

Aria buona e aria cattiva

di Marcello Sala e Marco Testa

Quasi tutti hanno visto fare questo "esperimento" a scuola.

Ma quanti lo hanno interpretato correttamente? Lo proponiamo per mostrare quanto è difficile costruire conoscenza scientifica se già si crede di sapere. La conoscenza scientifica può partire solo dai porsi domande e quindi dal sapere di non sapere.

Materiali

- Candela fissata sul fondo di una vaschetta trasparente, dove si versa acqua colorata (ad esempio tè)
- Barattolo di vetro più profondo della lunghezza della candela e più stretto della vaschetta
- Fornelletto
- Pentolino
- Guanto da forno

ATTIVITÀ 1

Cosa vi aspettate che accada...

... se si mette il barattolo rovesciato sopra la candela accesa e lo si abbassa fino al fondo della vaschetta? Per la maggior parte degli studenti l'esperimento è noto, perciò la risposta di solito comprende già la spiegazione:

a) la candela dopo un po' si spegne, perché bruciando ha consumato l'ossigeno al cui posto è entrata l'acqua.

L'esperimento

Ciò che si osserva dipende dalle varianti del dispositivo; ad esempio, se la candela è troppo corta, si spegne perché viene sommersa. A volte (dipende dalla velocità con cui si opera) quando si abbassa il barattolo si notano delle bolle che escono. Allo spegnersi della fiamma, l'acqua colorata sale bruscamente.

La parete interna del barattolo "si appanna".

A sostegno della spiegazione precedente (a), alcuni misurano la diminuzione di volume (se si dispone di un cilindro graduato, lo si può utilizzare al posto del barattolo) sostenendo che corrisponde al

20% circa, che è la percentuale di ossigeno nell'aria.

Il problema

Questa esperienza spesso viene condotta per mostrare che la fiamma consuma ossigeno. L'aria è effettivamente composta per il 21% da ossigeno, ma non è questo esperimento a mostrarlo.

Termini quali "ossigeno" o "anidride carbonica" vengono usati per spiegare ciò che accade, mentre sarebbero proprio essi a necessitare di una spiegazione. Mettiamoci nei panni degli scienziati del Settecento, che non sapevano nulla di "ossigeno" o "anidride carbonica", e proviamo a spiegare ciò che accade a partire da ciò che chiunque può osservare. Capiremo che cosa questa esperienza può realmente mostrarci. Ecco il possibile percorso con le domande; le risposte riportate sono tratte dalle numerose ripetizioni di quest'attività con bambini e ragazzi.

Come si spiega ciò che accade?

Lo spazio intorno a noi è vuoto? No, è pieno d'aria.

Come facciamo a sapere che c'è l'aria? La vediamo muovere le foglie o le nuvole o la sentiamo muoversi per contatto. La respiriamo e non possiamo farne a meno.

L'aria che inspiriamo e quella che espiriamo sono uguali? La seconda è più calda (e umida).

Se entriamo in una stanza affollata con le finestre chiuse, com'è l'aria? Cattiva - sporca - inquinata.

Perché la candela sotto il barattolo si è spenta? Perché bruciando (combustione) si consuma l'aria pulita.

Perché allora l'acqua non sale fino al soffitto del barattolo? Perché rimane l'aria sporca, che non permette alla candela di bruciare.



Che effetto fanno la respirazione e la combustione sull'aria? Trasformano l'aria pulita in sporca.

Perché l'acqua è salita dentro il barattolo? Perché dentro c'è meno aria.

Ma, se l'aria si è trasformata da pulita in sporca, perché ce n'è di meno? Nell'aria c'è una parte pulita e una sporca: con la combustione quella pulita si consuma (in realtà viene sostituita da un volume quasi equivalente di aria sporca).

Perché nel caso della stanza con l'aria sporca apriamo le finestre? Perché entra aria pulita.

Dove va quella sporca? Viene sostituita da, o si mescola con, quella pulita.

Allora se lasciamo sollevato il barattolo, non immergendone la base nell'acqua, la candela continua a bruciare? Previsione: sì.

Si prova e si vede invece che la candela dopo un po' si spegne.

Mettendo sotto il barattolo (sempre senz'acqua) anche una seconda candela più corta, si osserva che quando la prima si spegne la più corta brucia ancora per un po'.

Come si spiega? L'aria sporca tende a salire e resta intrappolata riempiendo il barattolo a partire dall'alto.

Perché? Non perché è sporca, ma perché è più calda e quindi più "leggera".

(Attenzione: qui si dà per scontato che un fluido più leggero sta sopra uno più pesante, ma questo è un altro fenomeno che va spiegato! E, prima di tutto, andrebbe verificato se la variabile è il peso; invece è la densità, ma qui lasciamo la terminologia "ingenua" pesante/leggero).

Come si può dimostrare che l'aria più calda tende a salire? Osservando ciò che accade sopra un fuoco o sotto una mongolfiera.

ATTIVITÀ 2

Cosa vi aspettate che accada...

... se si fa l'esperienza senza combustione? La previsione prevalente: non accade nulla.

L'esperimento

Si scalda dell'acqua fino a ebollizione e se ne riempie il barattolo (maneggiandolo con il guanto). Si svuota il barattolo, lo si tiene per alcuni secondi con l'apertura verso il basso e poi lo si abbassa

nell'acqua colorata della vaschetta fino a toccare il fondo. Dopo alcuni minuti si osserva che il livello dell'acqua all'interno sale.



Come si spiega ciò che accade?

Nel barattolo è presente aria più calda che, una volta raffreddata, diminuisce di volume permettendo all'acqua di entrare.

Dunque, perché accade ciò che abbiamo osservato nel caso della candela? La fiamma all'interno del barattolo scalda l'aria che si espande anche mentre lo si sta abbassando, facendo uscire un po' d'aria (le bolle). Oggi sappiamo che la combustione della candela consuma ossigeno O_2 e produce un volume uguale di anidride carbonica CO_2 , salvo una piccola frazione di O_2 che si combina con l'idrogeno H del combustibile e forma acqua che condensa e si riduce di volume (l'acqua della vaschetta, infatti, comincia a entrare quando la candela è ancora accesa); ciò che sostanzialmente produce l'effetto osservato è però il fatto che, quando la candela si spegne, l'aria si raffredda e diminuisce di volume, quindi l'acqua entra.

Il fenomeno è più complesso di quanto si pensi: la spiegazione, parziale ma corretta, evita di fare un ricorso "magico" a nozioni come "ossigeno", che sono il prodotto e non la fonte di conoscenze come questa.

Marcello, biologo, ex insegnante, e Marco, fisico, sono ideatori e tutor di progetti di formazione in ambito scientifico.