



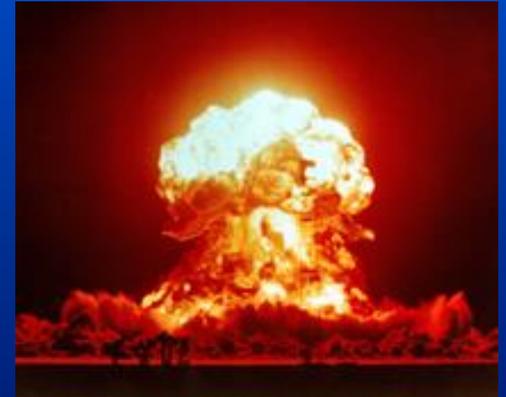
Universita' degli Studi dell'Insubria

Corsi di Laurea in Scienze Chimiche e
Chimica Industriale

Termodinamica Chimica



Energia



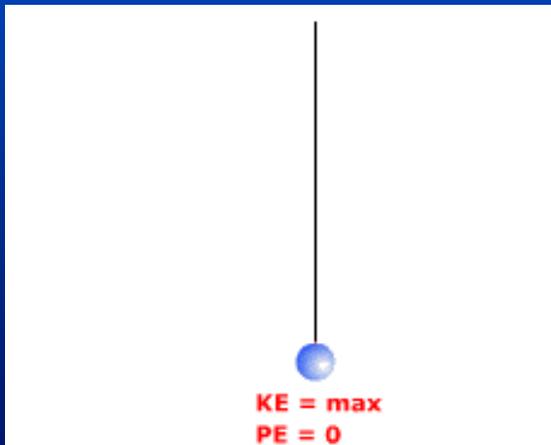
dario.bressanini@uninsubria.it

<http://scienze-como.uninsubria.it/bressanini>



Principi di Conservazione

- Molte leggi naturali sono espresse sotto forma di **principio di conservazione**
- Alcuni di questi principi erano già noti agli scienziati del '700
 - Conservazione del momento o quantità di moto
 - Conservazione del momento angolare
 - Conservazione dell'energia (in alcuni casi $E_{\text{pot}} + E_{\text{kin}} = \text{Costante}$)



La meccanica Newtoniana prevede che per i sistemi **conservativi** l'energia totale, somma dell'energia potenziale e dell'energia cinetica, rimanga costante

E' un principio generale?

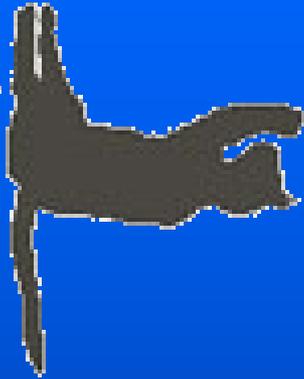


Conservazione del Momento Angolare

$$\vec{L} = \vec{r} \times \vec{p} = \text{costante}$$



Conservazione del Momento Angolare

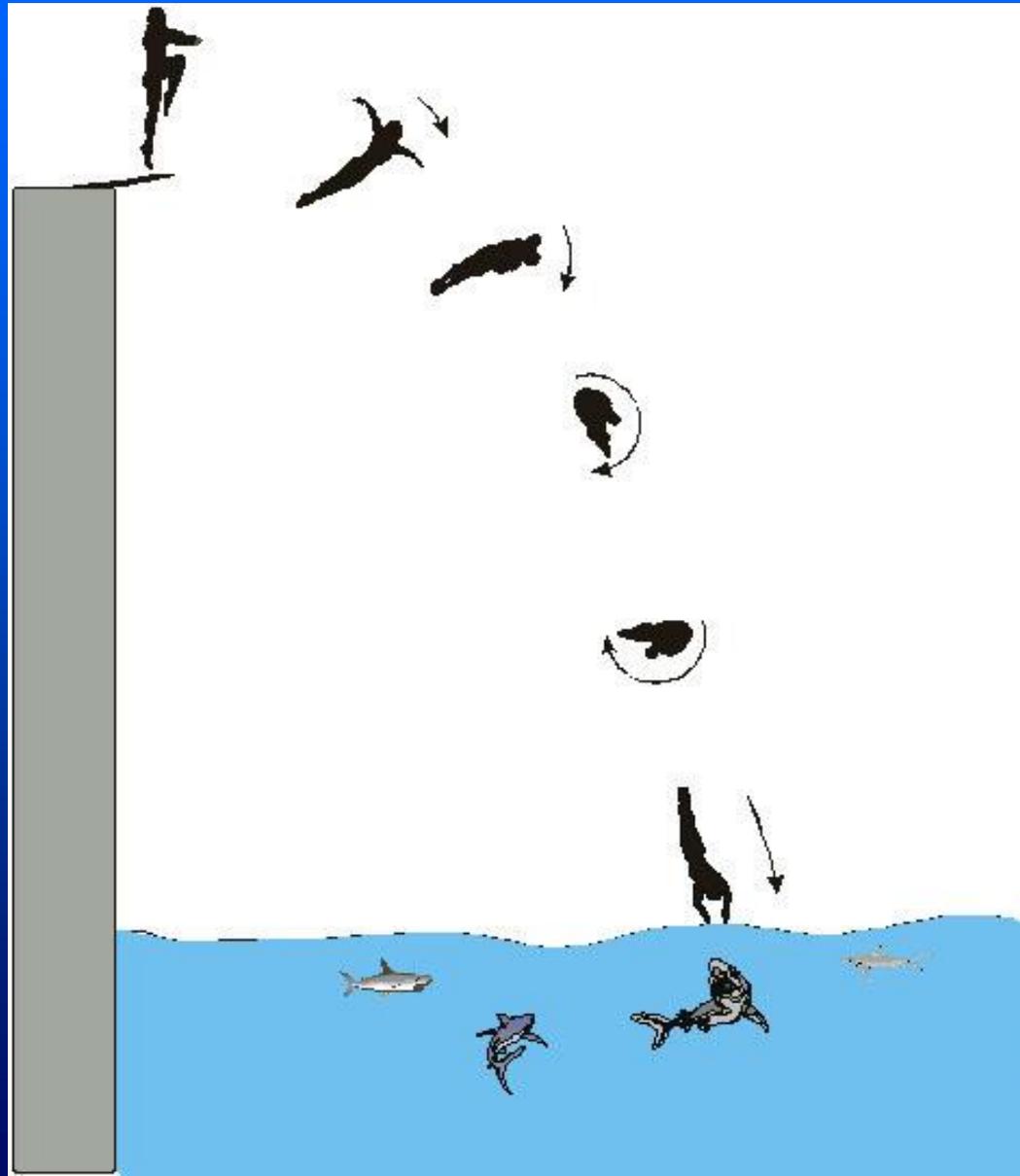


Remember, many animals do not have this ability...





Conservazione del Momento Angolare

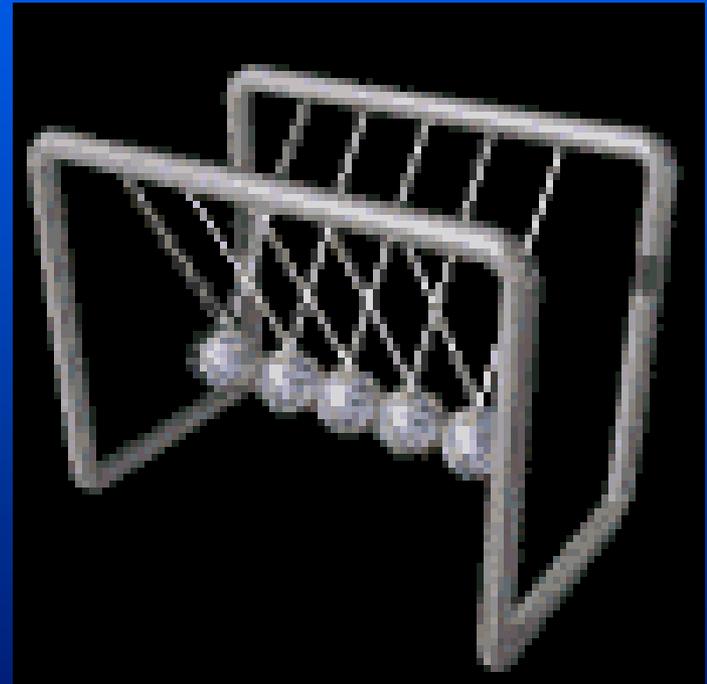
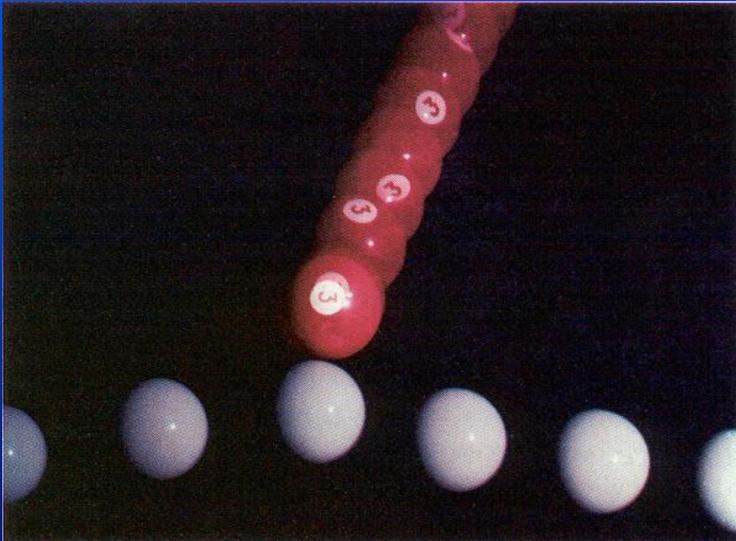




Conservazione del Momento Lineare

In un urto elastico, il momento totale si conserva

$$\vec{p} = m\vec{v} = \text{costante}$$

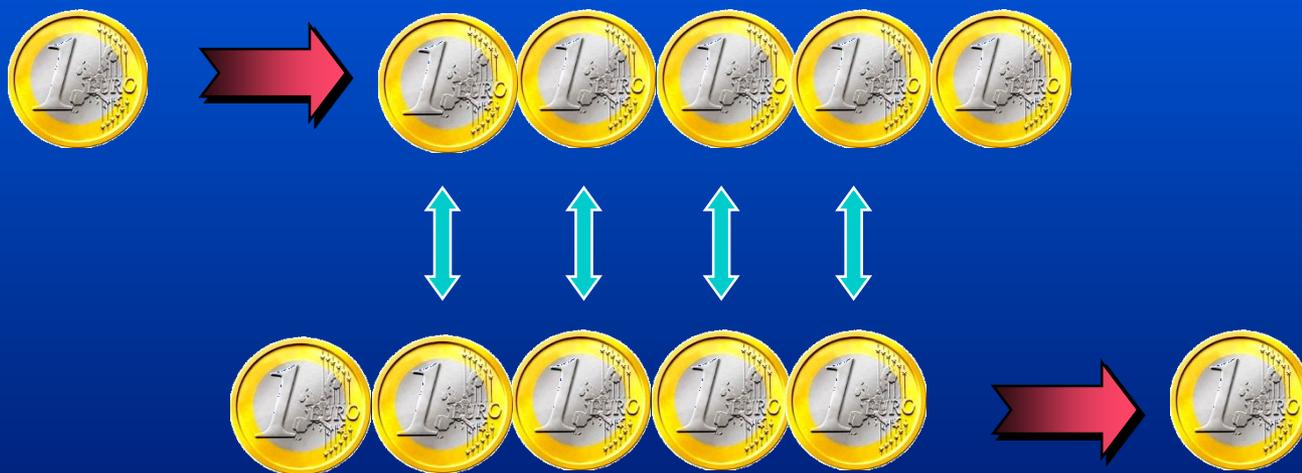




Quiz



Cosa succede alle monete dopo l'urto?





Altri Principi di Conservazione

- Ora conosciamo altri principi di conservazione
 - Massa
 - Carica Elettrica
 - Parita'
 - Invarianza temporale
 - Numero Barionico
 - Coniugazione di Carica
 - ...e altri ancora piu' esoterici
- La Chimica e' fondata sui principi di conservazione della **Massa** e dell'**Energia**



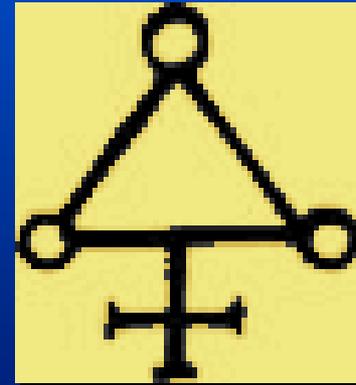
La Materia

- Nel 17^{mo} secolo vi era ancora molta confusione su cosa fosse la **Materia**



Georg Ernst Stahl
(1659-1734)

Johann Becher e Georg Stahl, medici tedeschi professori universitari, fondarono la teoria del Flogisto (dal greco 'bruciare')

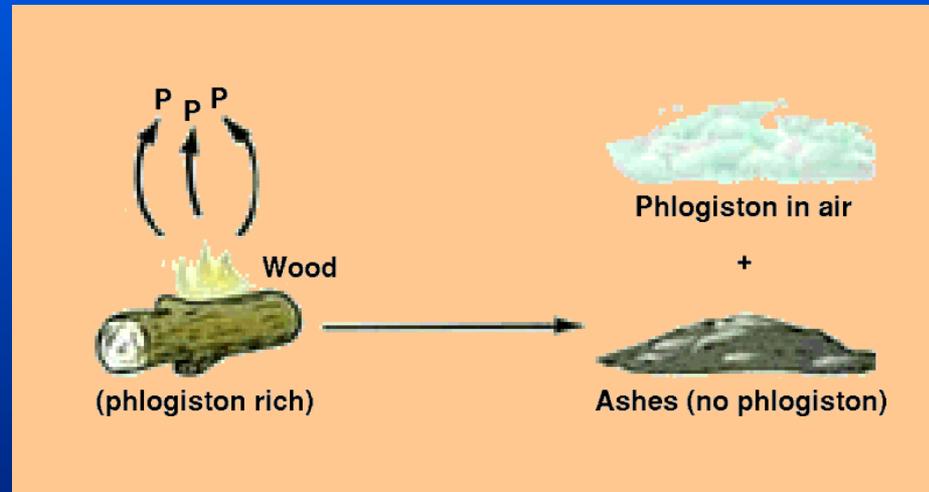


Simbolo del Flogisto



Il Flogisto

- La materia e' costituita da due componenti: il **Flogisto** e la **Cenere**
- Bruciando, il flogisto si libera nell'aria, lasciando solamente la cenere



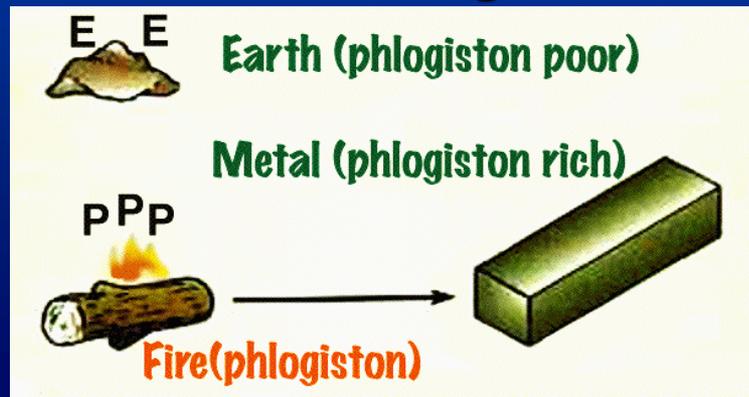
② L'aria "Flogistificata" non riesce piu' a supportare la combustione



La Teoria del Flogisto

■ Fatti spiegati dalla teoria del Flogisto

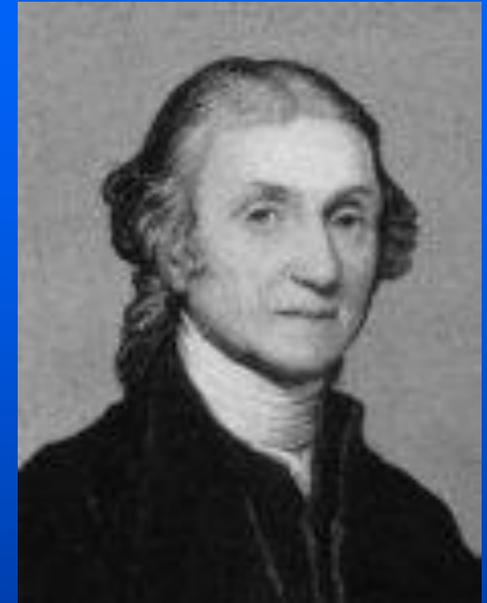
- ✓ I combustibili perdono peso bruciando, perche' perdono flogisto.
- ✓ La combustione cessa quando tutto il flogisto e' fuoriuscito dalla sostanza e ha saturato l'aria
- ✓ Il carbone lascia pochissimo residuo perche' e' flogisto quasi puro
- ✓ Un topolino muore se chiuso in un ambiente sigillato perche' l'aria si satura di flogisto
- ✓ Alcune 'calci metalliche', scaldate con carbone si ritrasformano in metallo perche' il carbone cede il flogisto





Problemi della Teoria del Flogisto

- Tuttavia, alcune sostanze aumentano di peso dopo essere state bruciate (il magnesio ad esempio)!
- Oggi noi sappiamo che la combustione è dovuta al processo di ossidazione.
- Joseph Priestly scopre l'ossigeno nel 1774, ma non crede alla teoria dell'ossidazione. Chiama l'ossigeno **aria deflogistificata**

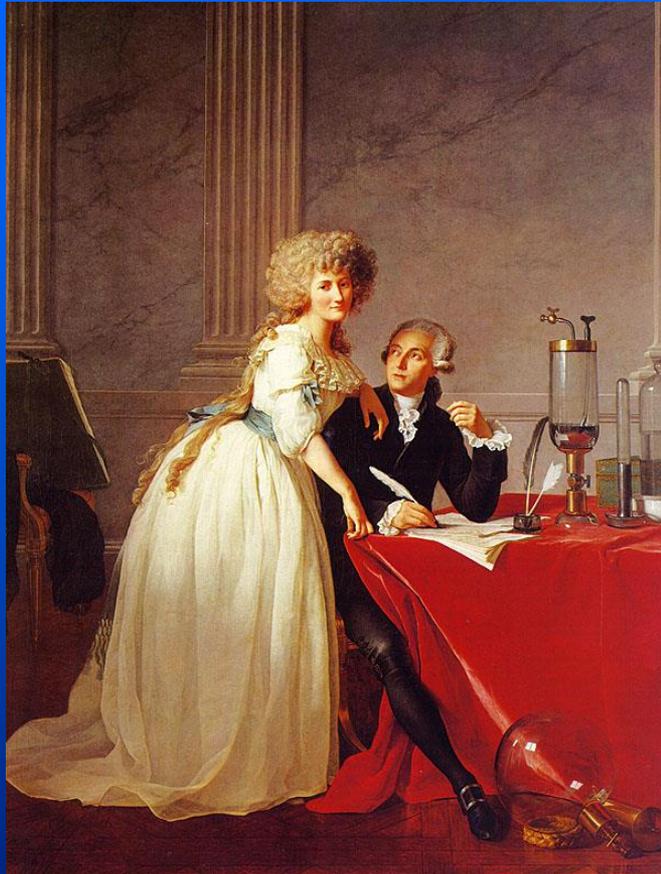


Joseph Priestly

- Noi ora sappiamo che l'ossigeno si combina con il materiale formando l'ossido



Conservazione della Massa



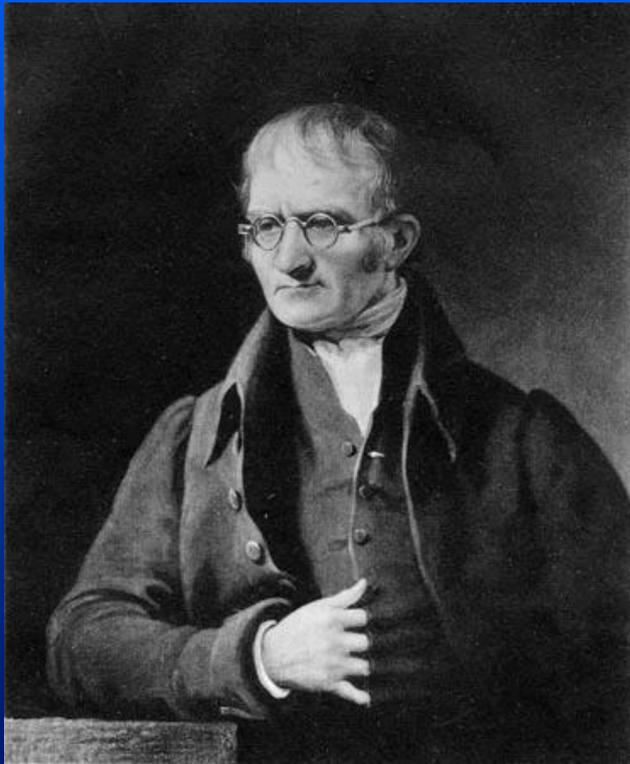
Antoine-Laurent Lavoisier
(1743-1794) e sua moglie

- Antoine Lavoisier mostra come la combustione non è una perdita di flogisto, ma una reazione chimica con l'ossigeno.
- Enuncia il principio di conservazione della massa: **La Materia non viene né creata né distrutta, ma cambia solamente forma**



Conservazione della massa

La Materia e' composta da Atomi che non possono essere nè creati nè distrutti



John Dalton
(1766-1844)



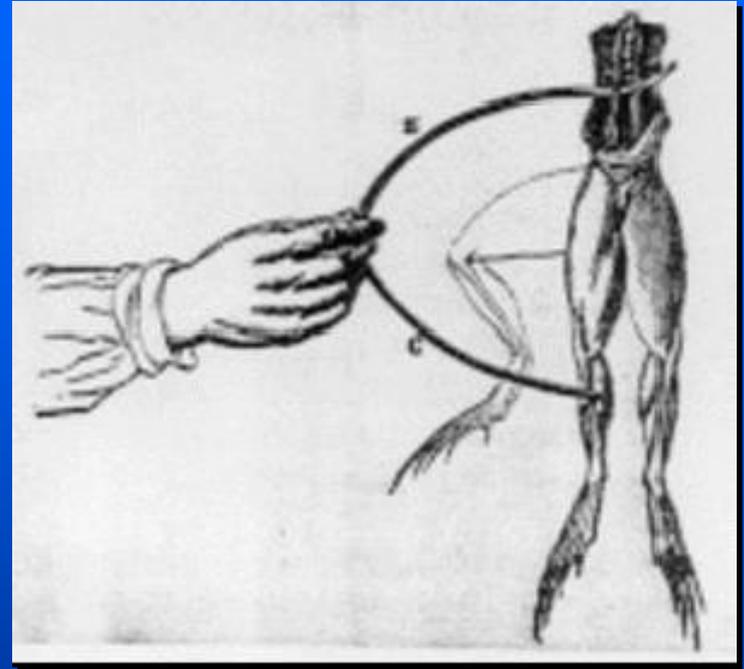
'Spiegazioni' di altri Fenomeni

- L'elettricità è generata dal flusso di due fluidi, chiamati 'vetroso' e 'resinoso'
- Il magnetismo è generato dal flusso di due altri fluidi, chiamati 'australe' e 'boreale'
- Il Calore invece era il flusso di un singolo fluido, chiamato 'calorico'



Le Nuove Forme di Energia

- Nel diciottesimo secolo, il medico italiano Luigi Galvani (1737-1798) scoprì che un conduttore bimetallico caricato elettricamente poteva far muovere le zampe di rane morte.
- Si pensò che l'elettricità scorresse dentro ogni essere vivente.
- Il romanzo *Frankenstein*, di Mary Shelley (1797-1851) e' basato su queste teorie





Le Nuove Forme di Energia

- nel 1791, **Luigi Galvani** attribuì ai tessuti animali la capacità di produrre elettricità.
- **Alessandro Volta** (1745-1827), fisico comasco, riconobbe che "l'effetto Galvanico", il movimento delle zampette di rana, era da ricondurre al **passaggio della corrente nei tessuti animali**, incapaci di produrre elettricità.
- Nel 1800, Volta costruì la prima pila, denominata **voltaica** in suo onore. Quest'apparato era in grado di produrre **chimicamente** corrente elettrica.





Le Nuove Forme di Energia

- **Michael Faraday** (1791-1867) scoprì che il passaggio di elettricità in una soluzione poteva indurre delle reazioni chimiche
- **Hans Christian Ørsted** (1777-1851) scoprì che la corrente elettrica poteva generare un campo magnetico.
- **Thomas Seebeck** osservò che anche il calore poteva venire convertito in elettricità, scoprendo *l'effetto termoelettrico*



L'Energia

- Tutti questi fenomeni mostravano chiaramente come **elettricità**, **magnetismo**, **calore** e **reazioni chimiche** erano strettamente correlati
- Poteva il principio della conservazione della somma di energia cinetica e potenziale, valere anche per altre forme di energia?
- Cominciò a poco a poco a farsi strada l'idea che la moltitudine di fenomeni osservati potevano essere visti come la trasformazione di **un'unica entità** che cambiava solamente forma: **l'Energia**



La Natura del Calore

- Per lungo tempo **Calore** e **Temperatura** furono confusi
- Ora noi sappiamo che il **calore è una forma di energia**, dovuta all'incessante movimento degli atomi e delle molecole di cui sono composti i vari oggetti. Essendo una particolare forma di energia, non ci deve sorprendere che non si conservi, così come non si conservano altre forme di energia.



La Natura del Calore

- L'idea che il calore e il lavoro fossero interconvertibili si sviluppò piano piano nel corso dei secoli, ma con un cammino ben lungi dall'essere lineare e semplice come spesso viene presentato sui libri di testo.
- Accostate le vostre mani leggermente e sfregatele lentamente, senza troppo vigore. Non succede nulla. Provate ora a premerle una contro l'altra con forza e sfregarle vigorosamente. Immediatamente le mani si scaldano. Da dove arriva il Calore?



Sir Francis Bacon e il Calore



Francis Bacon (1561-1626)
Nato nel 1561 da una potente famiglia alla corte della Regina Elisabetta I di Inghilterra.

- Nel 1620 Bacon ebbe l'intuizione che il calore era nient'altro che *"movimento, rapida e vigorosa agitazione delle particelle di cui è composta la materia"*
- Morì di bronchite sperimentando l'idea che il freddo potesse prevenire la putrefazione della carne e permetterne la sua conservazione.
- La sua teoria del calore venne dimenticata



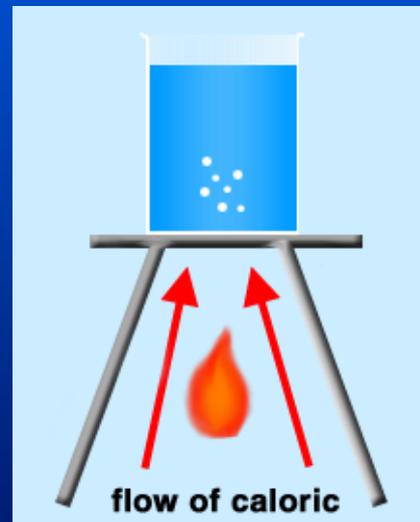
La Teoria del Calorico

- l'opinione prevalente (Lavoisier, Fourier, Laplace e Poisson), era che il calore fosse una sorta di fluido misterioso, il *calorico*, che fluiva in ogni sostanza e spontaneamente passava da un corpo caldo ad un corpo freddo.
- La *teoria del calorico* assegnava a questo fluido strane proprietà. Prima di tutto non aveva peso: scaldare un etto di ferro non portava ad un aumento del suo peso; però occupava spazio. I corpi, infatti, aumentavano di volume se riscaldati.
- Nonostante i numerosi tentativi, il calorico sfuggiva ad ogni sforzo per essere isolato e investigato direttamente. Pian piano aumentava l'evidenza sperimentale e teorica che la teoria del calorico fosse errata.



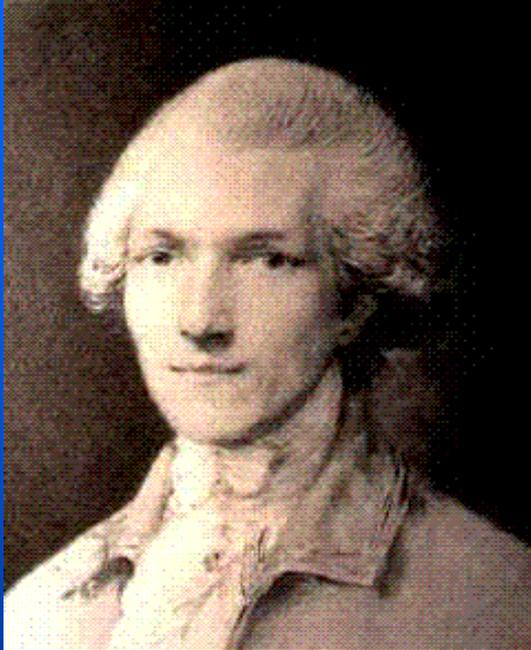
La Teoria del Calorico

- I corpi caldi contengono piu' calorico del corpi freddi
- Mettendo a contatto un corpo caldo con un corpo freddo, il calorico fluisce dal corpo caldo a quello freddo





La Teoria del Calorico

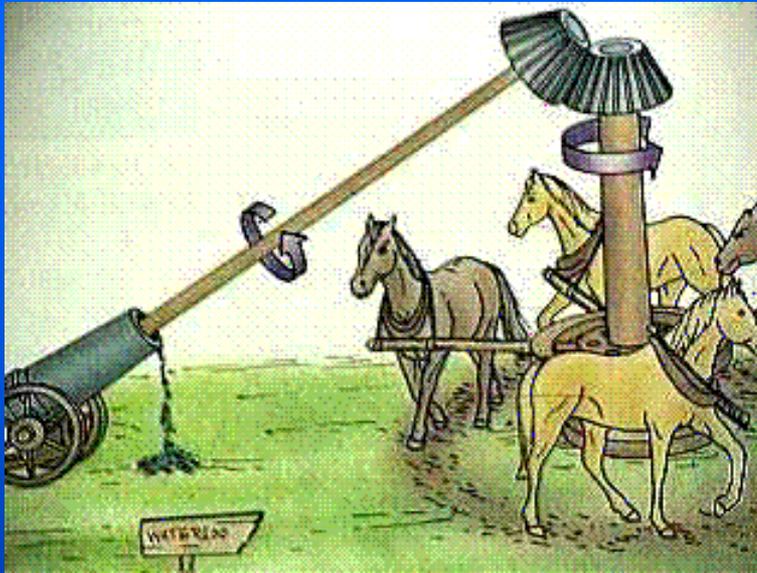


Benjamin Thompson
(1754-1814)
nato nella colonia del
Massachusetts. Trasferitosi in
Europa, lavorò al servizio del
Duca di Baviera. Fu nominato
"Conte del Sacro Romano
Impero", e scelse di chiamarsi
"Conte Rumford"

- Benjamin Thompson, Conte Rumford, supervisionava la fabbricazione di cannoni.
- Il corpo di un cannone veniva fabbricato a partire da un cilindro di metallo, in cui veniva prodotto meccanicamente un foro del diametro desiderato.
- L'attrito meccanico generava moltissimo calore.



Il Conte Rumford



- La teoria del calorico sosteneva che, la polvere di metallo poteva "contenere" meno calorico del blocco di metallo originale. Durante la lavorazione del cannone, il calorico non poteva più essere immagazzinato nella polvere metallica, e veniva disperso sotto forma di calore.
- Thompson immerse un blocco metallico in acqua, e dimostrò che era necessaria la stessa quantità di calore per innalzare di un grado la polvere metallica generata, oppure un blocco di metallo dello stesso peso. La polvere metallica non era meno capace di immagazzinare calore rispetto al pezzo di metallo non polverizzato. Il calore prodotto proveniva semplicemente dal lavoro meccanico compiuto per forare il cannone.



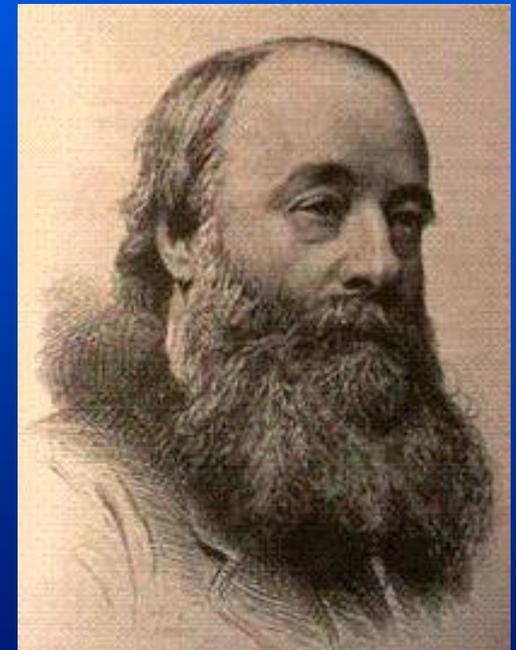
Il Calorico

- Il calore quindi non era una sostanza.
- Le idee sbagliate però sono dure a morire, e la teoria del calorico sopravvisse ancora un poco.
- Ancora oggi, nel linguaggio comune, sono presenti dei "resti linguistici" di quella teoria. Parliamo infatti di calore che "entra" ed "esce" dai corpi, o dalle finestre aperte. L'uso della *caloria* (cal) come unità di energia è una vestigia di quel passato.



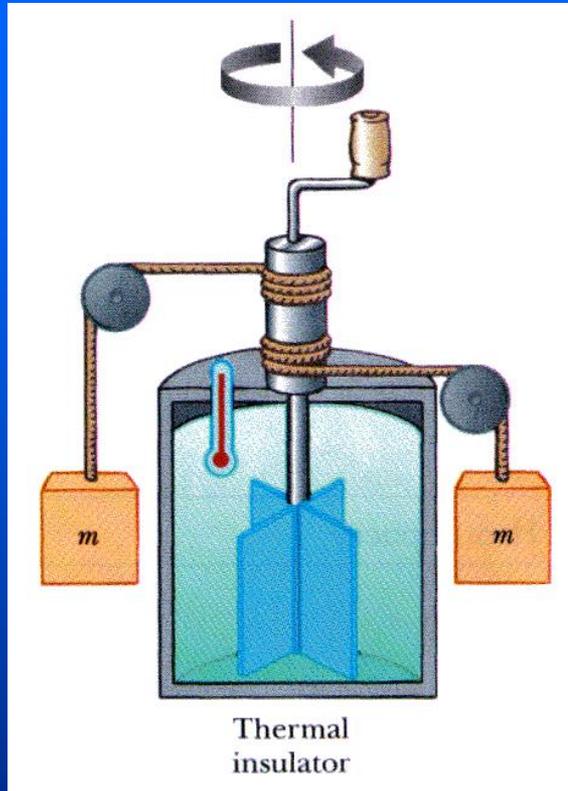
James Prescott Joule

- Il riconoscimento e l'enunciazione del principio universale della conservazione dell'energia è dovuto principalmente a James Prescott Joules (1818-1889), birraio e appassionato di scienza.
- In suo onore oggi usiamo il **joule** come unità di misura del lavoro e dell'energia del **Sistema Internazionale (SI)**. Tuttavia in alcuni campi sono ancora utilizzate le **calorie**, ad esempio nelle etichette dei cibi, (**in realtà Kilocalorie**).





L'Esperimento di Joule



- Joules provò l'equivalenza tra calore e lavoro meccanico

Il lavoro eseguito per far ruotare le pale, causa un aumento della temperatura dell'acqua

- Joules mostrò anche che la quantità di calore prodotto era proporzionale alla quantità di lavoro



Joules e la Conservazione dell'Energia

"I fenomeni della natura, siano essi meccanici, chimici o vitali (biologici), consistono quasi interamente nella continua conversione di attrazione nello spazio (energia potenziale), forza vitale (energia cinetica) e calore, uno nell'altro. Questo è il modo in cui l'ordine viene mantenuto nell'universo: nulla è sbilanciato, nulla viene perso, ma l'intero meccanismo, per quanto complicato, lavora incessantemente e armoniosamente. E sebbene, come nella terribile profezia di Ezechiele, "ruote potranno incastrarsi in altre ruote", e ogni cosa possa apparire complicata e implicato nell'apparente confusione e nella varietà quasi senza fine di cause, effetti, conversioni e arrangiamenti, tuttavia la più perfetta regolarità viene preservata. Il tutto governato dal volere superiore di Dio"



Il Principio di Conservazione dell'Energia

- Julius Robert von Mayer fu il primo a enunciare esplicitamente il principio di conservazione dell'energia

Le varie forme di energia (Chimica, Elettrica, Magnetica, Meccanica, Calore) si possono trasformare una nell'altra, ma l'energia totale rimane costante



Julius Robert von Mayer
(1814-1878)



Massa-Energia

- Oggi i due principi fondamentali di conservazione sono stati riuniti in un unico principio: la conservazione della **massa-energia**

$$E = mc^2$$



Albert Einstein (1879-1955)