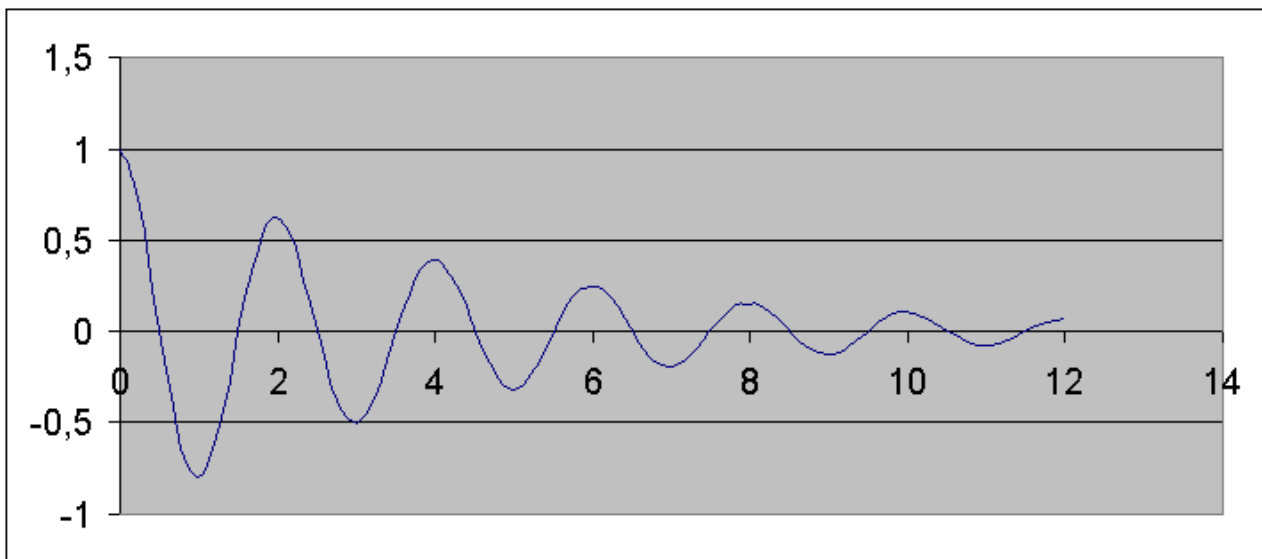


ENERGIA TERMICA. [TORNA ALL'INDICE](#)

Un oscillatore, come detto, se è isolato, deve oscillare all'infinito, mantenendo costante l'ampiezza di oscillazione. Se durante un'oscillazione esso incontra una piccola sferetta e la urta, quest'ultima dopo l'urto si mette in movimento, acquistando perciò energia cinetica a scapito dell'energia dell'oscillatore, che in conseguenza continuerà ad oscillare con un'ampiezza minore. Se gli urti si ripetono l'ampiezza di oscillazione diminuisce sempre di più finché si annulla (L'OSCILLATORE SI FERMA). Il grafico orario di x in funzione di t avrà un andamento del genere.



In questo caso le oscillazioni si dicono smorzate e l'ampiezza di oscillazione tende con l'aumentare del tempo ad annullarsi. Quando $A=0$, l'oscillatore si ferma ed ha perso tutta l'energia inizialmente posseduta. Si ricordi che l'energia posseduta da un oscillatore è $E=1/2k_eA^2$.

Gli oscillatori reali hanno delle oscillazioni smorzate nel tempo. Essi si muovono in un mezzo, aria, che è composto di innumerevoli particelle che si muovono di moto disordinato e che vengono a contatto con l'oscillatore stesso. Essi non sono quindi isolati, ma interagiscono con le suddette particelle di aria alle quali cedono man mano la loro energia. Vi è un passaggio di energia dall'oscillatore alle particelle dell'aria che acquistano energia cinetica. Quando l'oscillatore si ferma, la sua energia è andata ad aumentare l'energia cinetica delle particelle di aria. Vi è stato un aumento di energia cinetica media delle particelle componenti l'aria. Questa energia cinetica posseduta dalle particelle di cui il mezzo è composto è chiamata energia termica, in quanto la temperatura è il parametro macroscopico, visibile ad occhio nudo, che è legato alla variazione di detta energia cinetica media microscopica, posseduta dalle molecole, particelle microscopiche, che compongono il mezzo. La differenza fra l'energia meccanica e l'energia termica è che la prima è energia ordinata mentre la seconda è energia disordinata. Infatti nel caso di energia

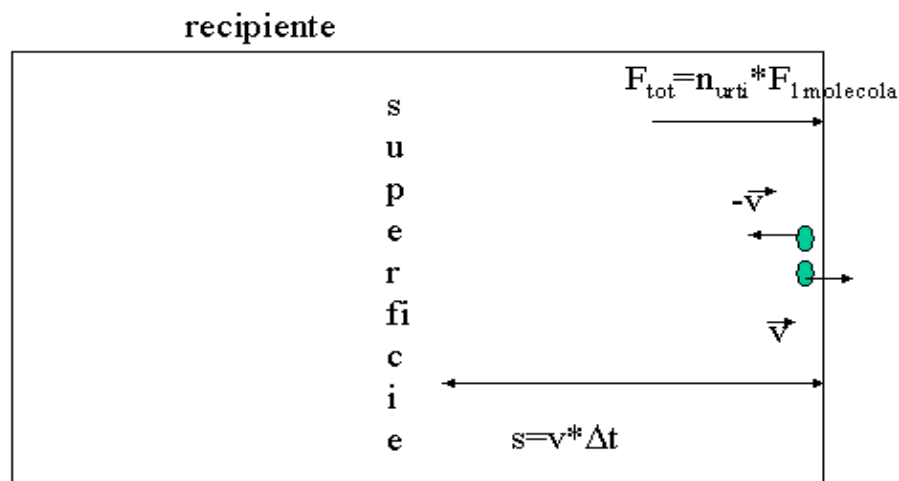
meccanica tutte le particelle del mezzo ad uno stesso istante avranno la stessa velocità in intensità direzione e verso e la stessa posizione, mentre nel caso dell'energia termica allo stesso istante le varie particelle del mezzo avranno velocità casualmente diverse in direzione verso e intensità(si muovono in qualsiasi direzione e verso). Inoltre l'energia meccanica, attraverso i fenomeni di attrito, spontaneamente si trasforma in energia termica, quest'ultima spontaneamente non si trasforma in energia meccanica. Un pendolo durante il suo moto verrà continuamente sempre ad urtare una particella d'aria a cui cede una parte della sua energia. Perché il pendolo si rimetta ad oscillare occorrerebbe che ad un certo istante tutte le molecole d'aria, con esso a contatto, lo urtassero con una velocità che avesse la stessa direzione e verso. Siccome però il moto delle particelle microscopiche è disordinato questo evento ha una probabilità di avvenire molto prossima a zero, praticamente nulla. Spontaneamente si passa facilmente dall'ordine al disordine, quasi mai dal disordine all'ordine.

LEGAME FRA ENERGIA TERMICA E TEMPERATURA.

Per capire il legame che esiste fra energia termica e temperatura, si prenda in considerazione l'equazione dei gas perfetti **$pV=nRT$** .

Si ricordi che un gas reale si avvicina a un gas perfetto in condizioni di diluizioni, quando il volume occupato dal gas, che è il volume del recipiente, è grande rispetto al volume effettivamente occupato da tutte le molecole del gas. In questa situazione ogni molecola del gas può essere considerata indipendente dalle altre e avere un volume praticamente nullo. Le molecole si muovono disordinatamente in ogni direzione e verso e urteranno le pareti del recipiente che le contiene. Sono proprio questi urti che determinano la pressione esercitata dal gas sulle pareti.

Consideriamo una molecola che urta verticalmente la parete. Tale molecola subisce una variazione di velocità; nel tempo Δt che dura il tempo dell'urto (la velocità passa da $-v$ a v). La variazione di velocità sarà perciò:



$$Dv = v - (-v) = 2v.$$

$$\text{da cui } a = Dv/Dt = 2v/Dt.$$

La molecola, per avere questa accelerazione, è sottoposta da una forza f da parte della parete pari a $m_{\text{mol}} a = 2m_{\text{mol}} v / \Delta t$

Per il principio di azione e reazione ad ogni urto la parete subisce una forza eguale e contraria. Per conoscere però la forza F che agisce sulla parete dobbiamo sapere il numero di urti che avvengono nel tempo Δt e moltiplicare tale numero per f .

$$F = N_{\text{urti}} * 2 * m_{\text{mol}} v / \Delta t.$$

Il numero di urti nel tempo Δt ci è dato dal numero delle molecole che all'istante t si trovano ad una distanza da s pari o minore $v\Delta t$ (spazio percorso dalle stesse nel tempo Δt) e che abbiano la direzione e il verso concorde a $-v$. Se N è il numero delle molecole comprese in tutto il recipiente e V è il volume del recipiente N/V ci dà il numero di molecole per unità di volume. Il numero di molecole comprese al tempo t tra la superficie S e S' è dato dal prodotto fra N/V e il volume $\Delta V = S * v * \Delta t$. Di queste molecole solo $1/3$ avranno la direzione v (le direzioni tutte egualmente possibili sono 3 e di queste solo $1/2$ avranno il verso $-v$. Perciò le molecole che urteranno S nel tempo Δt saranno $1/6$ di quelle comprese fra S e S' .

$$N_{\text{urti}} = 1/6 * N/V * S * v * \Delta t$$

$$F = 1/6 * N/V * S * v * \Delta t * 2 * m_{\text{mol}} v / \Delta t = 2/3 N/V * S * 1/2 m_{\text{mol}} v^2$$

Siccome $1/2m_{\text{mol}}v^2$ è l'energia cinetica media di una singola molecola e la pressione è F/S , avremo

$$p=2/3N/V * E_c \text{ da cui } p * V=2/3N * E_c.$$

Per l'equazione dei gas perfetti $pV=nRT$ dove n il numero di moli è dato da N/N_{avo} , per cui:

$$2/3N * E_c = N/N_{\text{avo}} RT$$

$$E_c = 3/2kT \text{ con } k \text{ (costante di Boltzman)} = R/N_{\text{avo}}$$

Quindi l'energia cinetica media di una sola molecola è direttamente proporzionale alla temperatura. L'energia termica di un gas sarà quindi:

$$E_{\text{termica}} = n * N_{\text{avo}} E_c.$$

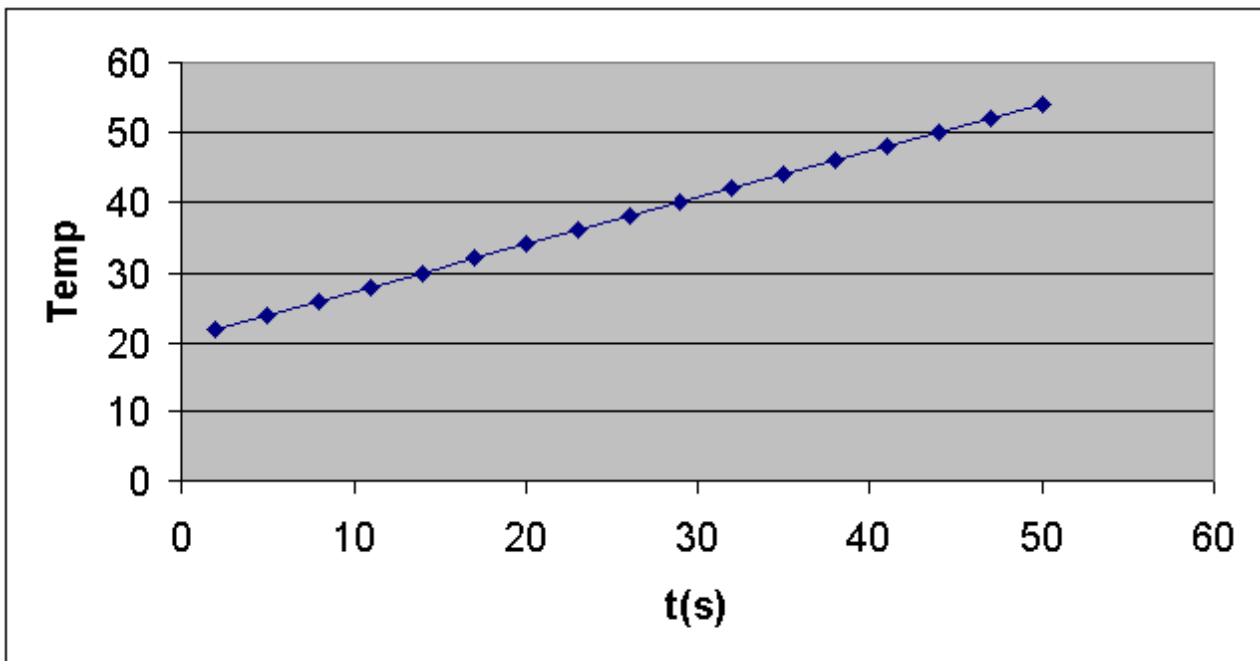
Una variazione di temperatura comporta quindi una variazione di energia termica. Nel caso di un oscillatore che si ferma o di un corpo che ha inizialmente una certa velocità, e che per attrito si ferma, ci deve essere un aumento di temperatura perché vi è stato un aumento di energia termica.

CALORE E TEMPERATURA.

Storicamente la variazione di temperatura è legato al concetto di calore che passa da un corpo all'altro e che non era percepito come un passaggio di energia. Perciò si usava come unità di misura del calore non il joule, ma la caloria. Si sa che quando vengono messi a contatto due corpi A e B a temperatura diversa t_A° e t_B° , essi dopo un certo tempo si portano alla stessa temperatura t_e° , che è chiamata temperatura di equilibrio e che è compresa fra la temperatura maggiore e quella minore. Si spiegava questo fenomeno, ipotizzando che ogni corpo contiene un liquido imponderabile, il cui livello è dato dalla temperatura e che quando due corpi sono a contatto, questo liquido passa dal corpo a temperatura maggiore all'altro fino a quando le temperature non diventano eguali. Per spiegare questa ipotesi si prende a paragone il principio dei vasi comunicanti. Se si prendono due vasi pieni dello stesso liquido e li si mette in comunicazione fra di loro il liquido passerà dal vaso a livello maggiore, indipendentemente dalla quantità di liquido posseduto dai due vasi, e questo passaggio di liquido si ha fino a quando il liquido nei due vasi raggiunge lo stesso livello. Così il calore passa dal corpo a temperatura maggiore a quello a temperatura minore, indipendentemente dal calore posseduto, fino a quando i due corpi raggiungono la stessa temperatura. La temperatura pertanto misura il livello termico del corpo, la sua capacità a cedere o acquistare calore e non il calore da esso posseduto. Quando un corpo ha una diminuzione di

temperatura, cede calore, quando la sua temperatura aumenta acquista calore. Noi ci accorgiamo del calore quando la temperatura di un corpo varia, cioè quando il calore è ceduto o acquistato da un corpo, perciò possiamo misurare solo il calore che un corpo cede o acquista, e non il calore che un corpo possiede.

Per misurare il calore che un corpo cede o acquista mettiamo a contatto un corpouna sorgente di calore uniforme, che è un corpo che ha la caratteristica di cedere o acquistare calore senza che la sua temperatura varia. Una sorgente di calore uniforme, a temperatura inferiore a quella del corpo, cede ad ogni secondo una quantità di calore costante al corpo. Misurando perciò il tempo di contatto fra corpo e sorgente possiamo sapere il calore ricevutocorpo. Sono sorgenti di calore la fiamma del gas, una piastra elettrica, una miscela di acqua e ghiaccio etc. Se su piastra mettiamo una certa sostanza, ad esempio acqua, e misuriamo la temperatura dell'acqua ad intervalli di tempo costante, riportando su un grafico il tempo sull'asse X e la temperatura su Y, otteniamo una retta.



Ciò significa che il calore dal corpo è direttamente proporzionale a Δt° . Inoltre il tempo occorrente per innalzare della temperatura una massa doppia di acqua è il doppio. Il calore che un corpo acquista è perciò direttamente proporzionale alla massa e alla variazione di temperatura che il corpo subisce. La costante di proporzionalità varia al variare della sostanza di cui il corpo è costituito. Infatti per innalzare due masse eguali di corpi di sostanza diversa della stessa temperatura dobbiamo metterli a contatto con la piastra per tempi diversi. costante il nome di calore specifico e rappresenta il calore necessario ad innalzare di un grado centigrado un chilogrammo di quella determinata sostanza.

$Q = c_s m \Delta t^\circ$ dove c_s è il calore specifico.

Se la variazione di temperatura è negativa, la temperatura del corpo diminuisce, Q sarà negativo e il calore è ceduto dal corpo.

Il calore ceduto o acquistato da un corpo è un trasferimento di energia termica da un corpo a temperatura maggiore a un corpo a temperatura minore è quindi come il lavoro e la sua unità di misura nel SI è il Joule. Il corpo a temperatura maggiore ha una energia cinetica media delle molecole maggiore, le sue molecole si muoveranno in media più velocemente dell'altro a temperatura minore. Quando sono a contatto vi saranno degli urti fra le molecole dei due corpi. In questi urti le molecole più veloci rallentano, quelle più lente aumentano la loro velocità, fino a quando la velocità media delle molecole dei due corpi non diventa eguale (i corpi hanno così la stessa temperatura di equilibrio).

MISURA DEL CALORE SPECIFICO.

Per poter determinare il calore che una sostanza cede o acquista bisogna saper il calore specifico. Per determinare quest'ultimo si fa avvenire lo scambio di calore fra la sostanza di cui non si conosce il calore specifico ed un'altra, il cui calore specifico è noto. Quest'ultima in genere è l'acqua, che ha un calore specifico pari a $1 \text{ Cal/kg} \cdot ^\circ\text{C} = 4186 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C}$. Per essere sicuri che lo scambio di calore avvenga solo fra il corpo e l'acqua, il recipiente che contiene l'acqua, in cui è immerso il corpo, deve essere termicamente isolato, impedire cioè il passaggio di calore dall'interno all'esterno e viceversa (termos). Se così è, quando nell'acqua immergiamo un corpo a temperatura maggiore, siamo sicuri che il calore ceduto dal corpo è eguale e contrario al calore acquistato dall'acqua. Si prende perciò una massa di acqua nota, la si mette nel calorimetro (recipiente termicamente isolato, munito di un coperchio con un foro per mettere un termometro, che vada a contatto dell'acqua, e di un mescolatore). Con il termometro si misura la temperatura dell'acqua t_{acqua}° . Si immerge un corpo, di cui si conosce la massa in un recipiente di acqua calda, con un altro termometro si misura la temperatura dell'acqua calda, che sarà anche la temperatura del corpo t_{corpo}° . Si prende quindi il corpo e, velocemente, lo si mette nel calorimetro. Si agita il mescolatore per favorire lo scambio di calore e si attende che il termometro, inserito nel calorimetro, raggiunga la temperatura di equilibrio t_e° , che è la temperatura comune fra l'acqua e il corpo. Questo, che ha avuto una variazione di temperatura da t_{corpo}° a t_e° avrà ceduto calore all'acqua che ha subito una variazione di temperatura da t_{acqua}° a t_e° .

$$-Q_{\text{ceduto}} = Q_{\text{acquistato acqua}}$$

$$-c_{\text{s corpo}} * m_{\text{corpo}} * (t_e^\circ - t_{\text{corpo}}^\circ) = c_{\text{acqua}} * m_{\text{acqua}} * (t_e^\circ - t_{\text{acqua}}^\circ)$$

$$c_s = c_{\text{acqua}} * m_{\text{acqua}} * (t_e^\circ - t_{\text{acqua}}^\circ) / (m_{\text{corpo}} * (t_{\text{corpo}}^\circ - t_e^\circ))$$

Così facendo, trascuriamo il fatto che non solo l'acqua subisce una variazione di temperatura, ma anche tutto ciò che sta nel calorimetro avrà la stessa variazione di temperatura. Infatti l'aria, il termometro, l'agitatore, le pareti interne del recipiente etc sono in equilibrio termico con l'acqua. Il calore ceduto dal corpo viene perciò assorbito in gran parte dall'acqua e in una parte, seppur piccola, da tutto ciò che è

in equilibrio termico con l'acqua. Noi invece teniamo conto solo del calore acquistato dall'acqua. Se indichiamo con Q_r il calore acquistato da ciò che è in equilibrio termico con l'acqua del calorimetro sarà:

$$-Q_{ceduto} = Q_{acquistato\ acqua} + Q_r$$

Per tener conto di Q_r introduciamo una massa equivalente di acqua m_{eq} , che è una massa non reale di acqua tale da assorbire un calore pari a Q_r , quando subisce la stessa variazione di temperatura. _top

$$1) -c_{s\ corpo} m_{corpo} (t_e^\circ - t_{corpo}^\circ) = c_{acqua} m_{acqua} (t_e^\circ - t_{acqua}^\circ) + c_{acqua} m_{eq} (t_e^\circ - t_{acqua}^\circ);$$

$$-c_{s\ corpo} m_{corpo} (t_e^\circ - t_{corpo}^\circ) = c_{acqua} (m_{acqua} + m_{eq}) (t_e^\circ - t_{acqua}^\circ)$$

$$c_s = c_{acqua} (m_{acqua} + m_{eq}) (t_e^\circ - t_{acqua}^\circ) / (m_{corpo} (t_{corpo}^\circ - t_e^\circ))$$

Per sapere il calore specifico di un corpo senza trascurare il riscaldamento delle sostanze che all'interno del calorimetro sono in equilibrio termico con l'acqua dobbiamo sapere la massa equivalente del calorimetro. Per misurare m_{eq} , possiamo sfruttare la 1 se è noto il calore specifico del corpo che introduciamo nel calorimetro.

Inseriamo perciò nel calorimetro una massa nota di acqua fredda. Poi introduciamo nel calorimetro una massa nota di acqua calda di cui abbiamo misurato la temperatura. Misceliamo le due masse di acqua e aspettiamo che raggiungano la temperatura di equilibrio. In questo caso il corpo che cede calore è l'acqua calda, quello che acquista è l'acqua fredda e perciò la 1 diventa:

$$-c_{acqua} m_{acquac} (t_e^\circ - t_{acquac}^\circ) = c_{acqua} m_{acqua} (t_e^\circ - t_{acqua}^\circ) + c_{acqua} m_{eq} (t_e^\circ - t_{acqua}^\circ)$$

L'incognita diventa così la massa equivalente e sarà:

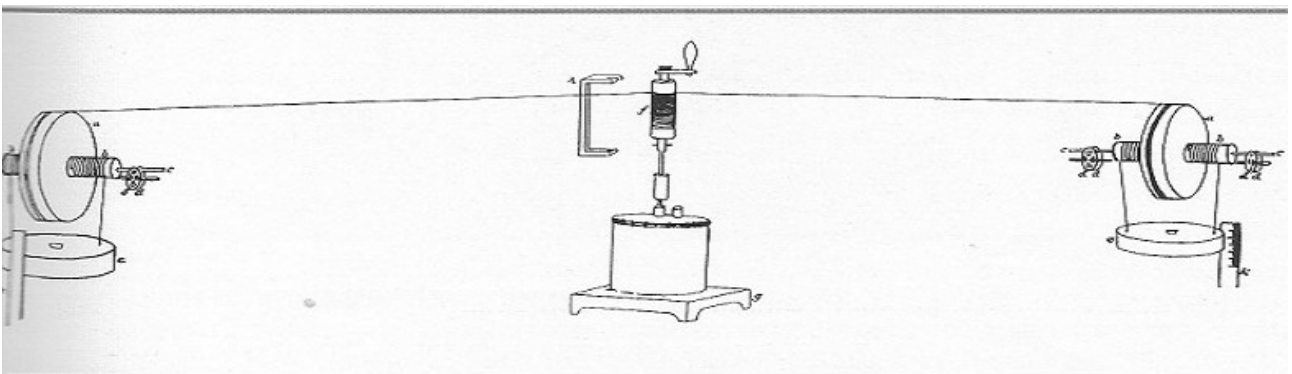
$$m_{eq} = (m_{acquac} (t_{acquac}^\circ - t_e^\circ) - m_{acqua} (t_e^\circ - t_{acqua}^\circ)) / (t_e^\circ - t_{acqua}^\circ)$$

Una volta nota la massa equivalente possiamo come detto calcolare il calore specifico, tenendo conto anche del calore assorbito dalle sostanze che all'interno del calorimetro sono in contatto termico con l'acqua.

EQUIVALENTE MECCANICO DEL CALORE.

Come detto, all'inizio dello studio dei fenomeni termici nel 500 si pensava che le variazioni di temperatura fossero dovute al flusso di un liquido, chiamato calore, che avveniva fra due corpi a temperatura diversa e si scelse come unità di misura del

calore la caloria che venne definita come il calore necessario ad innalzare di un grado centigrado (esattamente da 14,5 a 15,5 gradi centigradi) un grammo di acqua distillata. In effetti si assunse il calore specifico dell'acqua pari a $1\text{cal/g}^{\circ}\text{C}$. La grande caloria Cal pari a 1000cal è il calore necessario ad innalzare di un grado centigrado un chilogrammo di acqua. Alla fine del settecento lord Rutherford si accorse che nel forare gli affusti dei cannoni si produceva un forte aumento di temperatura. Questo aumento di temperatura non poteva esser spiegato dalla presenza di un corpo a temperatura maggiore che cedeva detto da calore. L'unica cosa che veniva ceduto al cannone era del lavoro che per attrito portava ad un aumento di temperatura. Agli inizi dell'ottocento Joule ideò un esperimento che riuscì a dimostrare che calore e lavoro sono entrambi un trasferimento di energia e misurò pure una caloria a quanti Joule equivale (equivalente meccanico del calore).



Il recipiente centrale è isolato termicamente e al suo interno vi è dell'acqua e delle palette, alcune agganciate all'asse e altre al recipiente, in modo da aumentare l'attrito. I due pesi laterali quando scendono mettono in rotazione l'asse del mulinello. Ad ogni discesa i pesi danno lavoro al recipiente. Il lavoro che i pesi comunicano all'asse si può calcolare facendo la differenza fra l'energia iniziale, che è potenziale gravitazionale, e l'energia al termine della caduta che è cinetica.

$E_{in}=2mgh$; $E_{fin}=2*1/2mv^2$; $L=2mgh-mv^2$ (v è la velocità misurata nel punto più basso).

Se andiamo all'interno del recipiente non troviamo nessun aumento di energia meccanica (le pale alla fine restano ferme, l'acqua si trova sempre allo stesso livello). L'unica cosa che si nota è un aumento di temperatura di tutti i corpi che stanno all'interno. Se non sapessi cosa sta succedendo all'esterno del recipiente potrei affermare che c'è un corpo caldo che sta dando calore al mio sistema e potrei misurarlo in calorie, immaginando che il calore sia cosa diversa dal lavoro.

$Q=1\text{Cal/kg}^{\circ}\text{C}*(m_{acqua}+m_{eq})*\Delta t^{\circ}\text{C}$ (con m_{eq} massa

equivalente del recipiente che si calcola come per il calorimetro).

Se guardiamo contemporaneamente ciò che succede all'interno e all'esterno non possiamo che dedurre che il lavoro e il calore sono la stessa cosa e cioè un

trasferimento di energia, misurate in modo diverso con unità di misure diverse. Se perciò vario L , variando il numero di volte che faccio cadere i due pesi ($L_t = n_{cadute} * (2mgh - mv^2)$), varia pure Q , ma il loro rapporto è sempre lo stesso e il suo valore, l'equivalente meccanico del calore, mi dice quanto vale una caloria espressa in Joule. E' come se misurassi una serie di segmenti usando due metodi diversi che mi danno la misura in m e in cm. Ogni qualvolta cambia il valore in m cambia anche il valore in cm, ma il rapporto fra le misure in cm e quelle in m mi danno sempre 100 cm/m, che mi dice quando vale un metro in cm.

Facendo l'esperienza si ottiene che

$L/Q = 4186 \text{ Joule/Cal}$; $1 \text{ Cal} = 4186 \text{ Joule}$; $1 \text{ cal} = 4,186 \text{ joule}$.

Questa del mulinello di Joule è stata la prima esperienza che ha dimostrato che il calore è come il lavoro un trasferimento di energia e che ha permesso di misurare il valore di una caloria in Joule.

PROPAGAZIONE DEL CALORE.

Sia il calorimetro che il recipiente dell'esperienza di Joule sono dei termos, detti anche recipienti adiabatici o isolati termicamente. Per capire come è costruito un tale recipiente, dobbiamo prima sapere come il calore si propaga da un punto all'altro.

Conduzione.

Se fra due zone A e B a temperatura diversa vi è un materiale solido il calore si sposta dalla zona a temperatura maggiore a quella minore per conduzione termica, dopo un certo periodo di tempo si riscalderà anche il punto B. Il calore che si propaga da una parte all'altra è direttamente proporzionale alla superficie, alla differenza di temperatura e inversamente proporzionale alla distanza fra i due punti. Il coefficiente di proporzionalità dipende dal materiale, vi sono cioè buoni e cattivi conduttori di calore.

$$Q = k * S * \Delta t / d.$$

Per spiegare la conduzione immaginiamo di dividere il corpo che si trova fra A e B in tanti piccoli pezzi a, b, c, d e così di seguito. Ogni pezzo è a contatto termico con il pezzo precedente a temperatura maggiore e perciò riceve da esso calore, e con il pezzo successivo a temperatura minore e perciò cede ad esso calore. Questi continui passaggi di calore da un pezzo all'altro possono essere interrotti per mancanza di un pezzo solido fra l'uno e l'altro.

Convezione.

Se su una fonte di calore (piastra elettrica o fiamma del gas) mettiamo un recipiente contenente liquido, la parte di liquido più in basso aumenta la sua temperatura e si dilata (aumenta di volume) e perciò la sua densità m/V diminuisce e diviene minore rispetto alla densità del liquido che si trova più in alto. Per il principio di Archimede il liquido meno denso, che è anche a temperatura maggiore, sale verso l'alto e il suo posto è preso dal liquido che prima era in alto e che è a temperatura minore. In questo caso il calore è trasportato verso l'alto dalla massa di liquido che si sposta. Il liquido che si sposta trasporta con sé il calore che ha assorbito. Infatti la parola convezione deriva da cum veho, che significa trasporto con. Il fenomeno della convezione è tipico delle sostanze liquide e gassose. Per bloccare la convezione fra due punti dobbiamo praticare il vuoto.

IRRAGGIAMENTO.

Sappiamo che una stufa o la fiamma del camino ci riscalda anche in senso orizzontale, per riscaldarci non dobbiamo per forza stare sopra la fonte di calore. Ciò non può essere spiegato dalla convezione, ma dal fatto che i corpi caldi emanano dei raggi che si propagano in ogni direzione e verso, anche se c'è il vuoto. Il calore del sole arriva fino alla terra per mezzo dei raggi, che attraversano ampissimi spazi di vuoto. L'irraggiamento può essere bloccato con superficie speculari che riflettono completamente i raggi. I termos sono perciò formati da due recipienti, l'uno interno all'altro, che non sono a contatto per bloccare la conduzione. Nell'intercapedine fra i due recipienti deve essere praticato il vuoto assoluto per bloccare la convezione. Inoltre le superficie dei due recipienti devono essere completamente speculari in modo da riflettere i raggi che vanno dall'interno all'esterno e viceversa. Un tale recipiente sarebbe un termos perfetto e se in esso mettiamo un corpo ad una certa temperatura, tale temperatura rimarrebbe la stessa per sempre. In realtà la conduzione non può essere bloccata del tutto, poiché i due recipienti per mantenersi discostati devono avere un piccolo sostegno almeno alla base che, anche se fatto di materiale cattivo conduttore comporta sempre un piccolissimo passaggio di calore per conduzione. Il vuoto nell'intercapedine non è mai assoluto, ma una piccola parte di aria vi rimane e quindi la convezione non è bloccata del tutto. Le superficie speculari non riflettono mai al cento per cento, ma una parte dell'energia incidente è da esse assorbita. In fine per introdurre i corpi all'interno, il recipiente deve essere munito di un foro, chiuso da un tappo che non blocca il passaggio di calore. Per questi motivi, se introduciamo una sostanza nel termos, la temperatura non rimane invariata per sempre, ma tenderà a diminuire se la temperatura della sostanza è maggiore della temperatura ambiente e ad aumentare in caso contrario. La pendenza della retta che ci dà l'andamento della variazione della temperatura, dipende dalla temperatura della sostanza introdotta, dalla temperatura esterna. Quanto più la pendenza è piccola, la retta si approssima alla retta orizzontale, tanto più il termos è buono, i passaggi di calore sono minimi.

