalmente, benché anche i bambini piccoli conoscano la parola *aria*, non ci si rende conto dell'esistenza dell'aria; l'aria è in un certo senso un'entità metafisica; l'aria diventa evidente nella sua materialità, come negli esperimenti appena indicati, quando viene messa in movimento rispetto alla situazione di equilibrio; l'aria è così associata al vento, alla sensazione che si ha andando in motocicletta o in auto con i finestrini aperti, ecc.

In situazioni statiche, in equilibrio, l'aria non si percepisce, e ci comportiamo come se non esistesse. Sono ovvie, ma anche emblematiche, le affermazioni che facciamo di fronte a recipienti di vario tipo (bicchieri, bottiglie, becher, ecc) non contenenti nessun liquido: sono vuoti. In realtà contengono l'aria, ma non ce ne rendiamo conto.

Sono tuttavia sufficienti alcuni semplici esperimenti per rendersi conto che l'aria esiste sempre ed occupa tutti gli spazi *vuoti*, cioè non contenenti liquidi e solidi. Ci si rende conto che **una determinata quantità di aria**, come i solidi e i liquidi, **occupa un determinato spazio**.

#### Strumenti e materiale occorrente:

- bacinella, bottiglie, recipienti di diverso volume, acqua

Prendiamo una bottiglia ed una bacinella sufficientemente grande da poter muovere in ogni direzione la bottiglia. Capovolgiamo e spingiamo verso il fondo la bottiglia *vuota* dentro la bacinella piena di acqua; operiamo in modo tale che tutti i bambini possano constatare la resistenza incontrata spingendo la bottiglia; chiediamo ai bambini che cosa osservano e quale spiegazione danno del fatto che l'acqua non entra nella bottiglia. Dopo che si è arrivati alla condivisione del ruolo dell'aria contenuta nella bottiglia capovolta, a partire dalle ipotesi individuali scritte da ogni bambino, incliniamo la bottiglia in modo tale da far uscire lentamente l'aria; si osserva la formazione di bollicine e si constata contemporaneamente, la salita dell'acqua nella bottiglia corrispondente alla diminuzione di aria; anche in questo caso arriviamo alla condivisione a partire dalle ipotesi individuali. Può capitare che la maggior parte dei bambini comprenda il fenomeno solo quando la bottiglia viene inclinata ed escono le bollicine di aria.

Infine chiediamo ai bambini se è possibile travasare l'aria da un recipiente ad un altro nelle condizioni sperimentali precedenti? Effettuiamo poi l'esperimento inclinando la bottiglia piena di aria sotto un altro recipiente anche esso capovolto dentro la bacinella ma **pieno di acqua**.

Se gli esperimenti precedenti non fossero sufficienti per la comprensione da parte di ogni bambino che più grande è il recipiente capovolto maggiore è la quantità di aria contenuta,

effettuiamo l'esperimento del travasamento di aria utilizzando recipienti di volume diverso. Il volume anche nel caso dei solidi e dei liquidi non è una caratteristica invariante della materia; cambia al variare della temperatura (fenomeno della dilatazione); però nel caso dell'aria, il **volume cambia** non solo **al variare** della temperatura, ma anche della **pressione**, come può essere banalmente constatato con due siringhe tappate, piene una di acqua e l'altra di aria e come forse qualche bambino aveva intuito fin dall'inizio di queste attività sull'aria, quando si spingeva la bottiglia capovolta dentro la bacinella. Abbiamo usato il termine pressione, anche se gli alunni generalmente diranno "fare forza", "spingere", o altre espressioni similari.

## 7. L'ARIA E' NECESSARIA PER LA COMBUSTIONE

### Strumenti e materiale occorrente:

- due candele, fiammiferi, piatto di coccio, becher da 250 cc e da 1 l.
- due fogli di carta di uguali dimensioni, fiammiferi, pinze metalliche

Effettuiamo il seguente esperimento: mettiamo sopra un piatto una candela e accendiamola; dopo qualche minuto collochiamo sopra la candela una becher di vetro da 1L capovolto.

Dopo che i bambini hanno osservato, chiediamo di fornire una spiegazione di quello è successo.

Se è necessario, ripetiamo più volte l'esperimento; operiamo inoltre in questo modo: quando la candela è vicina a spengersi, alziamo il becher per osservare che la combustione riprende come all'inizio. I bambini potranno alla fine condividere che la combustione della candela, mentre si verifica per poco tempo sotto il becher, dove c'è una quantità limitata di aria, dura a lungo in spazi aperti, fino a quando tutta la candela non si è consumata.

Effettuiamo successivamente il seguente esperimento: mettiamo sopra due piatti due candele e accendiamole; collochiamo poi sopra di esse due becher di vetro capovolti, caratterizzati da volumi diversi, ad esempio uno di 250 cc, e l'altro di 1L.

Dopo che i bambini hanno osservato, si chiede innanzitutto se hanno constatato qualche differenza. Se la risposta fosse negativa anche solo per qualche bambino, è necessario ripetere l'esperimento, misurando il tempo di accensione della candela nei due casi.

A questo punto, si chiede ai bambini di rispondere individualmente alla seguente domanda:

“Come mai la combustione della candela dura più a lungo quando il volume del recipiente di vetro capovolto è più grande?”

Le ipotesi dei bambini saranno le più diverse, ed in certi casi anche fantasiose; vi sarà chi parlerà dell'ossigeno che si è consumato, vi sarà che dirà che nel secondo recipiente vi è più aria, ecc. Dalla discussione sarà ricavabile per tutti i bambini *l'ipotesi che la combustione della candela avviene facilmente in ambienti aperti, dove vi è un ricambio costante di aria*. In ambienti chiusi, invece, la candela si spegne tanto più velocemente, quanto minore è l'aria a disposizione.

Chiediamo ai bambini di rispondere individualmente alla seguente domanda: “la presenza dell'aria, la necessità di spazi aperti è necessaria anche per le altre combustioni?”

Molto probabilmente il problema era già emerso in precedenza, durante l'osservazione e la discussione degli esperimenti precedenti: ora è il momento di sistematizzare le riflessioni già fatte. Sicuramente si era già constatato che la semplice combustione della carta si verifica con modalità molto diverse, come, d'altra parte, si era constatato la necessità di ricambio dell'aria per l'innesco della carbonella, ecc.

Effettuiamo ora questo esperimento: appallottoliamo uno dei due fogli di carta uguali e reggendo il foglio disteso e quello appallottolato con una pinza li inneschiamo. Risulta evidente che il foglio appallottolato, a differenza di quello disteso, brucia lentamente e ha una maggiore difficoltà di innesco. Ragionando e discutendo con i bambini circa questo diverso comportamento si giunge alla conclusione che una spiegazione plausibile di questo fenomeno risiede nel fatto che il foglio disteso abbia una maggiore superficie esposta all'aria rispetto a quello appallottolato. Da cui si evince che anche il contatto combustibile-aria sia un aspetto da considerare.

A questo punto è necessario chiedere ai bambini se la definizione di combustione ricavata precedentemente va modificata oppure no. Sarà facile arrivare a condividere che è necessario completarla in questo modo:

*LA COMBUSTIONE E' QUELLA TRASFORMAZIONE CHE SI VERIFICA QUANDO UN MATERIALE, INNESCATO E IN PRESENZA DI ARIA, si consuma emanando calore e PRODUCENDO UNA FIAMMA che diffonde la LUCE.*

## **8. L'ARIA E' NECESSARIA PER LA RESPIRAZIONE**

Chiediamo ai bambini di ipotizzare con una verbalizzazione scritta individuale che cosa succederebbe se al posto della candela mettessimo un piccolo animale, quale un criceto?

Oppure che cosa succederebbe, facendo il bagno al mare, se si rimanesse sotto l'acqua per qualche minuto? Dal confronto dovrebbe essere facile arrivare alla conclusione che la respirazione è una trasformazione simile alla combustione in quanto anche essa avviene solo in presenza di aria.

Ed effettivamente esperimenti di questo tipo effettuati da vari scienziati alcuni secoli fa permisero di arrivare a questa conclusione. Riportiamo le illuminate riflessioni scritte da Lavoisier nel 1789, il padre della chimica scientifica:

“La respirazione è una delle funzioni più importanti dell'economia animale, e, in generale, essa non può essere sospesa per un certo tempo senza che la morte ne sia una conseguenza inevitabile. Tuttavia, sino a questi ultimi tempi, si è completamente ignorato qual è il suo funzionamento, quali sono i suoi effetti; e tutto ciò che è relativo alla respirazione apparteneva al numero di quei segreti che la natura sembrava essersi riservata. Il ritardo delle nostre conoscenze su un argomento così importante deriva dal fatto che esiste un concatenamento necessario nella sequenza delle nostre idee, un ordine indispensabile nel cammino dello spirito umano...

Partendo dalle conoscenze acquisite, e riducendole a delle idee semplici, che ciascuno possa facilmente capire, noi diremo dapprima, in generale che la respirazione non è che una combustione lenta del carbone e dell'idrogeno, che è simile a tutte quelle che avvengono in una lampada o in una candela accese, e che, sotto questo punto di vista, gli animali che respirano sono delle vere sostanze combustibili che bruciano e si consumano. Nella respirazione, come nella combustione, c'è l'aria dell'atmosfera [...] ma poiché nella respirazione c'è la sostanza stessa dell'animale, c'è il sangue che fornisce il combustibile, se gli animali non acquistassero abitualmente con gli alimenti ciò che perdono con la respirazione, l'olio mancherebbe ben presto alla lampada e l'animale perirebbe, come una lampada si spegne quando essa manca di alimento [...].

Si dirà che questa analogia che esiste tra la combustione e la respirazione non era minimamente sfuggita ai poeti, o piuttosto ai filosofi dell'antichità, della quale erano gli interpreti. Questo fuoco rubato dal cielo, questa fiaccola di Prometeo, non presenta solamente un'idea ingegnosa e poetica, è la descrizione fedele delle operazioni della natura, per lo meno per gli animali che respirano: si può dunque dire con gli antichi, che la fiaccola della vita si accende nel momento in cui il bambino respira per la prima volta, e che non si spegne che alla sua morte.

Considerando dei rapporti così felici, si sarebbe qualche volta tentati di credere che in effetti gli antichi avevano penetrato nel santuario della conoscenza più profondamente di quanto noi pensiamo, e che la favola non è veramente che un'allegoria, sotto la quale

occultavano le grandi verità della medicina e della fisica.” (Lavoisier, Opere, II, pp. 688 – 692).

## 9. IL COMBUSTIBILE SI CONSUMA?

In tutti gli esperimenti di combustione effettuati si è constatato che il combustibile si consuma più o meno completamente; in alcuni casi, come quello dell'alcol non rimane nulla, in altri rimangono ceneri, o residui ancora più consistenti. Può darsi che il problema sia già emerso precedentemente, ora è il momento di focalizzare l'attenzione dei bambini su esso, facendo loro la seguente domanda e chiedendo loro una risposta scritta individuale: "Secondo voi, il combustibile che durante la combustione si consuma più o meno completamente, si consuma veramente, o semplicemente non è più visibile, si trasforma in qualcos'altro?"

**Poiché...** Con questa ultima fase **dell'attività non ci proponiamo** di approfondire in modo specialistico che cosa in realtà avviene dal punto di vista chimico durante queste trasformazioni, cioè, la combinazione del combustibile con un componente dell'aria, l'ossigeno, con la produzione di altri gas, ed in particolare di anidride carbonica. Quando Lavoisier comprese ciò, fu poi in grado di individuare i concetti fondamentali della chimica, quali il *principio di conservazione della materia* (**il peso dei reagenti è uguale al peso dei prodotti di reazione**), realizzando così il passaggio dalla fase prescientifica a quella scientifica. Ciò che è importante è raccogliere le loro ipotesi e fare in modo che con la discussione venga problematizzata la parte di definizione di combustibile, dove si afferma che il *combustibile si consuma*, per iniziare ad andare oltre le apparenze.

La domanda precedente è stata effettuata in molte classi; quasi sempre i bambini non sono stati in grado di andare oltre le apparenze. Noi pensiamo che ci si dovrebbe limitare alla definizione operativa precedente. Chi ritiene, invece, necessario che nel quaderno degli alunni ci sia la definizione presente nei libri di chimica, può darla agli alunni, mettendo in evidenza che questa definizione non è stata da loro ricavata in modo operativo ma è una nozione data dall'insegnante o ricavata da libri, da internet, ecc. (vedi ad esempio allegato 2).

**LA COMBUSTIONE E' QUELLA TRASFORMAZIONE (UNA REAZIONE CHIMICA) CHE SI VERIFICA QUANDO UN MATERIALE, INNESCATO, SI COMBINA CON L'OSSIGENO E SI TRASFORMA IN SOSTANZE ANCHE GASSOSE (IN PARTICOLARE ANIDRIDE CARBONICA E VAPORE ACQUEO), PRODUCENDO CALORE E SPESSO LUCE, CIOE' LIBERANDO ENERGIA.**

## 10. LA COMBUSTIONE E IL QUOTIDIANO. LA COMBUSTIONE E L'ENERGIA

Le attività proposte in questo paragrafo hanno un carattere diverso dalle precedenti; si tratta di attingere informazioni su importanti problematiche connesse al fenomeno della combustione ma concettualmente complesse, quali ad esempio l'energia. Le attività **non** hanno quindi l'obiettivo di concettualizzare queste problematiche, ma di avere un primo contatto con esse e di fornire alcune informazioni che dovranno necessariamente essere approfondite nella scuola secondaria superiore. Questa parte informativa non dovrebbe necessariamente, a nostro parere, essere affrontata nel suo insieme alla fine del percorso della combustione, nella classe terza della primaria, ma potrebbe essere distribuita negli anni successivi del primo ciclo.

E' importante che i ragazzi possano comprendere quanto è frequente, nella nostra vita quotidiana, il fenomeno della combustione; li stimoleremo quindi a riflettere e a raccogliere alcune informazioni essenziali sull'importanza dei combustibili nel rendere disponibile l'energia necessaria per produrre calore e far funzionare le macchine di vario tipo, ponendo loro alcuni dei seguenti interrogativi:

- **A cosa servono i combustibili?**
- **Quali combustibili conosci, quali sono i combustibili più usati?**
- **Che relazione c'è tra combustione ed inquinamento?**

E' sempre opportuno, inoltre, sfruttare le possibilità offerte dal territorio (le vecchie carbonaie, le centrali termoelettriche, ecc.) per approfondire la conoscenza del fenomeno osservato, inserendolo nella realtà odierna.

A partire dalle riflessioni degli alunni è inoltre importante evidenziare che la combustione costituisce una delle modalità più importanti per utilizzare l'**energia racchiusa nei combustibili**, sia nel senso di impiego immediato per riscaldarsi, sia per il funzionamento di mezzi di locomozione (automobili, ecc), sia per ottenere altre forme di energia (quali l'energia elettrica attraverso le centrali termoelettriche). Uno strumento didattico molto efficace per constatare come è possibile ottenere energia elettrica è la bicicletta con la dinamo o uno strumento simile. Lo stesso principio è utilizzato sia nelle centrali idroelettriche che nelle centrali termoelettriche.

Tutto ciò permette inoltre di mettere in evidenza quanto la nostra vita dipenda dall'energia. Potrebbe anche essere interessante chiedersi se nel passato la dipendenza dell'uomo dall'energia sia stata simile o diversa. Negli ultimi cento anni si è verificato un

aumento vertiginoso dei consumi energetici. L'energia che si utilizza per l'illuminazione, per il riscaldamento, per il funzionamento degli elettrodomestici, per le industrie, per le automobili, per i treni, ecc. viene ricavata in prevalenza dalla combustione dei combustibili fossili (carbone, petrolio, gas naturale). Ma i combustibili fossili emettono durante la combustione diversi tipi di sostanze inquinanti, determinando un sempre più preoccupante aumento dell'inquinamento atmosferico. I combustibili fossili sono inoltre responsabili dell'effetto serra.

Fonti energetiche alternative ai combustibili sono sempre esistite (quali l'energia idroelettrica e geotermica); ma negli ultimi decenni si è cercato di aumentare l'energia ricavata da altre fonti, meno inquinanti, quali il vento (energia eolica) il sole (pannelli solari e fotovoltaico), ecc... Queste fonti si chiamano **rinnovabili** perché a differenza dei combustibili, non si esauriscono. Potrebbe essere interessante utilizzare dati, informazioni presenti in quotidiani o in altre fonti di informazione.

## **Allegato 1    EFFETTO SERRA**

Si possono ricavare alcune informazioni sull'effetto serra da siti:

<http://www.ecoage.it/effetto-serra.htm>

Da milioni di anni la terra è costantemente irraggiata dalle radiazioni elettromagnetiche provenienti dal sole, scaldano il nostro pianeta e danno origine alla vita. Quello che citiamo spesso come "il problema dell'effetto serra" è in realtà un fenomeno naturale da sempre presente sulla terra. Dall'[effetto serra](#) deriva la temperatura terrestre. Senza l'[effetto serra](#) la temperatura del globo sarebbe in media 30 gradi più fredda, ovvero oscillerebbe intorno ad una temperatura di -18° C

**Perché si parla di effetto serra?** Il problema è causato dall'eccessiva presenza di questi gas nell'atmosfera tale da causare l'aumento della temperatura terrestre. I principali gas serra sono l'anidride carbonica, il metano e il vapore acqueo. Questi gas svolgono due importanti funzioni:

- Filtrano le radiazioni provenienti dal sole, evitando in tal modo di far giungere fino alla superficie terrestre quelle più nocive per la vita.
- Ostacolano l'uscita delle radiazioni infrarosse. I raggi solari rimbalzano sul suolo terrestre dirigendosi nuovamente verso l'alto. I gas serra presenti nell'atmosfera impediscono la loro completa dispersione nello spazio, facendoli nuovamente cadere verso il basso. Come una gigantesca serra.

**Le responsabilità dell'uomo.** Le emissioni di anidride carbonica sono il principale nemico da combattere. L'80% delle emissioni di anidride carbonica proviene dalla combustione del petrolio, del metano e del carbone. Un inquinamento cresciuto esponenzialmente con l'industrializzazione delle attività umane. Nel novecento, il livello di CO<sub>2</sub> in atmosfera è aumentato del 40% rispetto al secolo precedente come conseguenza dello sviluppo dei trasporti (in particolare l'invenzione dell'automobile come bene di massa).

Il problema dell'[effetto serra](#) si aggrava ulteriormente considerando la terra come "sistema complesso". **La CO<sub>2</sub> ha una durata media in atmosfera di circa 100 anni.** Se pure smettessimo oggi di produrre emissioni di CO<sub>2</sub> non riusciremmo comunque a ridurre in breve tempo la presenza di anidride carbonica nell'atmosfera. Le reazioni dell'ambiente sono quindi discontinue e irreversibili e non mostrano immediatamente i loro reali effetti o conseguenze. Si accentuano i fenomeni meteo estremi come gli uragani, le tempeste e le inondazioni. Nessuno però può dire con certezza quali siano le reali conseguenze a livello planetario. Un motivo in più per affrontare con estrema urgenza il problema.

<http://www.legambiente.it/temi/clima/effetto-serra>

È un fenomeno naturale che consiste in un riscaldamento del pianeta per effetto dell'azione di schermatura ad opera di alcuni gas presenti in atmosfera, i cosiddetti gas a effetto serra. Questi gas agiscono come una vera e propria serra, trattenendo una parte delle radiazioni solari che una volta entrate in atmosfera rimbalzano sulla superficie terrestre per tornare nello spazio. Un effetto estremamente utile per la Terra in quanto permette di trattenere il calore necessario allo sviluppo delle forme di vita. Senza questo la temperatura media del Pianeta sarebbe di 19°C sotto lo zero.

Negli ultimi decenni tuttavia l'effetto serra si è notevolmente intensificato a causa delle attività umane che, generando enormi quantità aggiuntive di gas serra, hanno provocato un rapido incremento della temperatura media del globo. L'uso di fonti fossili come carbone, gas e petrolio; le attività industriali e la deforestazione hanno causato un'autentica impennata delle emissioni di gas serra come il metano, il protossido d'azoto, e l'anidride carbonica (CO<sub>2</sub>). Quest'ultima in particolare è prodotta in tutti i fenomeni di combustione utilizzati per le attività umane ed è la principale imputata del cosiddetto 'riscaldamento globale. Basti pensare che a inizio secolo la concentrazione di anidride carbonica in atmosfera era di 290 ppm (parti per milione), oggi supera le 380 ppm. Si calcola che nei prossimi 35 anni la temperatura media del Pianeta possa aumentare di oltre due gradi, rispetto ai livelli pre industriali. Una variazione che può provocare enormi problemi:

l'estensione delle zone aride verso nord, l'innalzamento del livello del mare dovuto allo scioglimento dei ghiacciai e sconvolgimenti climatici di grande portata.

In assenza di misure efficaci, tra le possibili previsioni per i prossimi decenni sembra inevitabile che:

- tempeste e inondazioni si abatteranno con sempre maggior intensità sulle zone costiere del mondo intero provocando lo spostamento di milioni di persone;
  - il riscaldamento del clima modificherà le zone forestali e le zone umide causando danni, a volte irreversibili, all'intero ecosistema;
  - il riscaldamento globale provocherà l'innalzamento del livello dei mari mettendo a rischio le popolazioni costiere; le infiltrazioni di acqua salata a livello costiero dovute all'innalzamento del livello dei mari diminuiranno la qualità e disponibilità di acqua dolce e potabile;
  - le condizioni climatiche, modificate dal caldo e dall'umido, potranno far insorgere nuove forme patologiche ed accelerare la propagazione di malattie infettive come la malaria e la febbre gialla; a causa delle pratiche agricole non sostenibili e della progressiva avanzata dei deserti,
  - numerose aree del nostro pianeta diverranno improduttive ed inospitali a causa delle pratiche agricole non sostenibili e della progressiva avanzata del deserto.
- Ciascuno di questi scenari comporterà conseguenze disastrose per il pianeta, conseguenze che potranno essere aggravate da fattori socio-economici e dall'impatto che movimenti di popolazione

<http://www.ambiente.rai.it/dl/portali/site/articolo/ContentItem-360cccab-0059-412e-86a3-fe2df67cefee.html>

**Quali sono gli effetti dell'attività umana su questo fenomeno naturale?**

Se prima della Rivoluzione industriale l'uomo rilasciava ben pochi gas in atmosfera, oggi fattori come la crescita della popolazione, l'utilizzo dei combustibili fossili e la deforestazione stanno poco a poco modificando la concentrazione dei gas serra nell'aria, determinando un eccesso in qualità e quantità di sostanze come l'anidride carbonica e il gas metano. Il risultato che ne consegue è l'alterazione del delicato equilibrio climatico che regola la temperatura terrestre e il riscaldamento globale del pianeta.

Il cambiamento climatico, già in atto secondo la maggioranza degli studiosi, avrà implicazioni significative sulla salute dell'uomo e sull'integrità dell'ambiente influenzando fortemente l'agricoltura, la disponibilità delle acque, la biodiversità, il fabbisogno di energia (ad esempio per il riscaldamento o il raffreddamento) e la stessa economia. Un primo tentativo di limitare l'alterazione climatica indotta dall'uomo è il Protocollo di Kyōto, il trattato internazionale sottoscritto nel 1997 (ed entrato in vigore nel 2005) da più di 160 paesi per definire misure concrete contro il riscaldamento globale.

Tale Protocollo impegna i Paesi industrializzati e quelli ad economia in transizione (i Paesi dell'est europeo) a ridurre - nel periodo 2008-2012 - del 5% circa le emissioni antropogeniche di gas capaci di alterare il naturale effetto serra. I gas serra presi in considerazione dal Protocollo sono: anidride carbonica, metano, protossido di azoto, idrofluorocarburi, perfluorocarburi ed esafluoruro di zolfo.

Purtroppo non tutti gli Stati hanno aderito al Protocollo: gli Stati Uniti, responsabili del 30 per cento circa del totale delle emissioni prodotte dai paesi industrializzati, hanno firmato ma poi rifiutato di ratificare il trattato. Per i paesi di nuova industrializzazione il Protocollo non prevede alcun obiettivo di riduzione. Cina, India e altri paesi in via di sviluppo infatti sono stati esonerati dagli obblighi perché non ritenuti tra i principali responsabili delle emissioni "storiche" di gas serra (cioè quelle che permangono in atmosfera da circa un secolo e che sono all'origine dell'attuale cambiamento climatico). I paesi non aderenti sono responsabili del 40 per cento circa dell'emissione mondiale di gas serra

## **Allegato 2**

*da mettere nel quaderno dei alunni*

Avendo consultato alcuni libri e internet abbiamo trovato una definizione di combustione di questo tipo:

*LA COMBUSTIONE E' QUELLA TRASFORMAZIONE (UNA REAZIONE CHIMICA) CHE SI VERIFICA QUANDO UN MATERIALE, INNESCATO, SI COMBINA CON L'OSSIGENO E SI TRASFORMA IN SOSTANZE ANCHE GASSOSE (IN PARTICOLARE ANIDRIDE CARBONICA E VAPORE ACQUEO), PRODUCENDO CALORE E SPESSO LUCE, CIOÈ LIBERANDO ENERGIA.*

Questa definizione è in parte diversa da quella che avevamo precedentemente ricavato osservando e confrontando alcuni esperimenti di combustione. Anche l'uomo aveva conoscenze simili alle nostre fino a poco tempo fa (fino alla fine del Settecento), nonostante che la combustione sia una delle trasformazioni più importanti per la vita degli uomini da tempi lontanissimi, dalla scoperta del fuoco in poi. Alcuni di noi durante gli esperimenti con le candele avevano detto che le candele si spengono perché l'ossigeno si consuma. Avevano detto ciò non perché avevano visto l'ossigeno, ma perché era una nozione che sapevano. La comprensione completa di questa trasformazione sarà possibile nella scuola secondaria di secondo grado con esperimenti e ragionamenti più complessi.

La comprensione effettiva del ruolo dell'aria nei processi di combustione fu, non solo, una delle più grandi conquiste dell'umanità, ma costituì per la chimica un passaggio cruciale dalla fase prescientifica alla fase scientifica. E tutto questo lo si deve principalmente a un uomo: **Antoine-Laurent de Lavoisier**, il padre indiscusso della chimica moderna.