

# IL CIBO DELLE PIANTE

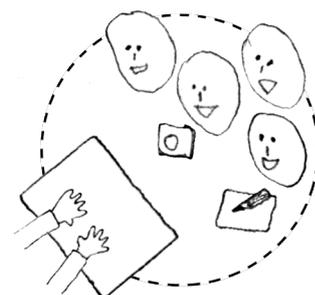
*Facciamo conoscenza con un'aria particolare, la CO<sub>2</sub>, che spegne il fuoco ed è più pesante dell'aria che ci circonda.  
Le piante si nutrono di CO<sub>2</sub>.*



Nell'atmosfera ci sono diversi tipi di aria, diversi "gas", tutti mescolati. Uno di questi gas è la CO<sub>2</sub>, che presentiamo in questo capitolo. Essa è uno dei principali cibi delle piante, che la risucchiano per mezzo di minuscole bocche dette stomi.

Gli esperimenti e le storie di questo capitolo possono servire quando si affrontano:

- le piante
- l'aria, l'atmosfera
- la chimica



# LA STORIA

## Edimburgo, 1766

L'aula dell'Università di Medicina era strapiena, c'erano centinaia di giovani studenti. Venivano non solo dalla Scozia ma anche da tutta Europa, dall'America e dalla Russia.

L'insegnante si chiamava Joseph Black. Era un medico, ma insegnava chimica. La chimica stava nascendo proprio in quegli anni, e Black era uno dei pionieri.

## Esperimenti a lezione

L'insegnamento di Black era molto seguito e amato perché egli faceva esperimenti a lezione, esperimenti di chimica dalla cattedra.

In uno di questi esperimenti, egli dapprima produceva del gas  $\text{CO}_2$  scaldando sostanze come calcare e bicarbonato.

Riempiva quindi una caraffa con questo gas (il gas era invisibile: la caraffa sembrava normalmente "vuota"). E infine, Black inclinava la caraffa sopra una candela accesa, come se ci versasse sopra il contenuto della caraffa vuota. E la candela si spegneva, sembrava quasi una magia!



Joseph Black (1728-1799)

## La chimica delle arie

Così Black "presentava" questo gas particolare, che aveva scoperto e studiato durante la sua tesi, a 24 anni. Lo aveva chiamato aria fissa perché esso si "fissa" nel bicarbonato, nel gesso, nei gusci d'uovo e di conchiglia, e in molte altre sostanze.

Black era uno dei pionieri della "chimica delle arie" o chimica pneumatica, una disciplina secondo cui non c'è una sola aria - l'aria - ma ci sono diverse "arie", diversi gas, e la chimica delle arie li scopre e li studia.

Verranno in seguito scoperti l'ossigeno che respiriamo

e che serve alle candele per bruciare, il metano dei fornelli, l'elio dei palloncini e molti altri gas.

## L'aria fissa e i suoi nomi

L'aria fissa di Black è stato il primo gas ad essere scoperto e studiato, ed ha aperto la strada ai gas scoperti in seguito.

Alla fine del 1700 è stato chiamato *anidride carbonica* dal grande chimico Lavoisier, nella sua riforma di tutti i nomi delle sostanze chimiche. È un nome ancora oggi molto usato, e si trova sulle etichette delle bibite gassate.

Di recente i chimici hanno fatto un'altra riforma della nomenclatura chimica, e il gas ha cambiato nome ancora, si chiama *biossido di carbonio* o *diossido di carbonio*, un nome che riprende la sua formula chimica,  $\text{CO}_2$ .

## Le proprietà della $\text{CO}_2$

Le proprietà più importanti della  $\text{CO}_2$  vengono illustrate dall'esperimento di Black della caraffa.

1. La  $\text{CO}_2$  è più pesante dell'aria normale (infatti essa scende, affonda, nell'aria normale).
2. La  $\text{CO}_2$  non supporta la combustione (le candele si spengono). Alle candele per bruciare serve aria, ma non la  $\text{CO}_2$ .

## La $\text{CO}_2$ nelle cantine

Questo gas che spegne le fiamme era stato scoperto anche prima di Black, dall'alchimista fiammingo Van Helmont, all'inizio del seicento.

Egli introdusse la parola *gas* (dal tedesco popolare *ga-escht*, fermento) per indicare arie e vapori nel vocabolario dei chimici.

Egli capì che lo stesso gas - la  $\text{CO}_2$  - viene prodotto in modi diversi.

3. La  $\text{CO}_2$  è il "gas asfissiante" prodotto dalla combustione del carbone.
4. La  $\text{CO}_2$  è il "gas silvestre" prodotto dalla fermentazione del mosto.

In un certo senso, dunque, lo studio delle arie era cominciato prima di Joseph Black. Ma furono le scoperte di Black sulle proprietà della  $\text{CO}_2$ , e il suo modo di insegnarle, di spiegarle, che attirarono l'attenzione di molti altri scienziati sullo studio delle arie.

### La scuola di Black

Il padre di Joseph Black, John Black, era un mercante di vini e vignaiolo che dalle isole britanniche si era stabilito in una fattoria a Bordeaux, in Francia. Lì aveva conosciuto e sposato Margaret, di origine scozzese. Ebbero 13 figli, 8 maschi e 5 femmine. Non c'erano scuole inglesi e la mamma fu anche la maestra per tutti i figli, che impararono così a leggere in inglese.

### Leeds, 1767

C'era un altro studioso dei gas in Inghilterra alla metà del settecento, il reverendo Priestley.

Era molto appassionato di esperimenti, e il lavoro di Black lo stimolò. In quel periodo Priestley abitava vicino a un birrificio pubblico, una fabbrica di birra, dove c'erano grandi vasche piene del liquido con schiuma e bollicine...



Joseph Priestley (1733-1804)

### CO<sub>2</sub> in gran quantità

Priestley sapeva che sulle vasche di birra rimaneva, continuamente rinnovandosi, uno strato di circa 25-30 centimetri di CO<sub>2</sub>.

Vi immergeva candeline e pezzettini di legno in fiamme, ed essi si spegnevano. Il fumo delle candele spente si mescolava con l'aria fissa e quasi disegnava la linea di separazione tra l'aria fissa, sottostante, e l'aria normale che vi sta sopra.

Un altro esperimento era quello di gonfiare bolle di sapone, piene di aria normale, e farle cadere sopra la birra e la sua schiuma. Esse si fermavano a mezz'aria, galleggiando sullo strato invisibile di CO<sub>2</sub> perché erano più leggere.

Con questi esperimenti al birrificio pubblico Priestley cominciò i suoi "esperimenti sui diversi generi di aria" e li descrisse in uno dei suoi libri.

### CO<sub>2</sub> e combustione

I chimici dell'aria avevano ben compreso che le candele trasformavano l'aria normale in aria fissa.

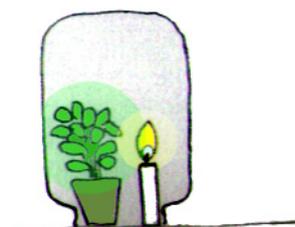
L'aria buona e respirabile viene gradualmente consumata durante la combustione e trasformata in aria fissa, nella quale le candele non bruciano e infine si spengono.



La fiamma della candela infatti consuma non solo la cera, ma anche l'aria normale. Nella fiamma esse si combinano e il risultato è aria fissa e vapor d'acqua.

### CO<sub>2</sub> e piante

Nel 1771 Priestley scoprì che le piante sono in grado di fare il processo inverso, ovvero di purificare l'aria! Esse trasformano l'aria fissa (irrespirabile) in aria normale, respirabile.



Priestley lasciò una piantina di menta sotto un vaso rovesciato dove una candela si era spenta consumando tutta l'aria. Dopo quasi un mese provò a riaccendere la candela, che bruciò benissimo.

Le piante in altre parole "consumano" questo gas, la CO<sub>2</sub>. Si scoprirà poi che da questo gas le piante ricavano il materiale per costruire il legno, la cellulosa delle foglie, gli zuccheri nei frutti, i carboidrati.

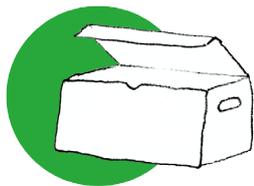
### La scuola di Priestley

Priestley da piccolo era cresciuto con i nonni e gli zii perché quando aveva sei anni la mamma era morta. Egli era il maggiore di sei fratelli, e fu molto bravo e studioso e indipendente.

Priestley scrisse diversi libri. Fu un grande sostenitore dell'utilità degli esperimenti per imparare, e anche un cantore della bellezza del fare bene gli esperimenti.

Con i suoi libri aiutò molti a ripetere i suoi esperimenti in autonomia, a migliorarli e anche a fare nuove scoperte.

# I MATERIALI



## NELLA SCATOLA TROVATE



→ il "trespolo"  
o portacandela

è fil di ferro attorcigliato  
con una calamita a cui si  
attacca la candelina



→ 4 candeline



→ 10 palloncini tondi

ce ne sono altri 10 per  
gli esperimenti sull'orecchio  
(capitolo 9)



→ 6 bolle di sapone

servono anche per gli  
esperimenti di elettricità  
(capitolo 8)



## È NECESSARIO PROCURARSI ANCHE



→ bottiglia da 1.5 litri  
di bibita gassata

NB bibite tipo CocaCola,  
Fanta etc sono più gasate  
dell'acqua frizzante

→ aceto, mezzo litro  
il più economico va bene

→ bicarbonato,  
una confezione da 500g



→ tre bicchieri



→ una bacinella  
trasparente

noi ne abbiamo usata  
una di dimensioni  
37 cm lunga  
27 cm larga  
26 cm alta



→ accendino  
(o fiammiferi)

→ legnetti,  
o bastoncini  
da bruciare

## GLI ESPERIMENTI

### I.

# CO<sub>2</sub> da bibita gassata spegne candelina o *Esperimento di Black*

#### COSA SERVE

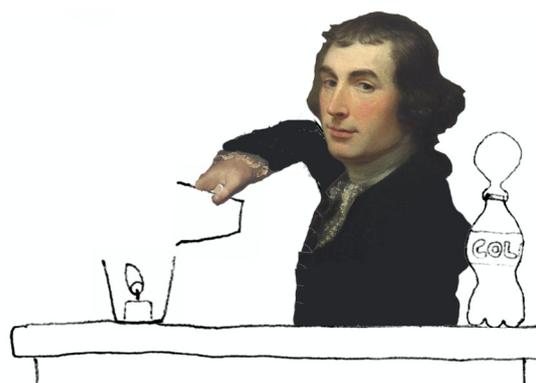
- la bottiglia di bibita gassata
- il palloncino
- la candelina
- i fiammiferi o l'accendino
- due bicchieri

#### COSA FARE

1. accendere la candelina e sistemarla sul fondo di un bicchiere. Se possibile mettendoli in posizione un po' sopraelevata (una pila di libri sulla cattedra) in modo che tutti i bambini li vedano bene
2. fare il gesto di travasare un bicchiere vuoto nel bicchiere con la candelina. Non succede niente
3. gonfiare una o due volte il palloncino, e lasciare che si sgonfi. Ciò serve per controllare che sia integro, e per ammorbidirne un po' la gomma
4. togliere il tappo alla bottiglia di bibita gassata
5. inserire il palloncino sul collo della bottiglia, come fosse un berretto
6. agitare dolcemente la bottiglia. Si forma schiuma, e il palloncino si gonfia
7. attorcigliare il collo del palloncino (affinché non si sgonfi) e staccarlo dalla bottiglia
8. con l'altra mano, rimettere il tappo alla bottiglia
9. prendere un bicchiere e, tenendolo coperto con la mano, svuotarci dentro il palloncino (o metà palloncino se è molto gonfio)
10. ora il bicchiere è pieno del gas estratto dalla bibita gassata. Muovendolo delicatamente, avvicinarlo all'altro bicchiere, e versarlo dentro
11. la candela si spegne!
12. si può ripetere l'esperimento, magari facendo venire un bambino a versare il bicchiere di CO<sub>2</sub>.

#### COSA SUCCUDE

Agitando la bibita gassata abbiamo estratto la CO<sub>2</sub> che vi era disciolta dentro, raccogliendola nel palloncino. La CO<sub>2</sub> disciolta nelle bevande gassate, infatti, lentamente esce da esse, formando bollicine che poi scop-



piano in superficie. Ad esempio, se dimentichiamo la bottiglia aperta, la bevanda diventa sgasata. Agitare la bottiglia rende più veloce la formazione delle bolle e della schiuma, e quindi l'uscita del gas. In questo modo lo raccogliamo più in fretta.

È meglio non aprire il palloncino direttamente sulla candela, ma travasarlo in un bicchiere. Altrimenti l'effetto viene nascosto dal getto d'aria: sembrerebbe che la candela si spegne perché ci si "soffia" sopra.

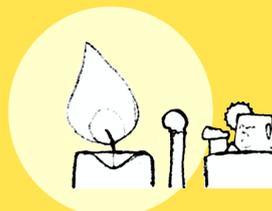
L'aria versata nel bicchiere quindi, per quanto invisibile come l'aria normale, è diversa. Ed è diversa perché 1) è più pesante, 2) in essa le candele si spengono.

A queste due conclusioni i bambini arrivano con prontezza. *L'esperimento a lezione* si presta molto bene per essere integrato in un racconto, in una spiegazione. Ma può essere integrato anche in un dialogo con i bambini, in una serie di domande e risposte, nel far dire loro cosa vedono e cosa pensano.

La CO<sub>2</sub> è questa aria particolare, contenuta nelle bevande gassate. È contenuta anche in certi tipi di estintori, e infatti si usa per spegnere il fuoco.



#### Sicurezza!



Fare attenzione alle fiamme libere di candeline, fiammiferi o accendini.

Cfr. Sicurezza pag. 11

## GLI ESPERIMENTI

### II.

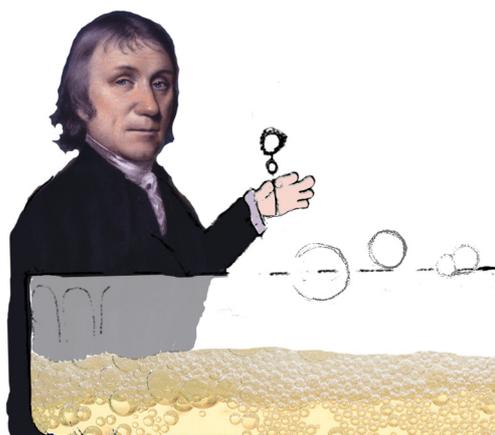
# bacinella piena di CO<sub>2</sub> da aceto e bicarbonato o Esperimento di Priestley

#### COSA SERVE

- la bacinella trasparente
- la bottiglia di aceto
- il bicarbonato
- la candelina
- i fiammiferi o l'accendino
- il trespolo di fil di ferro e calamita
- le bolle di sapone
- rotolone o stracci per pulire

#### COSA FARE

1. posizionare la bacinella trasparente, vuota e pulita, in una posizione ben visibile a tutta la classe (sulla cattedra)
2. versare mezzo litro di aceto nella bacinella
3. accendere la candelina e fissarla con la calamita al trespolo di fil di ferro. Calare temporaneamente la candelina nella bacinella, fino a sfiorare l'aceto. Essa rimane accesa
4. prendere il bicarbonato e spargerne circa cento grammi sull'aceto nella bacinella. Si forma immediatamente schiuma
5. dopo 10-20 secondi, calare ancora la candelina nella bacinella, servendosi del trespolo. La candela si spegne. Sopra la schiuma c'è uno strato di CO<sub>2</sub> spesso circa una spanna, fin quasi al bordo della bacinella
6. si può calare anche un legnetto in fiamme nello strato di CO<sub>2</sub>, e subito si spegne
7. prendere le bolle di sapone, e gonfiarne alcune cercando di farle cadere nella bacinella. Esse non arrivano fino all'aceto, ma rimangono a mezz'aria, galleggiando sullo strato di CO<sub>2</sub>!
8. si possono far venire i bambini, uno o due alla volta, a fare le bolle sospese nella bacinella



9. dopo dieci-venti minuti le bolle sprofondano molto più di prima, la CO<sub>2</sub> sta uscendo dalla bacinella e si mescola con l'aria normale. Si può generarne ancora aggiungendo altro aceto e bicarbonato.

#### COSA SUCCEDDE

Aceto e bicarbonato mescolati insieme fanno una gran quantità di bollicine, di schiuma: si sta formando un gas.

Ci domandiamo: di che gas si tratta? Vediamo che in esso le candele si spengono e che è più pesante dell'aria normale (le bolle vi galleggiano sopra). Queste due proprietà un tempo costituivano il classico "test" rapido per identificare la CO<sub>2</sub>.

La schiuma che si forma è dunque composta da bollicine di CO<sub>2</sub>, di *aria fissa*, non di aria normale. Si tratta dello stesso gas, della stessa sostanza, che esce dalle bevande gassate.

In questo caso, il gas è fissato nel bicarbonato, fa parte del bicarbonato. Nel bicarbonato si fissa davvero molta CO<sub>2</sub>, molta di più che quella che si può aggiungere a una bibita.

In 100 grammi di acqua frizzante sono disciolti circa 0,5 grammi di CO<sub>2</sub>, ovvero circa 0,3 litri.

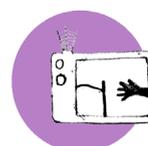
In 100 grammi di bicarbonato, invece, si fissano circa 52 grammi di CO<sub>2</sub>, circa 27 litri! cento volte tanto!

#### Sicurezza!



Fare attenzione alle fiamme libere di candeline, fiammiferi o accendini.

Cfr. Sicurezza pag. 11



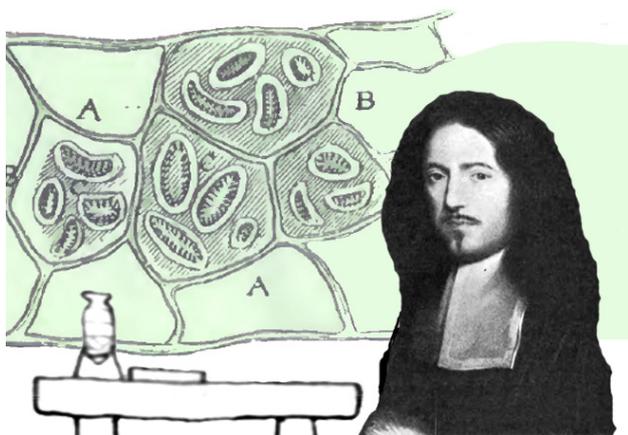
CORTI  
ESPERIMENTI  
#003, #004

# APPROFONDIMENTI

## GLI STOMI

Il primo a descrivere gli stomi fu il grande microscopista italiano Marcello Malpighi nel 1675.

In quell'anno Malpighi pubblicò le sue osservazioni sulle piante nel libro *Anatome Plantarum*. Sulle foglie del finocchietto e dell'oleandro egli individuò dei piccoli pori.



Malpighi intuì che i piccoli pori sulle foglie potevano servire al passaggio di aria.

Infatti in molte piante i pori sono presenti su entrambe le pagine della foglia (più numerosi sulla pagina inferiore), mentre nelle piante acquatiche che vivono sulla superficie degli stagni queste piccole aperture si trovano solo sulla pagina superiore delle foglie, quella rivolta verso l'aria.

Nell'800, dopo le scoperte sulle *diverse arie* di Black e Priestley ci fu un grande interesse per questi piccoli organi.

I botanici li chiamarono "stomi" - al singolare "stoma" che significa "bocca" - perché sono circondati da due piccole cellule a forma di mezzaluna, che sembrano proprio le due labbra di una bocca.

La struttura degli stomi viene descritta con precisione dall'ottico italiano Giovanni Battista Amici.

Gli stomi sono davvero delle piccole bocche, che si aprono e si chiudono, per far entrare la CO<sub>2</sub>, per far uscire il vapore acqueo.

Si potrebbe dire che con queste bocche le piante "respirano", ma è anche vero che con esse le piante "mangiano": la CO<sub>2</sub> è il loro cibo.

## QUESTIONI DI DIDATTICA

Nella didattica della chimica si dibatte da molto tempo un quesito: quando è bene parlare di atomi?

All'inizio della primaria è meglio parlare di sostanze. Di cose, di materiali, di sostanze omogenee, di miscugli, di granellini, di polverine finissime...

I bambini devono ancora costruire bene concetti come la conservazione della massa, devono ancora conoscere per bene molte proprietà della materia, dei gas, dei passaggi di stato, gli stessi nomi delle cose, eccetera...

Se viene la richiesta dai bambini, certo, se ne può parlare, anche livello di racconto. È bene aver cura di presentare sempre il punto di vista microscopico con il collegamento al punto di vista macroscopico.

Facciamo degli esempi.

→ Un grande volume di CO<sub>2</sub> è fissata in un piccolo volume di bicarbonato (punto di vista macroscopico). Vuol dire che nel bicarbonato la CO<sub>2</sub> è concentratissima, che forma un legame strettissimo, vicinissimo con le altre parti del bicarbonato, e questo è un legame chimico (punto di vista microscopico). Le parti sono così unite che formano insieme una sostanza nuova.

→ Nell'acqua frizzante, la CO<sub>2</sub> non si unisce all'acqua (punto di vista microscopico), le due formano un miscuglio. Se lasciamo la bottiglia aperta, o un bicchiere scoperto, l'indomani l'acqua sarà sgasata, la CO<sub>2</sub> è uscita e si è mescolata con l'aria normale (punto di vista macroscopico).

Nel bicarbonato invece, la CO<sub>2</sub> è combinata molto strettamente, e non esce, neanche se agitiamo. Esce se scaldiamo o attacchiamo con un acido (l'aceto).

## MENTOS E COCA COLA

Molto spesso durante gli esperimenti con le bevande gassate i bambini citano l'effetto delle caramelle Mentos nella Coca Cola Light. È un esperimento molto famoso (c'è quasi un'esplosione, un geysir di schiuma) ed è diffusissimo su internet con numerosissimi video amatoriali.

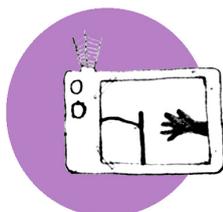
Di recente la reazione Mentos - Diet Coke è stata studiata a fondo dalla fisica Tonya Coffey, specialista di nanotecnologia e molto impegnata anche nella didattica. Il suo studio è stato pubblicato sull'*American*

*Journal of Physics*, una importante rivista del settore, nel 2008.

Tonya Coffey discute il ruolo dei dolcificanti e conservanti delle bibite gassate nel facilitare la produzione di bolle.

La docente analizza inoltre la superficie porosa delle caramelle (con foto al microscopio elettronico) e il loro peso, i fattori che favoriscono in modo determinante la formazione di bolle in gran quantità.

Per ulteriori approfondimenti si veda l'articolo [Mentos e Coca Cola](#) su [reinventore.it](#).



## VIDEO

Sul sito [reinventore.it](#) è disponibile un filmato di approfondimento che tratta le diverse "arie", la fotosintesi e la respirazione.



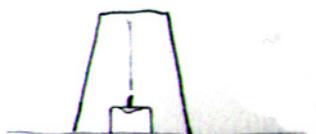
## PRIESTLEY E LA RESPIRAZIONE con articoli

## Corfi esperimenti

Sul sito [reinventore.it](#) sono inoltre disponibili i filmati di numerosi "corti esperimenti" legati alla CO<sub>2</sub>:

- #002 candelina e CO<sub>2</sub> da bevanda gassata
  - #003 bacinella di CO<sub>2</sub> e candelina
  - #004 bacinella di CO<sub>2</sub> e bolle di sapone
  - #006 candeline sotto bicchieri diversi
  - #007 candeline sotto campana di vetro
- ... e altri prossimi venturi...

## DOMANDE DISEGNATE

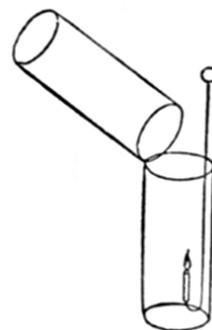


Sul sito [reinventore.it](#) sono liberamente scaricabili le Domande Disegnate, pagine in PDF con domande e piccoli quiz sugli esperimenti di questo capitolo.

## BIBLIOGRAFIA

Gli esperimenti con la CO<sub>2</sub> reinventati in questo capitolo vennero eseguiti nelle celebri Lezioni Natalizie per bambini da Michael Faraday, uno dei massimi scienziati e insegnanti dell'Ottocento.

Nella sesta delle sue lezioni su *"La storia chimica di una candela"* si trovano sia l'esperimento dello spegnimento della candelina sia le bolle di sapone galleggianti.



Per saperne di più su Faraday e le sue prime *"lezioni con esperimenti"* rivolte ai bambini, consultare l'articolo [L'amicizia tra la candela e il cosmo](#) su [reinventore.it](#).

Il galleggiamento delle bolle di sapone su uno strato invisibile di CO<sub>2</sub> è presente anche nella raccolta di Tom Tit *"La scienza divertente"*, a cavallo tra Ottocento e Novecento.



Per saperne di più su Tom Tit e le raccolte di esperimenti per bambini, consultare l'articolo [Bolle di Sapone e Acido Carbonico](#) su [reinventore.it](#).