

IL LAVORO

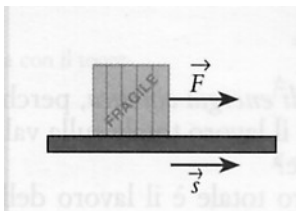
Nel linguaggio scientifico la parola “lavoro” indica una grandezza fisica ben determinata. Un uomo che sposta un libro da uno scaffale basso ad uno più alto è un fenomeno in cui c'è una forza che compie lavoro.

Una forza che agisce su un corpo compie lavoro quando il punto in cui essa è applicata subisce uno spostamento.

Lavoro di una forza costante.

Diamo la definizione della grandezza fisica lavoro nel caso particolare di **forza costante** applicata su un oggetto che si **sposta nella stessa direzione della forza**. In questa situazione il lavoro L compiuto dalla forza F mentre l'oggetto si sposta di una lunghezza s è uguale al prodotto dell'intensità della forza per il valore dello spostamento:

$$L = F \times s.$$



Il lavoro è una grandezza scalare e nel Sistema Internazionale la sua unità di misura è il **Joule**:

$$1\text{J} = 1\text{N} \times 1\text{m}.$$

1J è il lavoro compiuto da una forza di 1N quando il suo punto di applicazione si sposta di 1 m in direzione della forza.

Quando un sasso cade a terra la forza di gravità compie un lavoro poiché agisce sul sasso mentre cade. Se il sasso ha massa 1 Kg, la forza che lo attrae verso il suolo è:

$$P = m g = 1,0 \text{ Kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2 = 9,8 \text{ N}$$

Per una caduta di 3 m la forza di gravità compie il lavoro

$$L = F \times s = 9,8 \text{ N} \times 3,0 \text{ m} = 29 \text{ J}.$$

Il lavoro come grandezza fisica non va confuso con la fatica muscolare.

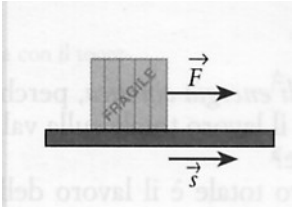
Vediamo la definizione della grandezza fisica lavoro nel caso particolare di **forza costante** applicata su un oggetto che **non si sposta nella stessa direzione della forza**.

In questo caso occorre proiettare la forza F lungo la direzione dello spostamento s .

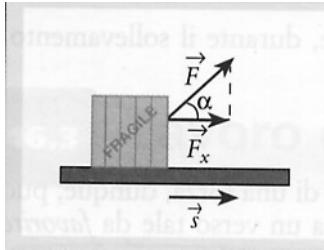
Il vettore proiezione lo chiamiamo F_s , ed il lavoro si calcola come:

$$L = F_s \times s$$

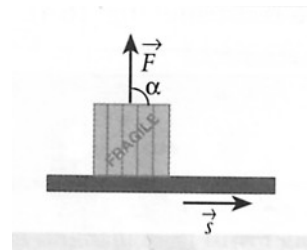
La situazione è illustrata nelle seguenti figure per diversi valori dell'angolo fra forza e spostamento.



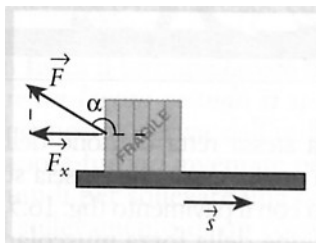
$L = F \times s$ lavoro motore massimo



$L = F_s \times s$ lavoro motore

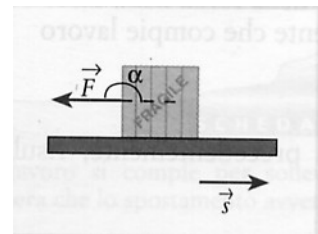


$L = 0$



$L = - F_s \times s$ lavoro resistente

$L = - F \times s$ lavoro resistente massimo



Lavoro motore e lavoro resistente.

Quando lanciamo una palla con la mano, **la forza** che applichiamo e **lo spostamento** della palla hanno **lo stesso verso**. In questo caso la forza compie un **lavoro motore**, perché favorisce lo spostamento. Il lavoro motore ha segno **positivo**.

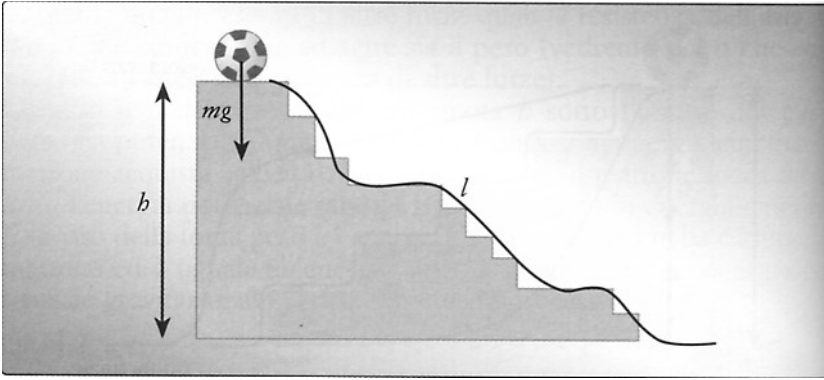
Quando freniamo una palla con la mano, **la forza** che applichiamo e **lo spostamento** della palla hanno **verso opposto**. La forza compie un **lavoro resistente**, perché si oppone allo spostamento. Il lavoro resistente ha segno **negativo**.

Il **lavoro è nullo** quando è nulla la forza, quando è nullo lo spostamento, e infine quando la **forza e lo spostamento** sono fra di loro **perpendicolari**.

La **forza di attrito** compie sempre un **lavoro resistente**, perché ostacola il movimento ed è sempre diretta in senso contrario allo spostamento.

Lavoro di una forza conservativa.

Quando una forza fa un lavoro che dipende solo dalla **posizione iniziale e da quella finale** e non dal particolare percorso seguito si dice che è una **forza conservativa**. Forze conservative sono il peso $P = mg$, o la forza elastica $F = -k(l - l_0)$. Molte sono le forze non conservative, e ricordiamo la forza d'attrito.



La forza peso è conservativa, quindi il lavoro che compie per fare cadere la palla è lo stesso sia che la palla cada lungo la verticale (linea h), sia lungo le scale (linea l).
Calcolato lungo la linea h vale:

$$L = P \times h = mgh.$$

LA POTENZA

Un uomo che porta una valigia al quinto piano può tenerla in mano e portarla lentamente su per le scale. Oppure può metterla nell'ascensore che rapidamente la porterà a destinazione. In entrambi i casi **il lavoro compiuto** (dall'uomo o dal motore dell'ascensore) **rimane lo stesso** (poiché abbiamo forze conservative ed il lavoro dipende solo dalla posizione iniziale e finale). Esso è dato dal prodotto del peso della valigia per l'altezza a cui si trova il quinto piano. C'è però una differenza nei due modi di compiere lo stesso lavoro. L'uomo che sale le scale lo compie lentamente, mentre **l'ascensore lo compie rapidamente**. Il motore dell'ascensore è più potente dell'uomo.

Si chiama **potenza media** di un sistema fisico che compie un certo lavoro una grandezza **scalare** data dal **rapporto fra il lavoro e l'intervallo di tempo** impiegato a compierlo:

$$P = \frac{L}{t}$$

dove L è il lavoro sviluppato (od assorbito) nell'intervallo di tempo t .

L'unità di misura di questa grandezza nel Sistema Internazionale è il **watt (W)**

$$1W = \frac{1J}{1s}$$

1 watt è la potenza sviluppata da una forza che compie il lavoro di 1 J in 1s.

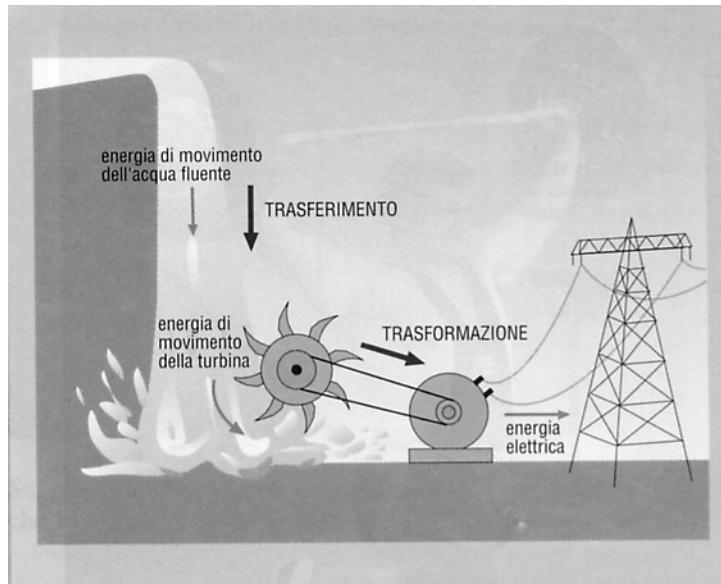
Per esempio se l'ascensore compie il lavoro di 2×10^3 J per trasportare la valigia in 10 s, nel corso dell'esecuzione del lavoro esso sviluppa una potenza

$$P = \frac{2 \times 10^3 J}{10s} = 2 \times 10^2 W$$

L'ENERGIA

Si può pensare all'**energia** come a qualcosa che **si trasforma** continuamente e che può essere utilizzato in una **certa misura** per compiere **lavori utili**.

Per esempio, in una centrale idroelettrica l'energia di posizione dell'acqua contenuta in un lago di montagna cadendo si trasforma in energia di movimento e poi in energia elettrica. Dentro la lavatrice l'energia elettrica che preleviamo dalla presa di corrente si trasforma in energia di movimento del cestello ed in energia interna dell'acqua che si riscalda.



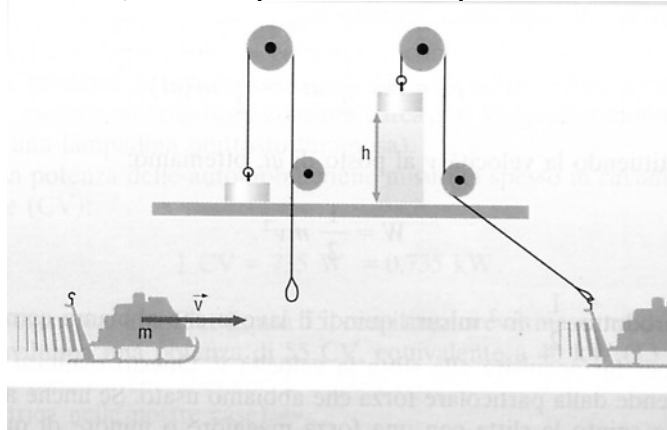
L'energia cinetica.

Si definisce **energia cinetica** E_c (o **energia di movimento**) di un corpo di massa m e velocità v la quantità scalare, sempre positiva:

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2.$$

Nel SI la sua unità di misura è il Joule, come il lavoro.

Si chiama "energia cinetica" (energia di movimento) perché un corpo di massa m , che si muove a velocità v , ha la capacità di compiere lavoro.



La slitta della figura, mentre si muove resta impigliata in un gancio e viene frenata. Contemporaneamente compie lavoro sollevando il peso P di un'altezza h .

Teorema del lavoro e dell'energia cinetica.

Una forza applicata ad un **corpo libero** (cioè un corpo non soggetto ad altre forze) compie un **lavoro** che fa **aumentare o diminuire l'energia cinetica** del corpo.

Se il lavoro è positivo l'energia cinetica aumenta (se spingo un carrello aumento la sua velocità e quindi la sua energia cinetica).

Se il lavoro è negativo l'energia cinetica diminuisce (un carrello in moto viene frenato dalla forza di attrito fra le ruote e la strada. La sua velocità diminuisce, diminuisce quindi la sua energia cinetica).

In generale vale la relazione:

$$L = E_c(\text{finale}) - E_c(\text{iniziale})$$

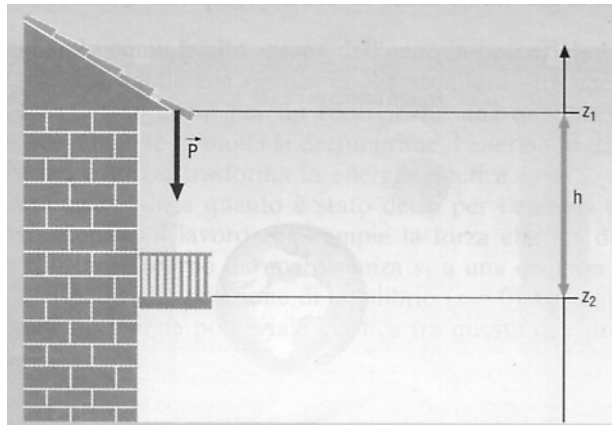
Il lavoro compiuto dalla forza è uguale alla variazione di energia cinetica fra lo stato finale e quello iniziale.

L'energia potenziale.

L'energia potenziale è **energia accumulata** e pronta per essere trasformata in altre forme. Essa dipende dalla posizione del corpo.

L'energia potenziale gravitazionale.

L'energia potenziale gravitazionale si manifesta grazie alla forza di gravità. Una tegola su un tetto ha una energia che è in grado di spendere se cade. La forza di gravità (che attrae un oggetto verso il basso) è in grado di compiere lavoro quando l'oggetto cade.



Il lavoro che la forza peso compie quando una massa m cade di una quota h è:

$$L = P \times h = mgh.$$

Questa è anche la formula dell'energia potenziale gravitazionale.

Possiamo misurare l'altezza della tegola o dal pavimento del balcone oppure dal livello del giardino. In questo modo avremo due numeri diversi che esprimono il valore dell'energia potenziale della tegola. Occorre quindi scegliere una volta per tutte da dove misurare le altezze, e misurarle da quel livello per tutti i corpi. Bisogna cioè scegliere il **livello di zero in modo arbitrario**. Usualmente la superficie terrestre è scelta come livello di zero per l'energia potenziale gravitazionale.

In questo modo i corpi posti a quota maggiore del livello di zero hanno **energia potenziale positiva**; quelli posti a quota inferiore al livello di zero hanno **energia potenziale negativa**.

Occorre precisare che l'energia potenziale non è una proprietà esclusiva dell'oggetto, ma anche della Terra. Se non ci fosse la Terra non ci sarebbe neanche la forza che è in grado di compiere il lavoro quando l'oggetto cade. **L'energia potenziale è posseduta dal sistema Terra+oggetto**, cioè dall'insieme di questi due corpi.

L'energia potenziale di un sistema misura quanta energia è immagazzinata nel sistema, cioè quanta energia il sistema può eventualmente spendere.

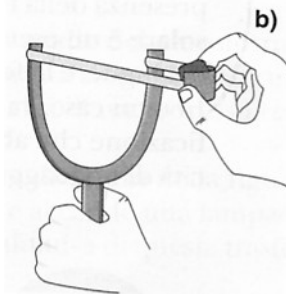
Teorema del lavoro e dell'energia potenziale:

$$L = E_p(\text{iniziale}) - E_p(\text{finale})$$

Il lavoro compiuto dalla forza è uguale alla variazione di energia potenziale fra lo stato iniziale e quello finale.

Le forme di energia.

L'energia **potenziale elastica** è legata a forze di tipo elastico. Tale energia è quella immagazzinata in una molla compressa o tirata. Questa energia si ha ad esempio in una fionda carica.



L'**energia elettrica**, che deriva dalle forze elettromagnetiche, può essere visibile solo quando si trasforma in altre forme di energia: **raggiante** (luce emessa da una lampadina); cinetica (movimento impresso ad un motore); **termica** (calore sprigionato da una stufa elettrica).

Alcune forme di energia dipendono dallo stato "interno" della materia.

L'**energia chimica** è quella immagazzinata nei legami tra gli atomi che costituiscono le molecole di un corpo e può essere liberata mediante una reazione chimica.

L'**energia nucleare** è immagazzinata nei legami fra neutroni e protoni che costituiscono il nucleo dell'atomo. Può essere liberata solo attraverso reazioni nucleari.

L'**energia termica** è legata alla energia cinetica delle singole particelle che compongono un corpo, ed è legata alla temperatura del corpo. Un aumento di temperatura indica un aumento di energia termica.

Con il termine **energia interna** di un corpo si intende la somma dell'energia cinetica e potenziale posseduta da tutte le particelle che compongono un corpo. Un aumento di energia interna può comportare sia un aumento di temperatura che la dilatazione del corpo.

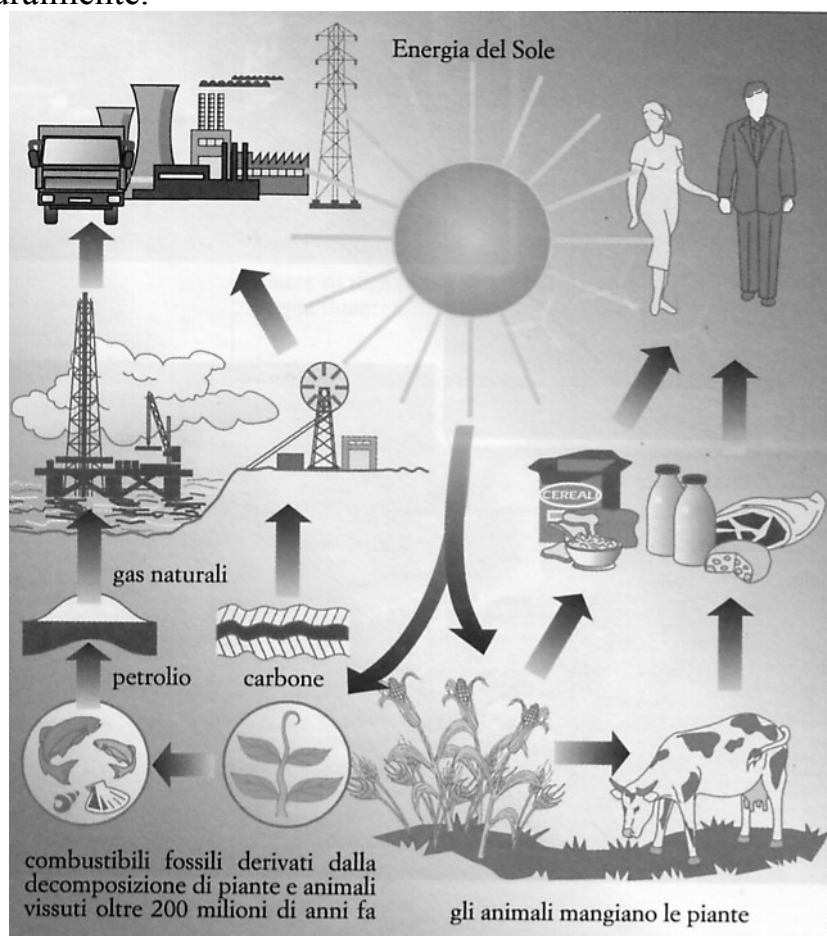
L'**energia raggiante** è quella associata alla luce ed alle altre radiazioni ionizzanti e non ionizzanti invisibili per l'occhio umano (raggi infrarossi, raggi ultravioletti, microonde, raggi X). Questa forma di energia è l'unica che non necessita della materia per propagarsi. Anche l'**energia solare** è una energia raggiante.

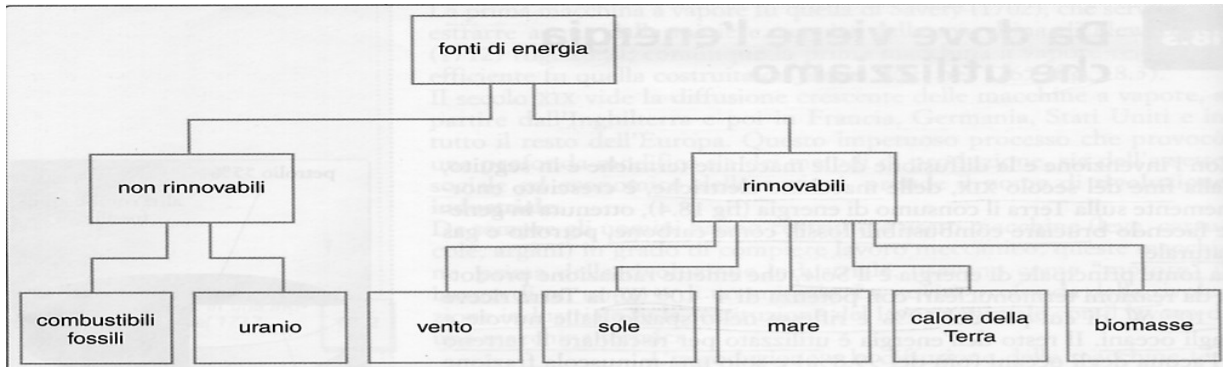
Le fonti di energia.

La principale fonte di energia è il **Sole**, che emette radiazione prodotta da reazioni termonucleari con una potenza di 4×10^{26} W. Sulla Terra arriva circa un quarto di questa energia e viene principalmente impiegata per il riscaldamento degli oceani e del terreno. Solo una minuscola frazione viene assorbita dalle piante con il processo di fotosintesi.

L'industria utilizza principalmente l'energia ottenuta facendo bruciare **combustibili fossili come carbone, petrolio e gas**. I combustibili fossili sono resti di piante ed animali antichissimi, ma questa sorgente è destinata ad esaurirsi nel tempo.

La ricerca scientifica e tecnologica è quindi spinta a trovare nuove **fonti** di energia, che inquinino il meno possibile e siano **rinnovabili**, cioè l'energia una volta usata sia ricostituita naturalmente.





L'ENERGIA E LE SUE TRASFORMAZIONI

Capire un fenomeno significa saper prevedere, istante per istante, come cambiano alcune grandezze significative.

Alle volte è invece più utili studiare se nel fenomeno in esame esistono delle grandezze che rimangono costanti nel tempo. Si tratta di cercare una **legge di conservazione**. La legge di conservazione afferma che durante lo svolgimento di un fenomeno vi è una grandezza fisica che rimane costante, cioè non cambia valore nel tempo. Mentre le altre grandezze fisiche cambiano continuamente nel tempo, c'è ne una che si conserva sempre uguale a se stessa, dall'inizio alla fine.

La conservazione dell'energia meccanica.

L'energia cinetica e l'energia potenziale sono le due forme in cui si può manifestare l'energia meccanica. Durante il moto di un corpo esse assumono valori che in genere cambiano da istante ad istante.

Quando un sasso cade la sua energia cinetica aumenta, perché aumenta la velocità; la sua energia potenziale diminuisce, perché diminuisce l'altezza.

Ma se trascuriamo l'azione frenante dell'attrito dell'aria, anche se l'energia cinetica e quella potenziale cambiano valore durante la caduta, la loro somma rimane costante.

L'energia meccanica si conserva:

$$E_c + E_p = \text{cost} = \text{Energia Meccanica}$$

Se non vi sono attriti la somma dell'energia cinetica e dell'energia potenziale totale si mantiene costante durante il moto.

Se agiscono gli attriti l'energia meccanica non si conserva. **L'attrito fa diminuire l'energia meccanica** del sasso. La parte che manca è **trasformata in** un'altra forma di energia: l'**energia interna** dell'aria e del sasso. Questa energia si distribuisce fra le molecole del sasso e dell'aria e ne aumenta l'energia interna. L'aumento di energia interna è accompagnato da un **aumento di temperatura**. Infatti tutti i corpi sono fatti di molecole, e quando due corpi si urtano o si strofinano, le loro molecole sono messe in movimento più velocemente. Quindi l'energia meccanica che è apparentemente scomparsa si è in realtà trasferita alle molecole dei corpi tra cui si sono avuti gli urti o gli attriti. Questa energia di agitazione molecolare si chiama energia interna dei corpi. A causa degli attriti e degli urti essa aumenta e questo aumento si manifesta come aumento di temperatura.

Il lavoro è energia in transito.

Nel corso di tutti i processi in cui vi è trasformazione di energia, vi è una forza che compie lavoro. E' la forza di gravità per il sasso che cade.

Il lavoro fornisce una misura di quanta energia passa da una forma all'altra, trasformandosi per esempio da potenziale a cinetica e viceversa.

Un corpo possiede energia potenziale ed energia cinetica, ma non possiede lavoro.

Il lavoro è sempre compiuto da una forza e durante questo processo l'energia cinetica del corpo subisce qualche cambiamento. Quindi **il lavoro non è una forma di energia, ma è energia in transito.**

La trasformazione dell'energia.

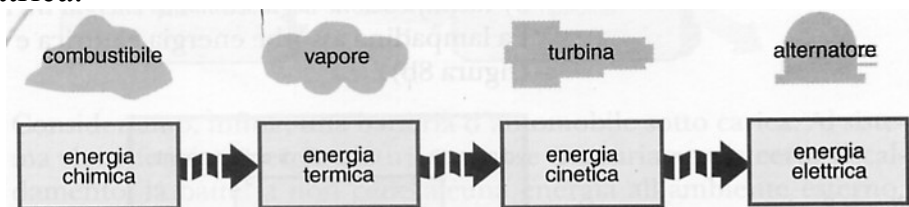
Esistono molte forme di energia che si trasformano continuamente l'una nell'altra. In una centrale nucleare, per esempio, l'energia nucleare immagazzinata nei nuclei di uranio si trasforma in energia interna del vapore che aziona le turbine, poi in energia meccanica delle turbine, ed infine in energia elettrica nell'alternatore.

In tutti questi processi l'energia non scompare mai, ma si trasforma, cioè cambia continuamente aspetto. Se misuriamo tutte le quantità di energia che intervengono in un processo, scopriamo che : **in un sistema isolato (cioè un sistema di corpi sul quale non agiscono forze esterne) l'energia totale si conserva.**

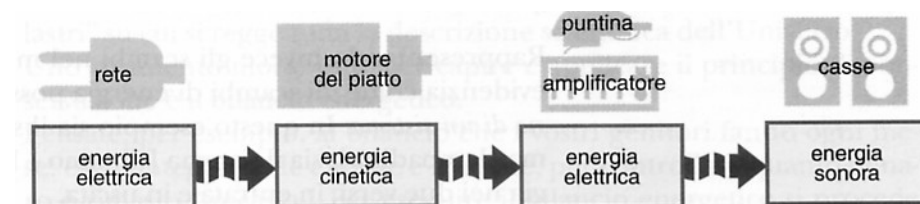
Questo è il principio di **conservazione dell'energia totale.**

Quindi **l'energia non può essere né creata, né distrutta, ma trasformata da un tipo all'altro.**

Riportiamo per esempio le trasformazioni che avvengono in una centrale termoelettrica.



L'energia chimica presente nel combustibile della centrale si può pensare come il risultato della trasformazione di energia solare accumulata da piante ed animali vissuti milioni di anni fa. L'energia chimica viene trasformata in energia interna del vapore, quindi in energia termica. Il vapore aziona la turbina e l'energia termica diventa energia cinetica. Nell'alternatore l'energia cinetica si trasforma in energia elettrica.



L'energia elettrica prodotta dalla centrale viene trasportata nelle nostre case. Noi preleviamo l'energia elettrica a casa nostra dalla presa, e la trasformiamo in energia

cinetica nella rotazione del piatto di un giradischi. Attraverso l'impianto acustico viene poi trasformata in energia sonora.

L'energia si degrada.

Si potrebbe pensare che l'energia sia riutilizzabile all'infinito per produrre lavoro utile. Le cose però vanno diversamente. I tipi di energia non sono tutti uguali. L'energia meccanica può essere sempre trasformata interamente in lavoro od energia interna. Non è così per **l'energia termica, che è generata dagli attriti e si disperde in buona parte nell'ambiente**. Quando una macchina funziona, non tutta l'energia in ingresso viene trasformata in energia meccanica in uscita, una notevole parte di essa si trasforma in calore che si disperde nell'ambiente. Questa energia non è riutilizzabile, perché si è **degradata**, contribuendo a riscaldare irreversibilmente l'ambiente.

A cura di Prof.^{ssa} Taccone Anna – ITIS 'Vallauri' di Reggio Cal. a.s. 2002/03

Bibliografia di testo e figure:

Ugo Amaldi, **Temi e immagini della fisica**, vol. U, Zanichelli, Bologna 1996

Ludovica Battista, Paolo Bernacchioni, **Costruire la fisica, per il biennio**, vol. C, SEI, Torino 1999