

COME FARE AUMENTARE O DIMINUIRE LA TEMPERATURA DI UN CORPO

RIFLESSIONI TEORICHE PER STUDENTI

COME AUMENTARE LA TEMPERATURA DI UN CORPO

L'energia interna U di un corpo è l'energia del sistema associata con i suoi componenti microscopici (atomi e molecole), quando questi vengono osservati in un sistema di riferimento in quiete rispetto al corpo. Con questo si intende che la parte di energia cinetica dovuta al moto del corpo nel suo insieme rispetto ad un riferimento esterno non è inclusa nell'energia interna.

L'energia interna comprende molte componenti, fra cui l'energia cinetica delle molecole e degli atomi, l'energia dei legami chimici, l'energia nucleare all'interno del nucleo atomico.

PER APPROFONDIRE

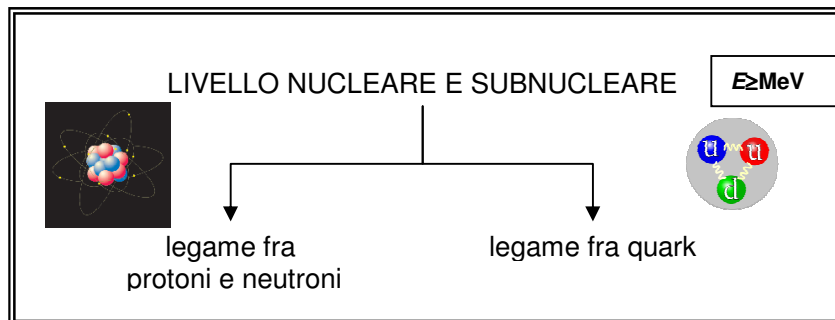
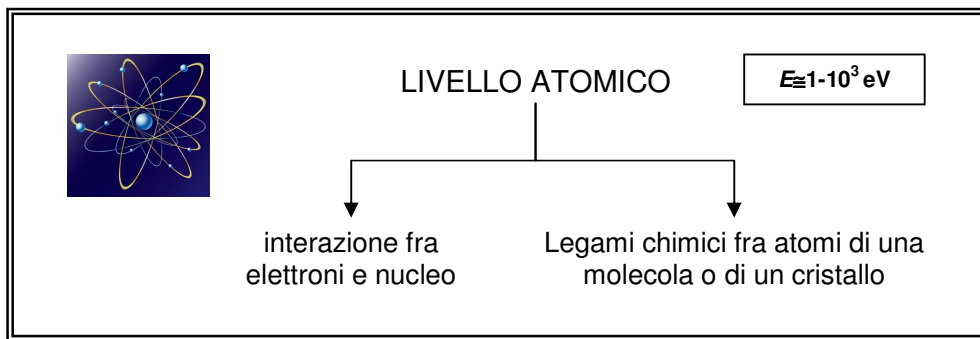
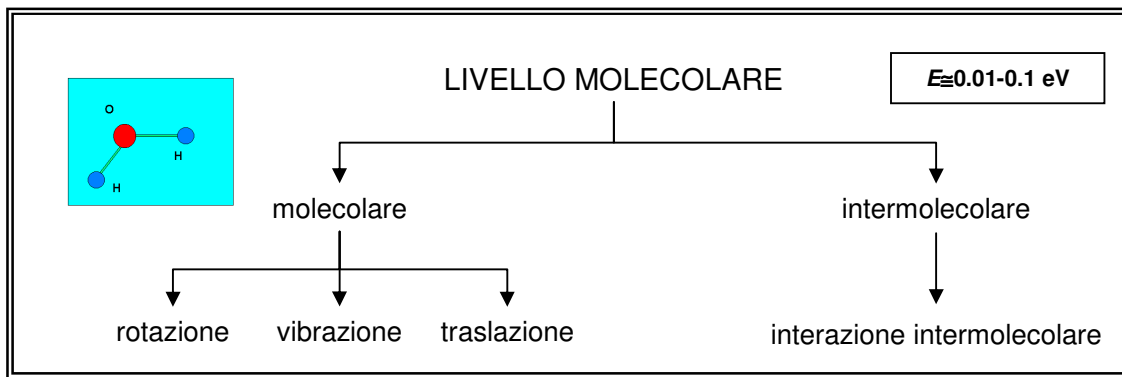
L'energia interna comprende molte componenti:

- l'energia cinetica di traslazione e rotazione delle molecole;
- l'energia cinetica e potenziale di vibrazione degli atomi nelle molecole o nei reticoli dei solidi cristallini;
- l'energia potenziale delle interazioni tra le molecole nei fluidi e nei solidi amorfi;
- l'energia chimica di legame degli atomi all'interno delle molecole o nei reticoli dei solidi cristallini;
- l'energia delle interazioni fra elettroni e nucleo negli atomi;
- l'energia nucleare dei legami fra protoni e neutroni all'interno dei nuclei;
- l'energia delle particelle (quark) all'interno dei protoni e neutroni.

In sintesi si potrebbe pensare a una ripartizione ternaria in relazione alle dimensioni e alle energie in gioco:

- livello molecolare:	$>10^{-10}$ m	0.01-0.1 eV
- livello atomico:	10^{-10} m	$1-10^3$ eV
- livello nucleare e sub-nucleare:	10^{-14} m	MeV

A questi intervalli di energia corrispondono differenti range di frequenze di radiazione coinvolte e differenti modalità di interazione con la radiazione e di scambi energetici.



La temperatura di un corpo è sicuramente proporzionale alla componente dell'energia interna legata all'energia cinetica media del moto di traslazione delle molecole nei fluidi e nei solidi amorfi o del moto di oscillazione degli atomi nei reticoli dei solidi cristallini.

Una variazione di temperatura implica però sempre la variazione di altre componenti dell'energia interna, a causa di scambi continui di energia fra le molecole e gli atomi del corpo.

In particolare ogni variazione di temperatura implica la variazione di quella parte dell'energia interna, che possiamo chiamare energia termica, costituita dall'energia cinetica di traslazione e rotazione delle molecole, l'energia cinetica e potenziale di vibrazione degli atomi nelle molecole nei fluidi e nei solidi amorfi o nei reticoli dei solidi cristallini.

Variare la temperatura di un corpo significa modificare la sua energia termica e quindi in generale la sua energia interna, tuttavia ci sono situazioni, come ad esempio i passaggi di stato, in cui variazioni di energia interna avvengono anche senza variazioni di temperatura, e variazioni della temperatura del corpo senza che vari la sua energia interna, come ad esempio nelle reazioni chimiche.

In assenza di cambiamenti di stato, reazioni chimiche o altri effetti non considerati, la variazione di energia interna legata ad una variazione di temperatura può essere espressa con la relazione

$$\Delta U = m \cdot c \cdot \Delta T$$

dove m è la massa del corpo. Il parametro c si chiama *calore specifico* della sostanza ed è uguale all'energia richiesta per aumentare di un grado la temperatura dell'unità di massa. Il calore specifico dipende in generale dalla temperatura, anche se si può considerare costante in molti casi per intervalli di temperatura limitati. Notate che l'equazione rappresenta una relazione di proporzionalità fra ΔU e ΔT solo nel caso in cui c è indipendente dalla temperatura, il che non è vero in generale, ma in molti casi ordinari c può essere considerato costante con buona approssimazione.

Per un corpo che scambia energia con l'ambiente esterno vale la seguente relazione:

$$\Delta U = \text{energia (entrante nel sistema)} - \text{energia (ceduta dal sistema all'ambiente)},$$

Cioè, se si considerano tutte le forme di energia in gioco, la somma di tutte le energie rimane sempre costante, non aumenta né diminuisce, per cui si possono studiare le trasformazioni in termini di *bilanci di energia*: se l'energia diminuisce da una parte, deve aumentare in qualche altra parte in modo che la somma rimanga comunque costante.

Lo scambio di energia (entrante e uscente) con l'ambiente può avvenire in vari modi, classificabili in tre modalità generali: lavoro (nella sua formulazione generale: $L = F \cdot \Delta x$), calore, radiazione.

Nel caso di un sistema isolato, $\Delta U = 0$. Quindi, in questo caso, se in una trasformazione diminuisce un tipo di energia interna (per esempio energia chimica) deve aumentare un altro tipo di energia interna (per esempio l'energia termica) per ottenere $\Delta U = 0$: $\Delta U_1 + \Delta U_2 = 0$

N.B. Il simbolo tradizionale per l'energia interna è U , che è anche il simbolo tradizionale per l'energia potenziale. Nelle nostre considerazioni U indicherà l'energia interna.

L'energia ΔU corrispondente ad un aumento di temperatura del corpo può essere fornita al corpo in vari modi, sia *compiendo lavoro su di esso* ("scaldare" senza calore) sia fornendo *calore* ("scaldare" per contatto con un sistema a temperatura maggiore) sia con la radiazione elettromagnetica.

ATTENZIONE!

In fisica e in generale nel linguaggio scientifico con la parola ‘calore’ si indica una modalità di trasferimento di energia, cioè un trasferimento di energia dovuto a una differenza di temperatura che avviene senza movimenti macroscopici, mediante il contatto fra due corpi (conduzione termica). Non è quindi corretto parlare di ‘calore contenuto in un corpo’ come se fosse dell’energia interna. Il calore è una grandezza di interazione, che descrive un’interazione fra due corpi ed esiste solo durante l’interazione, come il lavoro o la forza. Al contrario, l’energia interna è una grandezza di stato, che descrive una proprietà del corpo, come la temperatura o la massa.

Quindi, per *calore* si intende il *trasferimento di energia tra due corpi a contatto, dovuto ad una differenza di temperatura tra di essi*. Possiamo parlare di calore solo quando dell’energia è stata scambiata in seguito ad una differenza di temperatura.

Proprio perché si tratta di un *trasferimento* di energia è scorretto parlare di “calore posseduto da un corpo o contenuto in un corpo” mentre è corretto parlare di “temperatura di un corpo”. Certo la scelta degli scienziati di usare la parola *calore* per indicare questo tipo di grandezza non è stata felice, in quanto l’uso della stessa parola nel linguaggio comune suggerisce fortemente l’idea di calore contenuto in un corpo. Inoltre, la sintassi abitualmente utilizzata nei manuali favorisce questa idea: si parla infatti di lavoro *compiuto* o *fatto* ma di calore *ceduto* o *fornito* o *assorbito*, e se un corpo cede qualcosa si pensa ovviamente che prima l’aveva, quindi si suggerisce implicitamente che il corpo possiede calore. Si tratta di residui linguistici di un’antica teoria, molto diffusa e prevalente nel 18° secolo, che considerava il calore come un fluido contenuto nei corpi, il *calorico*. La teoria si è poi rivelata errata ed è stata abbandonata, ma gli scienziati, per pigrizia e conformismo, hanno conservato in parte la terminologia della vecchia teoria (sì, anche gli scienziati possono avere questi difetti ...), una terminologia che provoca errate concezioni e confusioni concettuali agli studenti e molte complicazioni inutili agli insegnanti. Per superare questi problemi di ambiguità linguistica qualcuno ha proposto di abolire del tutto le parole “calore” e “lavoro” dalle trattazioni di fisica e sostituirle con espressioni concettualmente più chiare, come *trasferimento meccanico* e *trasferimento termico di energia*, ma senza riuscirci del tutto, almeno finora. D’altronde, si può ben cambiare il nome senza che questo modifichi le qualità della cosa, come diceva Giulietta a Romeo:

*What's in a name? That which we call a rose
By any other name would smell as sweet;
So Romeo would, were he not Romeo call'd,
Retain that dear perfection which he owes
Without that title.*

*Cos'è un nome? Ciò che chiamiamo rosa,
Con qualunque altro nome profumerebbe della stessa dolcezza;
Così Romeo, se non si chiamasse più Romeo,
Conserverebbe quella cara perfezione che possiede
anche senza quel nome.*

Studiamo qui i seguenti modi **per variare la temperatura di un sistema:**

1. Compiendo un lavoro meccanico sul sistema
2. Mediante corrente elettrica
3. Ponendo il corpo a contatto con un altro a temperatura maggiore (conduzione termica)
4. Attraverso reazioni chimiche
5. Utilizzando radiazione elettromagnetica

Il percorso che abbiamo sviluppato cerca di rispondere proprio alla domanda: quali modi abbiamo a disposizione per aumentare o diminuire la temperatura di un corpo? Lo studio delle varie possibilità dovrebbe permetterci di capire meglio il concetto di temperatura e di collegarlo ad altri tre concetti fondamentali che sono di solito collegati ad esso, e cioè calore, lavoro, energia.

1. AUMENTARE LA TEMPERATURA COMPIENDO LAVORO MECCANICO

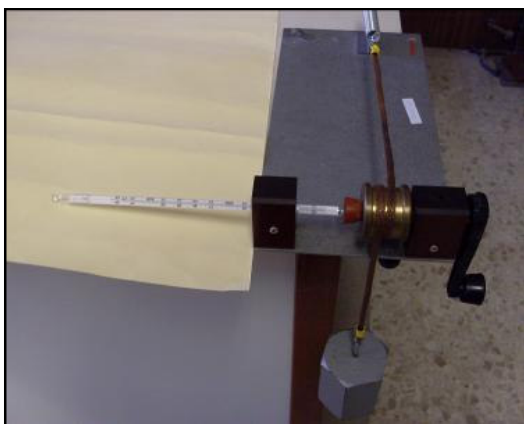
Abbiamo effettuato alcune semplici attività, che ci hanno permesso di verificare che si può aumentare la temperatura di un corpo compiendo lavoro meccanico su di esso (sfregarsi le mani, termoergometro, tubo contenente sabbia, ...). Si tratta di un modo per *riscaldare senza dare calore*. In ciascuno di questi casi abbiamo visto che l'energia meccanica è stata trasformata in energia immagazzinata "all'interno" dei vari corpi che costituiscono un sistema. Questo tipo di energia si chiama energia interna. Ad esempio se un corpo striscia su di una superficie ruvida, l'energia meccanica "perduta" a causa del lavoro compiuto dalle forze di attrito si trasforma in energia interna, che viene immagazzinata nel corpo e provoca un aumento di temperatura del blocco e della superficie, che su scala microscopica si traduce in una vibrazione degli atomi attorno alle loro posizioni di equilibrio, al cui moto è associata sia energia cinetica che energia potenziale.

Perché la temperatura è aumentata?

Abbiamo compiuto lavoro sul sistema e in questo modo gli abbiamo trasferito energia, che appare nel sistema come energia interna. Infatti l'effetto di una forza d'attrito è di trasformare in un sistema energia cinetica macroscopica in energia interna. La conseguenza macroscopica di questo trasferimento di energia è l'aumento di temperatura del corpo.

N.B. Ricordando il filmato sul surriscaldamento dei freni, qualcuno potrebbe dire che "si è generata una grande quantità di calore" per attrito; questo è un uso scorretto del termine calore che viene usato spesso in modo improprio e in questo caso in sostituzione del termine corretto energia interna. Infatti durante la frenata non avviene un trasferimento di energia dovuto a una differenza di temperatura (calore), ma una trasformazione di energia meccanica in energia interna a causa dell'attrito.

Termoergometro



Lo strumento è noto anche come "**apparecchio di Callender**" e viene utilizzato per evidenziare la trasformazione di energia meccanica in energia termica e la misura dell'equivalente meccanico della caloria.

È composto da:

- un cilindro calorimetrico in ottone fissato in posizione orizzontale, attorno al quale è avvolto un nastro di rame tenuto in tensione da un lato da un peso di trazione e contrastato dall'altro da una molla
- un termometro con il bulbo inserito all'interno del cilindro e chiuso ermeticamente da un tappo in gomma.

Tutto l'apparato è fissato su una base di metallo che può essere assicurata su un tavolo per un uso più agevole.

Il cilindro viene tenuto in rotazione tramite una manovella in plastica, ad esso solidale, e viene rilevato l'aumento di temperatura dovuta all'aumento di energia interna prodotta dal lavoro delle forze di attrito sul cilindro e sul nastro.

Nella meccanica abbiamo visto che ogni volta che si compie lavoro, questo comporta una variazione di energia, cinetica o potenziale. In questo caso non ho variazione né di energia potenziale né di energia cinetica. Dal momento che la forza che agisce sul sistema è costante, il lavoro compiuto è proporzionale allo spostamento, e quindi al numero di giri compiuti dalla

manovella. L'effetto di questo lavoro è l'aumento di temperatura del cilindro di ottone, che riesco a rilevare sia in modo qualitativo col tatto, che dal punto di vista quantitativo col termometro. Questo lavoro ha perciò prodotto una variazione dell'energia interna del sistema, che si osserva macroscopicamente con una variazione della temperatura del corpo.

Osservazioni sulla simulazione dell'esperimento di Joule

Nell'esperimento di Joule, l'energia potenziale gravitazionale delle due masse viene convertita in aumento dell'energia interna e quindi della temperatura della massa d'acqua contenuta nel calorimetro.

Gli esiti degli esperimenti hanno permesso di stabilire che l'energia necessaria per aumentare di un grado la temperatura di 1g di acqua distillata corrisponde a una energia meccanica di 4,1855 J.

Poiché si definisce la caloria come la quantità di calore necessaria per innalzare la temperatura di 1g di acqua distillata da 14,5°C a 15,5°C, si può affermare che $1 \text{ cal} = 4,1855 \text{ J}$

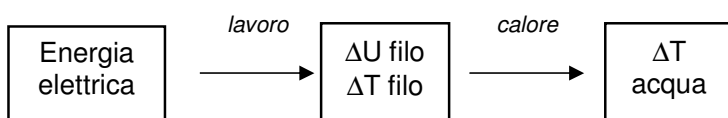
2. AUMENTARE LA TEMPERATURA UTILIZZANDO CORRENTE ELETTRICA

L'esperimento effettuato - misura dell'innalzamento della temperatura di un filo di rame collegato ai poli di una pila - ci ha permesso di verificare che si può aumentare la temperatura di un corpo utilizzando il passaggio di corrente elettrica attraverso un conduttore. Si tratta di un modo per *riscaldare senza dare calore*, in cui le serpentine metalliche si scaldano per effetto del passaggio di corrente elettrica.

Perché la temperatura è aumentata?

L'aumento di temperatura di un conduttore corrisponde a livello microscopico all'aumento dell'energia cinetica degli ioni e degli elettroni del metallo. Infatti gli elettroni di conduzione che si muovono all'interno del metallo sono accelerati dal campo elettrico provocato dalla pila, urtano contro gli ioni del reticolo cristallino, cedendo loro parte dell'energia cinetica fornita dal generatore. L'aumento di energia cinetica degli ioni si traduce in un aumento di temperatura del metallo. Di conseguenza, l'acqua a diretto contatto con il filo di rame si scalda per conduzione termica, cioè tramite calore.

Possiamo schematizzare la situazione così:



3. AUMENTARE LA TEMPERATURA ATTRAVERSO LA CONDUZIONE TERMICA

Il processo di trasferimento di energia che è dovuto a una differenza di temperatura è la conduzione termica. La conduzione termica permette di innalzare la temperatura di un corpo *cedendogli calore*. Ricordiamo che per **calore** si intende il *trasferimento di energia tra due corpi a contatto, dovuto ad una differenza di temperatura tra di essi*, e che quindi possiamo parlare di calore solo quando dell'energia è stata scambiata in seguito ad una differenza di temperatura

N.B. Proprio perché si tratta di un trasferimento di energia è scorretto parlare di “calore posseduto da un corpo” mentre è corretto parlare di “temperatura di *un corpo*”

Abbiamo analizzato le **curve di riscaldamento e di raffreddamento** tracciate e rilevato:

- come varia la temperatura dell'acqua contenuta nella lattina e nel becher al variare del tempo
- il tempo necessario per il raggiungimento della temperatura di equilibrio

Dall'esperimento realizzato possiamo dedurre che i due corpi (acqua nella lattina e acqua nel becher) tendono all'equilibrio termico: il corpo più caldo si raffredda e quello più freddo si riscalda fino al raggiungimento di una temperatura di equilibrio comune. Esiste quindi una temperatura T_E di equilibrio cui tendono spontaneamente i corpi in contatto termico tra loro, e questa T_E è sempre una temperatura *intermedia* tra quelle iniziali dei due corpi (immaginiamo che i due corpi siano isolati termicamente rispetto all'ambiente). Possiamo quindi affermare che, in assenza di altre fonti di energia fornite al sistema:

- Se due corpi, di cui uno ad una temperatura maggiore dell'altro, vengono messi a contatto tra loro per un tempo abbastanza lungo, questi spontaneamente raggiungono la stessa temperatura, detta di equilibrio termico. Poiché la temperatura è una grandezza intensiva, cioè non gode della proprietà di additività, la temperatura di equilibrio dei due corpi a contatto non sarà la somma delle temperature dei due corpi, ma sarà sempre compresa tra le temperature iniziali dei due corpi.
- Se invece si continua a fornire energia ad uno dei due corpi dall'esterno, è possibile mantenere una situazione stazionaria in cui i due corpi rimangono a temperature differenti senza raggiungere l'equilibrio termico. Per esempio, in una stanza con un termosifone acceso si può mantenere una differenza di temperatura costante rispetto all'aria esterna, perché nonostante vi sia continuamente un calore ceduto all'esterno, il termosifone rifornisce continuamente l'energia necessaria per mantenere più alta la temperatura della stanza.

In generale possiamo affermare che per l'energia trasferita mediante calore Q , tra un sistema di massa m e l'ambiente circostante, per una determinata sostanza, e per una variazione di temperatura ΔT , vale la relazione $Q = \Delta U = cm\Delta T$.

Il parametro c si chiama **calore specifico** della sostanza ed è uguale all'energia richiesta per innalzare di un grado centigrado la temperatura dell'unità di massa. Il calore specifico dipende in generale dalla temperatura, anche se si può considerare costante in molti casi per intervalli di temperatura limitati.

4. ENERGIA CHE INTERVIENE NEI PASSAGGI DI STATO

Normalmente una sostanza subisce un aumento di temperatura quando dell'energia viene trasferita ad essa dall'ambiente mediante del calore. Vi sono situazioni, però, nelle quali un trasferimento di energia non provoca un innalzamento della temperatura del corpo al quale questa energia viene trasferita. E' il caso, ad esempio dei cambiamenti di fase, come avviene nel passaggio da solido a liquido e da liquido ad aeriforme, in cui l'energia ceduta al corpo viene utilizzata per rompere i legami molecolari caratteristici della sostanza in quella determinata fase di aggregazione. Tutti i cambiamenti di fase di una sostanza implicano una variazione di energia interna, ma questa non è correlata ad una variazione di temperatura della sostanza in esame.

Ad esempio l'energia che viene trasferita ad un corpo durante la fusione o l'ebollizione serve ad aumentare l'energia potenziale intermolecolare, piuttosto che ad aumentare l'energia cinetica delle molecole.

L'energia trasferita necessaria perché avvenga il cambiamento di fase di una data sostanza di massa m può essere scritta come

$$E_{cf} = \pm mL$$

Dove L è l'energia di fusione o di ebollizione per unità di massa. Questa energia può essere fornita, come al solito, mediante lavoro, calore o radiazione. Tuttavia, poiché più spesso (e anche nel nostro esperimento) si usa il calore, è invalso l'uso restrittivo e fuorviante del termine *calore latente*, dove l'aggettivo *latente*, nel senso di nascosto, si riferisce al fatto che in genere quando si fornisce calore ci si aspetta che la temperatura aumenti, mentre in questo caso essa rimane costante anche mentre si fornisce calore. In realtà si può fare fondere o bollire una sostanza anche fornendo energia non mediante calore (si pensi ad forno microonde con cui scongeliamo i cibi). È anche questa un residuo dell'antica teoria del *calorico*. L dipende dal cambiamento di fase che interviene e dalle proprietà della sostanza che lo subisce e la sua unità di misura è il $\frac{J}{kg}$.

Si parla di calore latente di fusione L_f , quando si ha il passaggio di fase solido/ liquido e di calore latente di vaporizzazione o ebollizione L_v , quando si ha il cambiamento di fase liquido/vapore.

Il calore latente di fusione L_f è uguale all'energia da trasferire a un chilogrammo di sostanza per rompere i legami molecolari necessari al passaggio dallo stato solido allo stato liquido, mentre il calore latente di vaporizzazione L_v è uguale all'energia da trasferire a un chilogrammo di sostanza che si trova alla fase liquida per permetterle di passare allo stato di vapore. Di norma risulta $L_v > L_f$, perché è necessaria più energia per modificare e rompere i legami molecolari nel passaggio liquido/vapore che nel passaggio solido/ liquido.

5. AGIRE SULLA TEMPERATURA DI UN CORPO ATTRAVERSO REAZIONI CHIMICHE

Abbiamo provato sperimentalmente che è possibile ottenere variazioni di temperatura come conseguenza di reazioni chimiche e approfondito l'argomento attraverso una video-lezione sulle reazioni *esotermiche* e *endotermiche*. Riassumiamo ora i concetti chiave.

Le sostanze che partecipano ad una reazione costituiscono un sistema chimico che interagisce in qualche modo con l'ambiente esterno.

Se una reazione sviluppa calore, è detta **esotermica**, se assorbe calore, è detta **endotermica**.

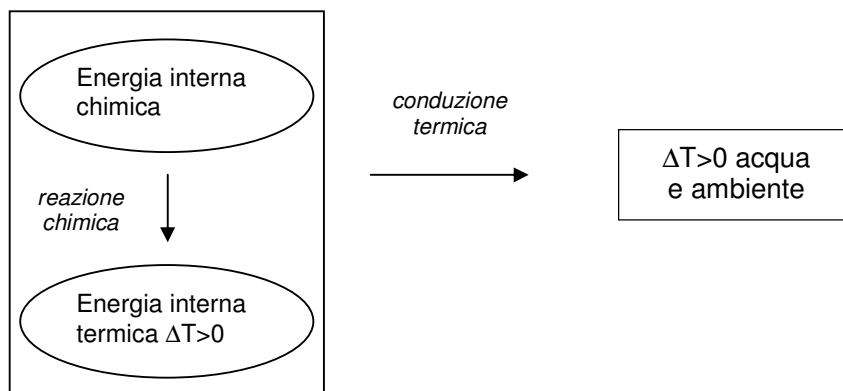
Le due reazioni chimiche, spegnimento della calce e dissoluzione del nitrato di ammonio, ci hanno permesso di indagare la relazione fra energia interna di tipo chimico e energia interna di tipo termico.

Nella prima reazione l'energia interna chimica si trasforma in energia interna termica, con conseguente aumento di temperatura dei reagenti, che poi riscaldano per conduzione termica l'ambiente circostante e l'acqua nel becher piccolo.

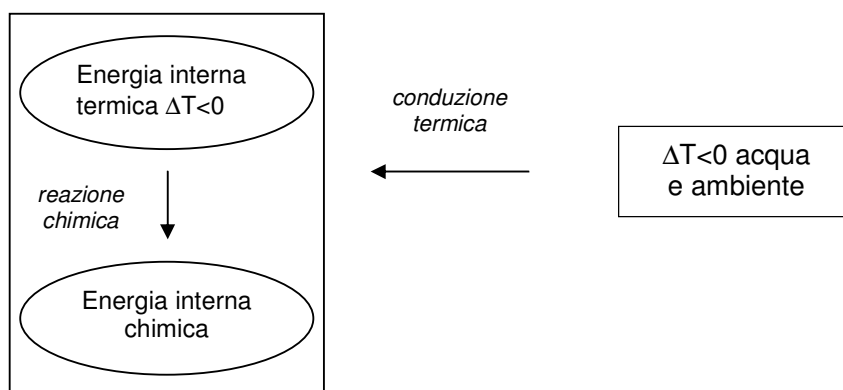
Nella seconda reazione, al contrario, energia interna termica si trasforma in energia interna chimica, con conseguente diminuzione di temperatura dei reagenti, che poi raffreddano per conduzione termica l'ambiente circostante e l'acqua nel becher piccolo.

Lo spegnimento della calce è quindi un esempio di reazione esotermica perché cede energia all'ambiente con un conseguente aumento di temperatura, mentre la dissoluzione del nitrato di ammonio è una reazione endotermica poiché produce una diminuzione di temperatura dell'ambiente circostante assorbendo da esso l'energia necessaria all'attivazione della reazione.

SPEGNIMENTO DELLA CALCE



DISSOLUZIONE DEL NITRATO DI AMMONIO



6. AUMENTARE LA TEMPERATURA CON LA RADIAZIONE ELETTROMAGNETICA

IL MICROONDE

Un forno a microonde è un ottimo esempio di dispositivo in cui diversi concetti fondamentali sulle onde trovano pratica applicazione.

Fu inventato "accidentalmente" da Percy Spencer, impiegato della Raytheon, durante la realizzazione di generatori di microonde per radar. Un giorno, mentre lavorava su un radar acceso notò improvvisamente che una tavoletta di cioccolato che aveva in tasca si era sciolta.

Nel 1946 la Raytheon brevettò il processo di cottura a microonde e nel 1947 realizzò il primo forno commerciale, chiamato Radarange. Il primo forno commerciale aveva le dimensioni di un moderno grosso frigorifero e da solo assorbiva l'intera potenza oggi disponibile per un appartamento; infatti: era alto 1,8 m, pesava 340 kg, aveva un sistema di raffreddamento ad acqua e assorbiva una potenza di 3 kW, che è da 2 a 4 volte la potenza dei forni domestici attuali.

Cosa sono le microonde

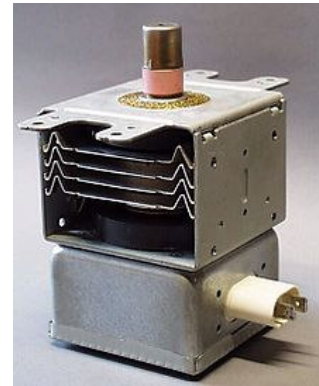
Le microonde sono onde elettromagnetiche di lunghezza d'onda approssimativamente compresa tra 1 mm e 30 cm. La loro lunghezza d'onda è minore di quella delle onde radio, ma maggiore di quella della luce e dei raggi infrarossi utilizzati nei telecomandi. Le corrispondenti frequenze sono comprese rispettivamente tra 300 GHz e 1 GHz.

Le microonde, oltre che nei forni, sono utilizzate nei radar, e nel campo delle telecomunicazioni. Le utilizzano ad esempio i telefoni cellulari GSM (900 MHz, 1800 MHz e 1900 MHz), la TV via cavo, le reti informatiche wireless come Bluetooth (2,45 GHz) e IEEE 802.11 (5,4 GHz).

Parti di cui si compone il forno

Un forno a microonde si compone sostanzialmente di:

1. un generatore di microonde detto *magnetron* (vedi foto)
2. una guida d'onda per microonde
3. una cavità di cottura
4. una circuiteria per l'alimentazione ed il controllo



Il **magnetron** è un tubo a vuoto alimentato ad alta potenza, che genera microonde di frequenza 2.45 GHz, corrispondenti ad una lunghezza d'onda di 12.24 cm, e aventi una potenza di circa 700-1000 W. La guida d'onda è semplicemente un tubo metallico che convoglia le microonde all'interno del forno, evitando che si disperdano.

La **cavità di cottura** è una gabbia di Faraday, cioè una cavità avvolta da una rete metallica. La rete metallica ha maglie di larghezza molto inferiore a 12 cm (la lunghezza d'onda delle microonde), e perciò riflette le onde all'interno impedendo loro di uscire dal forno; le microonde non possono attraversare la rete mentre la luce, di lunghezza d'onda molto più piccola delle maglie, può passare. Il meccanismo di chiusura del portello include appositi interruttori che spengono il magnetron in caso di apertura evitando la fuoriuscita di microonde.

All'interno del forno si instaurano quasi immediatamente **onde stazionarie**; di conseguenza esistono punti all'interno del forno in cui l'intensità del campo è sempre massima (**nodi**), e altri in cui è sempre minima (in teoria nulla: i **ventri**). Ecco il motivo per cui in genere il supporto del cibo da cuocere è rotante.

Perché i cibi si scaldano?

Il forno scalda in realtà soprattutto l'acqua contenuta nei cibi. Il riscaldamento avviene per "**riscaldamento dielettrico**". Ecco come avviene.

Le molecole d'acqua possiedono un "dipolo elettrico", cioè un polo di carica positiva ed uno di carica negativa. Un dipolo immerso in un campo elettrico tende ad allinearsi con il campo. Ma il campo delle microonde oscilla invertendo la propria direzione 2.45 miliardi di volte al secondo. Questo costringe le molecole d'acqua ad un movimento molto rapido. Nel loro moto, le molecole d'acqua urtano le altre molecole, e cedono parte della loro energia.

Poiché la temperatura di un corpo è proporzionale all'energia cinetica media delle sue molecole, dopo un po' di tempo parte dell'energia delle microonde è trasferita alle molecole del cibo, che risulta più caldo.

Osservazioni

- le molecole di grassi e zuccheri sono molto meno polari dell'acqua, e quindi le microonde non possono metterle in forte agitazione facilmente. Esse si scaldano indirettamente, a causa degli urti con le molecole d'acqua più calde.
- In un cibo congelato a bassa temperatura le molecole d'acqua hanno energia cinetica media minore che a temperatura ambiente. Inoltre, le molecole d'acqua congelate sono molto meno mobili che allo stato liquido. Ecco perché i forni hanno in genere una speciale funzione "scongelo", in cui il forno lavora a bassa potenza e in modo da emettere le microonde ad impulsi. Di solito c'è sempre un po' di liquido alla superficie del ghiaccio. L'impulso di microonde scalda quest'acqua e lascia il tempo necessario all'acqua per ridistribuirsi prima di scaldare di nuovo.

Ma allora anche il telefono cellulare scalda il mio orecchio mentre parlo?

In definitiva sì, ma l'entità del riscaldamento non è paragonabile a quella di un forno per diverse ragioni:

1. un forno a microonde ha in genere una potenza di circa 700-1200 W mentre un telefono cellulare emette in media una potenza di 0.25 W (il valore di picco è circa 1 W).
2. il forno concentra tutta la potenza delle microonde attraverso la camera risonante di cottura, mentre un telefono disperde la sua già piccola potenza in tutto l'ambiente, e, in particolare, verso la stazione cellulare con cui comunica.

Che differenza c'è fra forno tradizionale e microonde?

Il riscaldamento tramite microonde è completamente diverso rispetto al metodo convenzionale: le microonde penetrano all'interno dei cibi per parecchi centimetri, per cui nel caso di cibi molto ricchi di acqua al loro interno, l'interno stesso si riscalda più velocemente rispetto allo strato esterno più secco, che assorbe dunque meno radiazione a microonde. Infatti, per fare una crosta croccante si deve attivare il grill.

Al contrario, in un forno elettrico tradizionale l'energia passa per irraggiamento e per conduzione. Nella conduzione termica l'energia si trasmette di strato in strato, per cui le parti più interne si riscaldano solo se e dopo che si sono scaldate quelle più esterne. Nell'irraggiamento, si tratta di radiazione infrarossa alla quale i cibi sono opachi, per cui essa riscalda solo gli strati superficiali dei cibi.

Il principale vantaggio del forno a microonde rispetto ai sistemi di cottura tradizionali risiede nella grande rapidità. Le microonde agiscono direttamente sul cibo e non è necessario riscaldare l'aria, il contenitore e le pareti del forno come avviene in forno elettrico o a gas.

Perché non posso cuocere le uova nel microonde?

Alcuni cibi non possono essere cotti nel microonde, come le uova che esplodono se inserite intere. L'uovo esplode perché al suo interno evapora un po' dell'acqua e il vapore occupa più spazio del liquido aumentando la pressione interna e causando quindi la rottura del guscio; è per questo motivo

che frutti e ortaggi chiusi dalla buccia, come patate e mele, vanno bucherellate con uno stuzzicadenti prima di essere cucinate in un forno a microonde per permetterne la fuoriuscita del vapore durante la cottura.

La tecnologia ha rimediato al problema delle uova che esplodono progettando particolari contenitori a doppia camera che in pratica realizzano una cottura a vapore: le microonde riscaldano l'acqua nella camera inferiore che sale in forma di vapore nella camera superiore contenente le uova. Le microonde non possono raggiungere direttamente le uova perché la camera superiore è in metallo e comunica con quella inferiore solo attraverso piccoli fori.

7 AUMENTO DI TEMPERATURA DI OGGETTI ESPOSTI AL SOLE O ALLA LUCE DI UNA LAMPADA.

Abbiamo esposto alla luce di una lampada un cilindro di metallo e abbiamo registrato come varia la sua temperatura al passare del tempo, ottenendo il grafico temperatura-tempo.

Abbiamo notato che la temperatura del cilindro aumenta fino al raggiungimento della condizione equilibrio stazionaria, in cui la temperatura rimane costante.

La prima parte di ogni grafico mostra un andamento pressoché lineare (rettilineo): tale andamento è coerente con l'ipotesi che la maggior parte della radiazione entrante nel sistema produca un aumento dell'energia "termica" interna, espressa dalla relazione $E = \Delta U = m \cdot c \cdot \Delta T$.

Una condizione stazionaria può essere raggiunta solo se c'è uguaglianza tra l'energia assorbita dagli oggetti e l'energia ceduta all'ambiente.

Conclusioni:

- nella fase di riscaldamento ogni oggetto assorbe più energia di quella che cede all'ambiente;
- all'equilibrio, ogni oggetto cede all'ambiente una quantità di energia uguale a quella che assorbe.

PER APPROFONDIRE

SITUAZIONI DI STAZIONARIETÀ MA NON DI EQUILIBRIO TERMICO

Perché in inverno, pur continuando a funzionare il riscaldamento, la temperatura di una stanza non continua ad aumentare ma rimane a un certo punto pressoché costante?

Quando accendiamo la stufa, la temperatura dell'aria contenuta nella stanza aumenta grazie all'energia fornita dalla stufa per *irraggiamento* (dovuto alle radiazioni infrarosse emesse dalla stufa e dalle pareti della stanza verso l'interno dell'abitazione) e per *conduzione* e *convezione*. Allo stesso tempo, la stanza cede energia all'esterno per conduzione attraverso le pareti, per irraggiamento (le pareti della stanza emettono radiazioni anche verso l'esterno) e perché un po' di aria calda esce dall'abitazione e aria più fredda vi entra (le abitazioni non sono a tenuta stagna).

Quando la quantità di energia emessa uguaglia quella dell'energia assorbita, questo meccanismo di bilancio energetico permette alla temperatura interna dell'abitazione di rimanere pressoché costante.

Anche il nostro corpo mantiene una temperatura costante, a causa del bilancio energetico tra l'energia chimica, ricavata dal glucosio fotosintetico (che in parte si trasforma in energia termica, utile in tutti i processi a base omeostatica presenti nell'organismo) e la normale dispersione del corpo che tende a raffreddarsi, perché emette radiazione infrarossa e scambia continuamente calore con l'aria circostante.