



# ONE LED CHALLENGE TERMICA

Diamo per scontata la disponibilità  
di corrente elettrica,  
ma quanto è difficile generarla?

## ONE LED CHALLENGE

### Termica

Il fatto che l'energia che assumiamo mangiando un piatto di pasta non sia diversa nella sostanza (lo è, e di molto, nella forma) da quella che utilizziamo per alimentare il frigorifero ci può apparire a prima vista sorprendente, ma con questa esperienza proviamo ad accorciare le distanze e a rispondere alla domanda: per quanto tempo puoi alimentare una lampadina LED con una sola noce?

Questo esperimento ci porterà attraverso un interessante percorso ricco di trasformazioni: partiremo dall'energia termica per arrivare all'energia elettrica.

Adesso tocca a te: trova un modo per misurare quanta energia contiene una noce. Riuscirai nell'impresa?

## COSA TI SERVE?

- 1 noce
- Lattina
- Barattolo di latta
- 3 viti
- 1 chiodo
- Pezzo di legno
- Bilancia precisa
- Termometro
- Misurino graduato



---

## L'ESPERIMENTO

---

1. Prendi il barattolo di latta e aprilo da entrambi i lati con un apriscatole.
2. Prendi una lattina e assicurati che il suo diametro sia inferiore a quello del barattolo di latta: quelle alte e sottili vanno benissimo.
3. Avvita le tre viti a metà altezza della lattina in modo che, guardando la lattina dall'alto, siano l'una a 120° dall'altra circa.
4. Taglia la lattina circa un centimetro sopra le viti.
5. Inserisci la parte di lattina con le viti nel barattolo di latta: le viti che fuoriescono dalla lattina poggiano sul bordo del barattolo impedendo alla lattina di cadere sul fondo.
6. Misura 100 ml di acqua e versala nella lattina.
7. Con una bilancia precisa pesa una noce (intera e senza guscio) e prendine nota (M0).
8. Inserisci nel pezzo di legno un chiodo che funge da supporto per la noce. Puoi anche utilizzare una vite o una graffetta, la cosa importante è che la noce resti sospesa e distante da altri materiali infiammabili.
9. Con un termometro misura la temperatura dell'acqua nella lattina e prendine nota (T0).
10. Esci all'aria aperta: dovrai bruciare la noce, è importante che tu lo faccia in tutta sicurezza! Utilizza dei materiali refrattari (mattoni o sassi) per realizzare una semplice struttura che possa mantenere stabilmente le latte appoggiate in modo che la noce, bruciando, scaldi la lattina da sotto.



- 11.** Con un accendino “accendi” la noce.
- 12.** Posiziona il barattolo di latta con la lattina piena d’acqua sopra la noce che brucia, facendo in modo che il fondo della lattina sia vicina al fuoco, ma non lo soffochi.
- 13.** Aspetta qualche minuto: tieni sotto controllo la noce finché resta accesa e mescola l’acqua di tanto in tanto in modo che la temperatura sia uniforme.
- 14.** Quando la noce si spegne - o comunque prima che l’acqua arrivi a bollire - con un termometro misura la temperatura dell’acqua e prendine nota ( $T_1$ ). Tieni anche conto dei limiti del tuo termometro: potresti valutare di interrompere l’esperimento quando la temperatura arriva al suo limite superiore.
- 15.** Con una bilancia precisa pesa quel che resta della noce e prendine nota ( $M_1$ ).
- 16.** Calcola le variazioni:  $\Delta M = M_1 - M_0$      $\Delta T = T_1 - T_0$
- 17.** Calcola la quantità di energia trasferita all’acqua dalla combustione della noce. La formula per esprimere il valore in kcal sarebbe
- $$Q = M \times C_p \times \Delta T \quad (C_p = \text{calore specifico})$$
- ma, trattandosi di acqua, possiamo semplificare con questa formula
- $$Q = \text{Volume}_{(\text{acqua})} \times \Delta T \quad (\text{dove il volume è espresso in litri})$$
- per convertirlo in Wattora moltiplica il risultato per 1,162.
- 18.** Confronta questo risultato con i valori energetici delle noci. Molta energia, durante il nostro esperimento, è andata sprecata.



**19.** Torniamo alla nostra domanda iniziale. Per quanto un diodo LED consuma circa 40mW, cioè circa 0,04 J al secondo. Per calcolare quanto tempo potrebbe rimanere acceso un singolo LED con la quantità di energia che abbiamo misurato è sufficiente dividere la quantità di energia Q del punto 17 per il consumo del LED:  $Q [J] / 0,04 [J / s] = [s]$

L'esperimento, per quanto formalmente corretto, potrebbe portare ogni volta a risultati estremamente diversi tra loro: quello che ci interessa è comprendere il significato delle trasformazioni di energia e quantificare il corretto ordine di grandezza.



---

## COSA SUCCEDE?

---

Le noci sono un alimento altamente calorico, ricco di lipidi e in particolare di acidi grassi. La loro combustione libera calore (come tutte le reazioni esotermiche) che viene trasferito all'acqua. La quantità nota di acqua e la differenza di peso della noce prima e dopo la combustione ci permettono di fare una stima dell'efficienza di questa trasformazione, realizzata con materiali economici di recupero.

---

## PENSIAMOCI SU

---

Sarà davvero tutto così "semplice"?

- Di quali trasformazioni di energia non stiamo tenendo conto?
- In che modo i risultati dell'esperimento possono dipendere dagli strumenti a nostra disposizione?
- Quali accortezza possiamo adottare per ottenere dei risultati migliori?
- Perché non alimentiamo le centrali termoelettriche a noci?



---

## COSA C'E' SOTTO?

### Come funziona

---

Stiamo prendendo confidenza con il concetto di energia: un concetto che non è sempre semplice né da definire né da comprendere, e per questo a volte può apparire un po' sfuggente. Ci interessa qui fissare bene un punto essenziale: l'energia governa tutti i processi, le tecnologie e le attività con cui abbiamo a che fare ogni giorno ed è per questo motivo fondamentale.

Possiamo pensare all'energia come alla "moneta di scambio" necessaria perché avvenga una qualsiasi trasformazione: perché la velocità dell'acqua diventi energia elettrica, perché gli alimenti che mangiamo diventino uno scatto dei nostri muscoli o attività del nostro cervello. In ogni trasformazione, una certa quantità di energia viene trasformata in una forma differente: l'energia di una batteria può diventare la vibrazione dell'aria che determina un suono (accade quando ascoltiamo la musica da una cassa bluetooth), la combustione del gas metano nello scaldabagno diventa il calore dell'acqua (con cui facciamo la doccia o laviamo i piatti) e ancora, in scala più grande, le combustioni che avvengono in una centrale termoelettrica diventano l'energia che fa funzionare le luci delle nostre città e gli elettrodomestici delle nostre case. L'aspetto interessante è che, in ognuno di questi casi, abbiamo sempre a che fare con la stessa "cosa", con la grandezza fisica che possiamo misurare con una specifica unità di misura: il Joule (ma non mancano grandezze equivalenti come la chilocaloria, kcal, o il chilowattora, kWh).

Il nostro esperimento non ci ha portato ad accendere veramente un LED, ma è servito per promuovere una riflessione sul tema delle trasformazioni dell'energia. La produzione di energia elettrica a partire da fonti combustibili è materia decisamente più complessa, ed è ciò che avviene all'interno delle centrali. La trasformazione che abbiamo provato a realizzare in questo esperimento può rappresentare grossolanamente solo solo la prima di una serie di trasformazioni che avvengono all'interno di una centrale termoelettrica, i cui dettagli dipendono da numerosi parametri, ma che schematicamente possiamo così riassumere:



1. L'energia chimica del combustibile (in passato si usava molto il carbone, oggi soprattutto gas naturale, olio combustibile, ma anche le biomasse rinnovabili) viene impiegata per riscaldare e portare a evaporazione un liquido (normalmente l'acqua).
2. L'energia liquido trasformato in vapore viene impiegata per mettere in movimento una turbina, trasformandosi così in energia cinetica.
3. L'energia cinetica della turbina viene poi convertita in energia elettrica dall'alternatore (ne abbiamo realizzato uno rudimentale in un altro esperimento del percorso).
4. Oggi le centrali utilizzano un sistema che si chiama a ciclo combinato: dopo aver bruciato il combustibile per far girare la turbina, i fumi di scarto vengono recuperati per sfruttare la loro energia termica residua. Il vapore prodotto fa ruotare una seconda turbina per la produzione di energia elettrica.

L'energia elettrica così prodotta viene immessa nella estesa rete di distribuzione e giunge fino alle nostre abitazioni, dove subisce una nuova trasformazione con la quale viene di nuovo convertita in luce, calore, movimento, potenza di calcolo e altro ancora.

Proprio così! L'energia che hai utilizzato per ricaricare il tuo smartphone questa notte potrebbe essere l'energia che era contenuta nel combustibile impiegato da una centrale termoelettrica, arrivato a te sotto forma di elettricità dopo una lunga serie di trasformazioni. Nel nostro esperimento abbiamo utilizzato una noce, ma avremmo potuto utilizzare qualsiasi altro combustibile. In linea di principio, avremmo potuto persino bruciare 1g di insalata, ma l'energia di una foglia è molto inferiore a quello di una noce, e probabilmente non saremmo stati in grado di rilevare che un impercettibile aumento della temperatura dell'acqua.



Nelle centrali non si impiegano noci e insalata (anche se alcune loro frazioni potrebbero fare parte delle biomasse), ma forme di combustibile che contengono quantità di energia molto maggiori per unità di massa. Il gas naturale, per esempio, è di gran lunga il combustibile più impiegato in Italia e contiene all'incirca 13000 kcal per ogni chilogrammo, ossia 13 kcal per singolo grammo. Se confrontiamo questo valore con quello di una noce (di cui possiamo conoscere in modo approssimativo il valore energetico leggendo i valori riportati sulla confezione o con una rapida ricerca su internet), ci rendiamo conto che il gas naturale è due volte più energetico di una noce. La noce non si difende poi così male, ma per garantire una produzione adeguata al fabbisogno di intere città e dell'intero paese, è bene che gli impianti siano in grado di lavorare in modo efficiente, per quanto possibile pulito e sicuro.

In questo esperimento abbiamo voluto "far toccare" la scienza che sta dietro alla trasformazione principale e più caratteristica di una centrale termoelettrica, ma la questione è decisamente più articolata e affascinante. A ben vedere però il potere calorico, o energetico, di un combustibile non è però il solo fattore da tenere in considerazione per la produzione dell'energia elettrica. Come avviene l'approvvigionamento delle materie prime? Quanto è pulita la combustione di un prodotto rispetto ad un altro? Come è possibile recuperare, almeno in parte, l'energia dispersa nella varie trasformazioni che avvengono dentro un impianto?

Chissà che ragionandoci meglio su non si riesca ad alimentare il LED per più di 100 ore!



---

## EFFICIENZA E RENDIMENTO

---

Nel nostro esperimento l'energia chimica di una noce viene trasformata in una forma diversa di energia: il calore che determina l'aumento di temperatura dell'acqua. Solo una parte dell'energia è stata trasferita all'acqua, una parte molto consistente è andata in qualche maniera sprecata (se ci pensiamo, non si è scaldata solo l'acqua, ma anche entrambe le lattine e l'aria intorno ad esse per esempio, inoltre la fiamma ha prodotto luce, che è un'altra forma di energia. L'energia della noce è stata impiegata anche per questo).

Questo "spreco" accade sempre, per ogni trasformazione.

Ogni trasformazione da una forma di energia ad un'altra ha sempre un costo: alla fine della trasformazione l'energia che otteniamo nella nuova forma è sempre un po' inferiore a quella che avevamo a disposizione prima della trasformazione (come se fossimo costretti a "pagare" dei costi di commissione). La percentuale di energia che otteniamo alla fine di una trasformazione determina l'efficienza o rendimento della trasformazione.

Per farci un'idea, una centrale termoelettrica con ciclo di vapore tradizionale in buone condizioni ha mediamente un rendimento del 45%, questo significa che meno della metà dell'energia chimica dei combustibili a disposizione di una centrale termoelettrica diventa effettivamente energia elettrica utilizzabile. Una parte consistente degli sforzi degli ingegneri e della ricerca sono concentrati ovviamente ad aumentare il più possibile questo valore. Sono state installati recentemente alcuni impianti termoelettrici di ultima generazione con cicli combinati come quelli descritti sopra in grado di offrire rendimenti di circa il 55-65%, un valore straordinariamente alto. Questi livelli di efficienza possono essere ottenuti solo ottimizzando ogni dettaglio degli impianti e ottimizzando ciascuna delle numerose trasformazioni che avvengono al suo interno.

