

Lezioni in [http://www.fisgeo.unipg.it/~fiandrini/didattica\\_fisica/did\\_fis1718/](http://www.fisgeo.unipg.it/~fiandrini/didattica_fisica/did_fis1718/)

Lez 9 24/10/17

Fisica Sperimentale e Applicazioni  
Didattiche

# Conservazione dell'energia

- Passando o trasformandosi l'energia si conserva (né si crea, né si distrugge)
- Se l'oggetto viene lasciato cadere la sua energia potenziale diminuisce mentre aumenta la sua energia cinetica  
 $Eg+Ec$  (energia meccanica totale)=costante
- Il viceversa avviene lanciando un oggetto verso l'alto
- Una palla che rimbalza: esempio apparente di non conservazione dell'energia
- Osservazioni sul tipo di rimbalzo di palle di materiale diverso (palla da tennis, pingpong, golf, sfere di acciaio, palline di piombo, palle di creta o di plastilina), misurare l'altezza del rimbalzo
- Discutere il rimbalzo dal punto di vista della conservazione dell'energia:
  - materiali “duri” (acciaio, palla magica) restituiscono dopo l'urto quasi tutta l'energia cinetica immagazzinata sotto forma elastica tornando molto rapidamente alla loro forma originale
  - materiali “soffici” tornano con difficoltà alla loro forma originale (sono meno elastici) restituiscono una frazione molto minore dell'energia

# Energia immagazzinata

- L'energia può essere immagazzinata
- Forza potenziale elastica immagazzinata in molle deformate o in elastici allungati
- Acqua di una diga: energia di posizione immagazzinata. Quando si fa scendere l'acqua, l'en. di posizione si trasforma in en. cinetica, mettendo in moto le turbine che la trasformano in energia elettrica.
- Energia muscolare immagazzinata: proviene dall'energia chimica dei cibi

# Costi energetici

- L'energia, dicono, si "conserva", ma occorre risparmiarla!
- Le forme utili di energia costano:
  - Energia elettrica – bolletta
  - Energia chimica dei combustibili-benzina, metano
  - Energia chimica dei cibi-fare la spesa
- **Unità di misura:**
  - nel SI, l'unità di misura dell'energia è il joule (simbolo J): 1 J è il lavoro fatto dalla forza di 1 N per uno spostamento di 1 m
  - Ma quant'è 1 J?
  - P.es. bambino di 20 kg sale un piano di scale (altezza 3m) consuma almeno  $200\text{N} \times 3\text{m} = 600\text{J}$
  - In realtà ne consuma molti di più: il costo energetico della sua attività è di almeno  $600+600=1200\text{J}$ , la resa energetica è  $600\text{J}/1200\text{J}=0,5$

# Energia

- Esempio: perche' se corriamo, si suda?
- Perche' il nostro corpo si riscalda!
- Si riscalda perche' parte dell'energia chimica immagazzinata nel nostro corpo, viene trasformata in calore dall'attrito dei muscoli!
- Piu' del 50% dell'energia che spendiamo per muoverci e' "sprecata" in attrito (dissipata)

# Potenza

- DA UN PUNTO DI VISTA PRATICO E' IMPORTANTE CONOSCERE NON SOLO IL LAVORO SVOLTO SU UN OGGETTO, MA ANCHE LA RAPIDITA' CON CUI IL LAVORO E' SVOLTO.
- SI DEFINISCE POTENZA LA RAPIDITA' CON CUI VIENE SVOLTO IL LAVORO.
- POTENZA MEDIA:  
$$\bar{P} = \frac{L}{\Delta t}$$
- POTENZA ISTANTANEA

$$P = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{L}{\Delta t} = \frac{dL}{dt}$$

Es: un impresario edile vuole portare un carico di mattoni in cima ad un edificio. E' facile calcolare il lavoro richiesto. Ma l'impresario e' molto piu' interessato alla rapidita' con cui puo' spostare il carico. Richiedera' 5 min (accettabile) o una settimana (inaccettabile)  
Tutto dipende dalla potenza dell'argano.

# Potenza

- LA POTENZA PUO' ANCHE ESSERE ESPRESA CONC (F COSTANTE):

$$P = \frac{dL}{dt} = \frac{d(\vec{F} \cdot \vec{s})}{dt} = \vec{F} \cdot \frac{d\vec{s}}{dt} = \vec{F} \cdot \vec{v}$$

- L'UNITA' DI MISURA DELLA POTENZA E' IL WATT

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

- NEL SISTEMA BRITANNICO DEGLI INGEGNERI SI USA IL CAVALLO VAPOR

$$1 \text{ CV} = 735.5 \text{ W} = 0.74 \text{ KW}$$

- NELLA PRATICA SI MISURA L'ENERGIA IN KWH

$$L = P \cdot t$$

$$1 \text{ KWh} = 1000 \text{ W} \cdot 3600 \text{ s} = 3.60 \cdot 10^6 \text{ J}$$

N. B. NELLA BOLLETTA DELL'ENEL SI PAGA L'ENERGIA E'  
NON LA POTENZA

# Energia e potenza

- Energia e' capacita' di compiere lavoro.
- La potenza e' quanto rapidamente possiamo erogare l'energia.
- → Avere potenza NON significa avere energia!
- "Alta potenza" significa capacità di erogare molta energia a un ritmo elevato, cioè in un tempo breve
- Nelle macchine: auto, elettrodomestici, lampadina, ecc.
- Quant'è 1 W? Bambino che eroga ca. 1200 J in 30 secondi => potenza=40Watt (come una lampadina)

# La misura dell'Energia

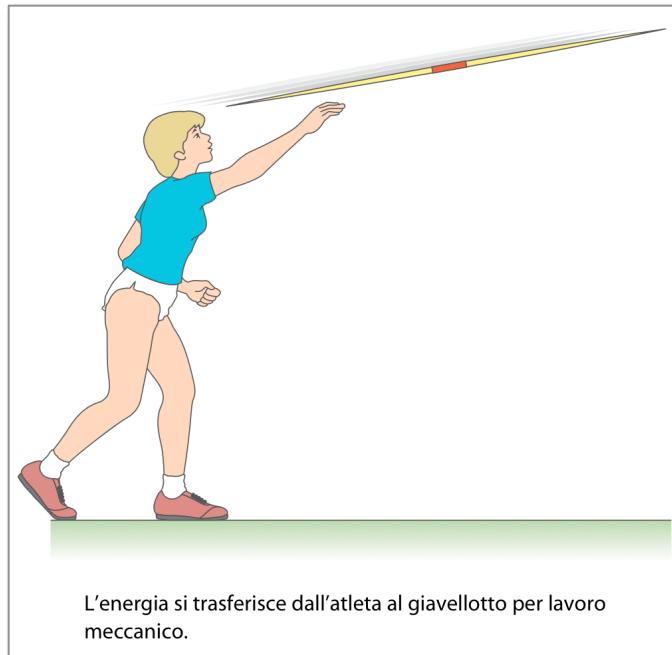
- Un'altra unità molto usata soprattutto per misurare il calore trasferito è la caloria (simbolo cal): occorre 1 cal per far aumentare di 1 grado centigrado la temperatura di 1 g di acqua
  - 1cal è circa uguale a 4J (esattamente 4,186 J)
- Un'altra unità, molto usata per le "macchine", è il kilowattora (kWh): è l'energia erogata da una macchina della potenza di 1 kW in un'ora (3600 secondi)

# I trasferimenti di energia

La Natura pone dei limiti ai trasferimenti di energia fra sistemi fisici: ogni volta che avviene un trasferimento di energia, una parte dell'energia si “degrada”, cioè non può essere trasformata in lavoro utile.

Per capirne la ragione, occorre “inventare” nuove grandezze fisiche di natura non meccanica ma termodinamica (eg calore, temperatura, energia interna, entropia).

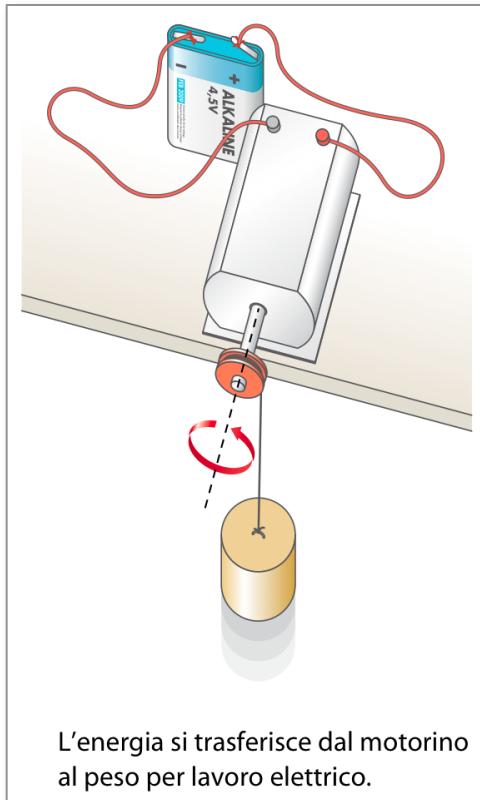
# I trasferimenti di energia



L'energia si trasferisce dall'atleta al giavellotto per lavoro meccanico.

- **L'energia si può trasformare**
- Quando un **corpo cade**, la sua **energia potenziale** si trasforma in **energia cinetica**.
- **L'energia si può trasferire**
- L'atleta, quando lancia il giavellotto, gli **trasferisce energia per lavoro meccanico**.

# I trasferimenti di energia



- **L'energia** si può **trasferire** per **lavoro elettrico**
- La **pila**, utilizzando la propria **energia chimica**, compie un **lavoro elettrico** sui **portatori di cariche elettriche** del circuito di collegamento.
- Questo **lavoro elettrico** consente al motorino di **sollevare il peso**.

# I trasferimenti di energia

- **L'energia può essere trasferita**

Quando si accende il **fuoco**, l' **energia chimica**

liberata nella combustione si trasferisce sotto forma di **calore** alla griglia, aumentandone la temperatura.

La trasmissione di energia tra corpi caldi avviene anche **a distanza** (e nel vuoto, come per le stelle), **per irraggiamento** di **onde elettromagnetiche**

L'energia si trasferisce dalla fiamma alla griglia per calore.



# I trasferimenti di energia

**La radiazione solare** può essere assorbita e poi trasformata da organismi viventi o da dispositivi **convertitori di energia**



TARAKI/SHUTTERSTOCK

- a** Le celle fotovoltaiche trasformano l'energia del Sole in energia elettrica.



VERONIKA VASILYUK/SHUTTERSTOCK

- b** Le piante trasformano l'energia solare in energia chimica.

Un convertitore di energia è caratterizzato da un **rendimento**:

$$\text{rendimento} = \frac{\text{energia utile}}{\text{energia assorbita}}$$

# La grandezza fisica “Energia”

Il concetto di energia è un concetto molto astratto, ma di importanza fondamentale non solo in fisica ma nella vita di tutti i giorni.

livelli superiori di astrazione:

la correlazione fra la grandezza fisica “Energia” e oggetti o fenomeni osservabili o intuibili è ancora più indiretta ...

⇒ l’energia appartiene a quest’ultimo livello

# *Il concetto di energia*

L'energia è una grandezza fisica "costruita" teoricamente perché *utile ed economica*

Le caratteristiche che rendono l'energia un concetto utile ed economico:

- ha *forme diverse*
- si può *trasformare* da una forma all'altra
- può essere *trasferita* da un oggetto all'altro
- può essere *immagazzinata*
- passando e trasformandosi l'energia *fa cose utili*
- si *conserva*
- si *degrada*

## *esempi dalla meccanica*



E. Fiandrini Fis. Sper. e  
Appl. Did. 1718

*La giostra a  
gravità:*

- *trasformare*
- *trasferire*
- *immagazzinare*

## *esempi dalla meccanica*



*la catapulta:*

- *trasformare*
- *trasferire*
- *immagazzinare*

## *esempi dalla meccanica*

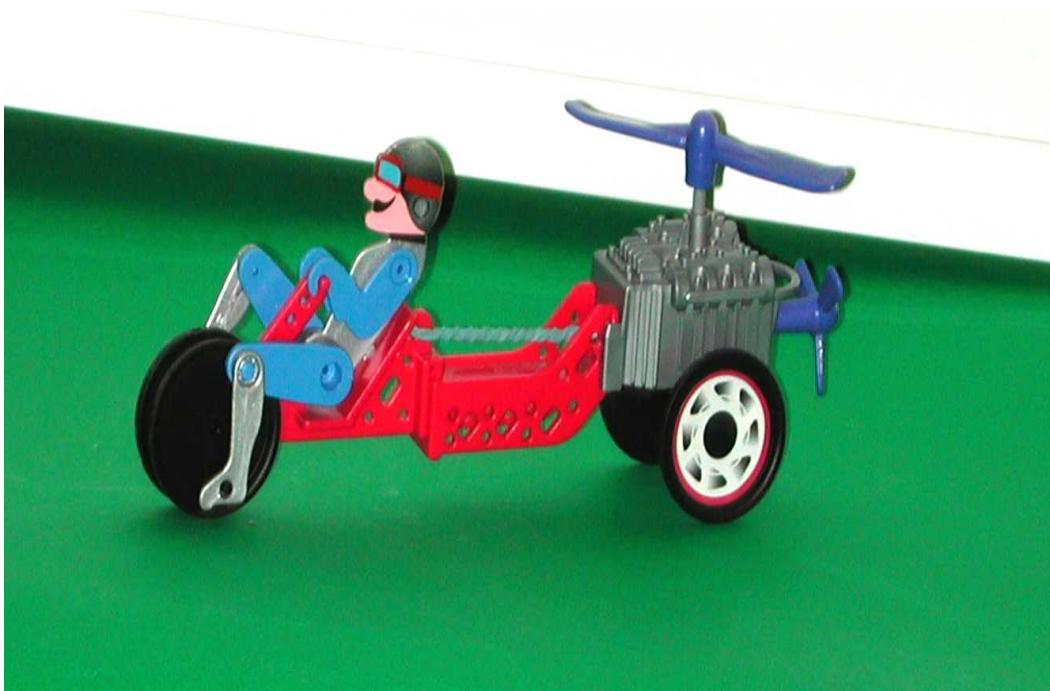


*il bottone sempre in moto:*

- *trasformare*
- *trasferire*
- *immagazzinare*

*Durante la messa in rotazione iniziale si accumula energia principalmente nell'avvolgimento del cordino (è sostanzialmente energia di tipo elastico). Tendendo il cordino, quest'ultima viene trasformata in energia di movimento rotatorio del bottone, che viene poi ritrasformata in energia di avvolgimento elastico del cordino, e così via. Il leggero movimento impresso dalle mani per rilasciare leggermente la tensione sul cordino in modo da facilitare il riarrotolamento, e quello successivo di applicare nuovamente la tensione per farlo srotolare, servono a comunicare una piccola energia al sistema cordino-bottone, che è sufficiente per vincere gli attriti, per cui il gioco può continuare all'infinito. Perché questo succeda occorre però una buona sincronizzazione!*

## *esempi dalla meccanica*



*la motocicletta:*

- *trasformare*
- *trasferire*
- *immagazzinare*

# (non) Conservazione dell'energia meccanica: attrito

ALTRÒ ESEMPIO : ATTRITO

- UN CORPO SI MUOVE IN UN PIANO ORIZZONTALE CON ATTRITO. LA VELOCITA' INIZIALE È  $v_0$ ; LA VELOCITA' FINALE È ZERO.

$$E_{\text{INIZIALE}} = U + K = mgy + \frac{1}{2}mv_0^2$$

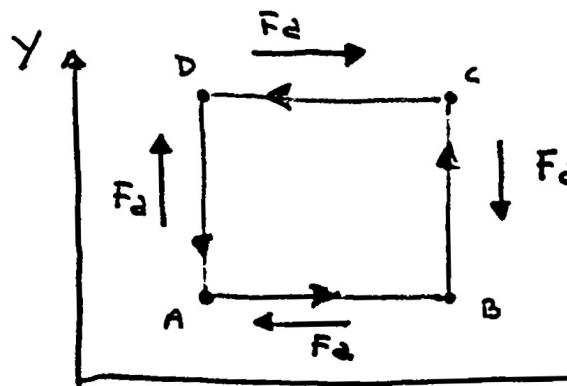
$$E_{\text{FINALE}} = U + K = mgy + 0$$

$$\Rightarrow E_{\text{INIZ.}} \neq E_{\text{FIN.}}$$

- L'ENERGIA MECCANICA NON SI È CONSERVATA. PERCHÉ?  
DURANTE IL MOTO HANNO AGITO DELLE FORZE NON CONSERVATIVE  
IN QUESTO CASO SI TRATTA DELLE FORZE DI ATTRITO.
- UNA FORZA È CONSERVATIVA QUANDO il lavoro compiuto dalle forze NON dipende dal percorso

# (non) Conservazione dell'energia meccanica: attrito

- UNA FORZA È CONSERVATIVA QUANDO  $\oint \vec{F} \cdot d\vec{s} = 0$   
VEDIAMO NEL CASO DELL' ATTRITO.

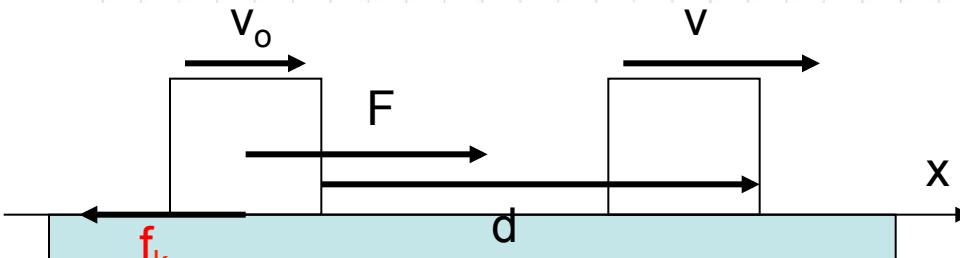


$$\vec{F}_a \cdot \vec{s} = -F_a \cdot s$$
$$\oint \vec{F}_a \cdot d\vec{s} < 0$$

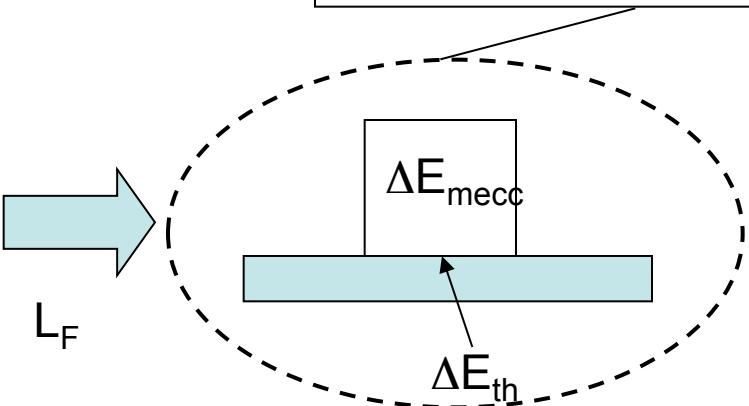
- LA FORZA DI ATTRITO È SEMPRE OPPOSTA ALLA VELOCITÀ, È QUINDI ALLO SPOSTAMENTO.
- LA FORZA DI ATTRITO COMPIE SEMPRE UN LAVORO NEGATIVO
- IN PRESENZA DI FORZE NON CONSERVATIVE NON SI CONSERVA PIÙ L'ENERGIA MECCANICA. VEDREMO CHE AGGIUNGENDO UN ALTRO INGREDIENTE (CALORE) SI RISTABILISCE LA CONSERVAZIONE DELL'ENERGIA (CHE NON SI CHIAMERA' PIÙ ENERGIA MECCANICA)

# (non) Conservazione dell'energia meccanica: attrito ed energia termica

- PRENDIAMO UN BLOCCO DI MASSA  $m$  E VELOCITÀ INIZIALE  $\vec{v}_0$  CHE SCIVOLA SU UN PAVIMENTO SOTTO L'AZIONE DI UNA FORZA ESTERNA, CHE LO SPINGE LUNGO  $x$  AUMENTANDONE LA VEL.  $v$  PER UNO SPOST.  $d$ .
- UNA FORZA DI ATTRITO DINAMICO  $f_k$ , ESPLICATA DAL PAVIMENTO, AGISCE SUL BLOCCO
- L'EQU. DI NEWTON È  $F - f_k = ma \Rightarrow a = \frac{F - f_k}{m} = \text{cost.}$   
 $\Rightarrow$  DOPO LO SPOST.  $d$  SI HA  $v^2 = v_0^2 + 2ad \Rightarrow$   
 $v^2 = v_0^2 + \frac{2d}{m} (F - f_k) \Rightarrow \frac{mv^2 - mv_0^2}{2} = Fd - f_k d \Rightarrow$   
 $Fd = (E_{kf} - E_{ki}) + f_k d = \Delta E_k + f_k d$



# (non) Conservazione dell'energia meccanica: attrito ed energia termica



- $F_d = \Delta E_k + f_k d$  IN UN CASO PIÙ GENERALE PUÒ ESSERE CI ANCHE VARIAB. DI  $V$  (P.ES. SE IL BLOCCO È SU UN PIANO INCLINATO  $\Rightarrow F_d = \Delta E_k + \Delta U_g + f_k d = \Delta E_{mecc} + f_k d$ .
- SAPPIAMO DALL'ESPERIENZA CHE BLOCCO E PAVIMENTO SI SCALDANO E AUMENTANO LA TEMPERATURA - VEDREMO CHE  $T$  È LEGATA ALL'ENERGIA TERMICA (Cfr. TERMODINAMICA)  $E_{th}$
- DA ESPERIMENTI SAPPIAMO CHE  $\Delta E_{th} = f_k d \Rightarrow$   

$$F_d = \Delta E_{mecc} + \Delta E_{th}$$

UNA PARTE DEL LAVORO EST. VARIA E<sub>th</sub>  
 SOLO UNA PARTE VARIA E<sub>mecc</sub> DEL SIST. BLOCCO + PAVIMENTO

# Energia meccanica e forze dissipative

Consideriamo un punto materiale che si sposta da A a B sotto l'azione di forze sia di tipo conservativo che dissipativo

Teorema dell' energia cinetica:

$$L = \Delta K$$

Calcolo del lavoro:

$$L = L_{cons} + L_{diss} = -\Delta U + L_{diss}$$

Uguagliando i secondi membri:

$$\Delta K = -\Delta U + L_{diss} \Rightarrow \Delta(K + U) = L_{diss} \Rightarrow \boxed{\Delta E_{mec} = L_{diss}}$$

- La variazione di energia meccanica è pari al lavoro delle forze non conservative
- Si può ristabilire la conservazione dell' energia (primo principio della termodinamica) introducendo altre forme di energia (es. energia termica)

# Conservazione dell'energia TOTALE

Abbiamo visto situazioni in cui viene trasferita energia tra corpi e sistemi, proprio come si trasferisce denaro da un conto all'altro.

In tutti i casi si puo' sempre verificare (sperimentalmente) da dove viene l'energia coinvolta; cio' induce a pensare che l'energia non puo' apparire e scomparire come per magia.

In un linguaggio formale, abbiamo sempre verificato che l'energia obbedisce al principio di conservazione dell'**energia TOTALE**, intesa come somma dell'**energia meccanica, dell'energia termica e di ogni altra forma di energia interna distinguibile dall'energia termica**

$$L = \Delta E_{\text{mecc}} + \Delta E_{\text{th}} + \Delta E_{\text{int}}$$

- L'energia meccanica comprende quella cinetica e ogni altra forma di en. potenziale (gravit., elastica o di qualsiasi altro tipo)
- L'energia interna comprende tutte le forme di energia non riconducibili agli altri due (es: elettrica, nucleare, di legame chimico, etc)

Il principio di conservazione dell'energia non proviene da principi piu' generali, ma e' il risultato INDOTTO da moltissime esperienze, cui tutt'oggi non e' mai stata trovata eccezione

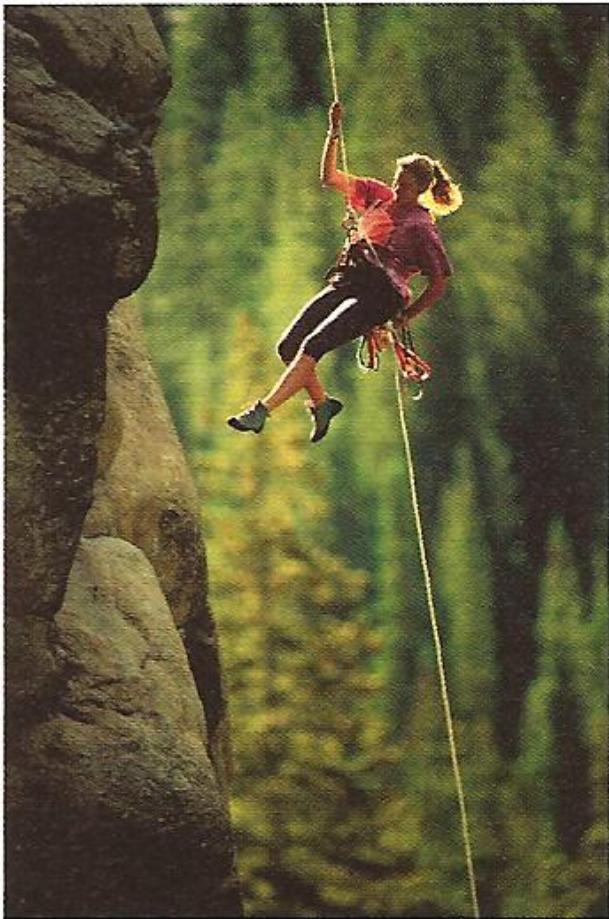
# Sistemi isolati ed energia totale

Quando parliamo di sistemi isolati, vogliamo dire che non possono avvenire scambi di energia tra il sistema e l'ambiente esterno, in tal caso  $L=0$  e si ha

$$0 = \Delta E_{\text{tot}} = \Delta E_{\text{mecc}} + \Delta E_{\text{th}} + \Delta E_{\text{int}}$$

L'energia totale di un sistema isolato non puo' cambiare  
MA...

ENTRO un sistema isolato possono avvenire molti trasferimenti di energia, p. es. tra energia cinetica e potenziale o tra energia cinetica e termica, in modo che il totale resti costante



**Figura 8.15** Per scendere la scalatrice deve trasferire parte dell'energia potenziale gravitazionale di un sistema costituito da lei stessa, la sua attrezzatura e la Terra. Ha avvolto la corda attorno ai moschettoni in modo che la corda faccia attrito sugli anelli dei moschettoni. Questo le consente di trasformare la maggior parte dell'energia in energia termica della corda e del metallo piuttosto che nella sua energia cinetica.

# L'energia

- Forme di energia
  - **MECCANICA** (potenziale e cinetica)
  - **ELETTRICA** (elettrostatica)
  - **MAGNETICA** (elettromagnetismo)
  - **CHIMICA** (reazioni e legami)
  - **NUCLEARE** (massa dei nuclei trasformate in energia)
  - ...

**Tutte riconducibili a Forza x Spostamento**

In tutti i casi, esse indicano la capacita' del sistema fisico di compiere lavoro, tranne il calore. Le forme che l'energia puo' assumere dipendono dalla natura dei sistemi fisici e dei processi implicati.

L'energia cinetica e' solo una delle forme che l'energia puo' assumere (quando si ha che fare con il moto)

# L'energia

- Perchè l'energia?
  - **descrive QUALUNQUE trasformazione**
    - **FISICA**
    - **CHIMICA**
    - **BIOLOGICA**
  - **Definizione: la capacità di un sistema di compiere **LAVORO**, ovvero di compiere trasformazioni da uno stato *iniziale* a uno stato *finale***
    - **Non ci interessa sapere se e come può avvenire la trasformazione**

# Alcune energie tipiche

Combustibile nucleare nel sole	$1 \ 10^{45} \text{ J}$
Esplosione di una supernova	$1 \ 10^{44} \text{ J}$
Combustibile fossile terrestre	$2.0 \ 10^{23} \text{ J}$
Energia usata in USA in un anno	$8 \ 10^{19} \text{ J}$
Esplosione vulcanica ( KraKatoa )	$6 \ 10^{18} \text{ J}$
Annichilazione di 1 Kg materia/antimateria	$9 \ 10^{16} \text{ J}$
Combustibile nucleare in un reattore tipico	$1 \ 10^{16} \text{ J}$
Esplosione nucleare ( 1 Mton)	$4.2 \ 10^{15} \text{ J}$
Fissione di 1Kg di uranio	$8.2 \ 10^{13} \text{ J}$
fulmine	$3.4 \ 10^7 \text{ J}$
Combustione di 1 litro di benzina	$3.4 \ 10^7 \text{ J}$
Energia alimentare umana (3000 Kcal)	$1.3 \ 10^7 \text{ J}$
Esplosione di 1 Kg di tritolo	$4.18 \ 10^6 \text{ J}$
Metabolizzazione di una mela (110 Kcal)	$4.6 \ 10^5 \text{ J}$
Energia cinetica di un uomo di corsa	$4 \ 10^3 \text{ J}$
Sollevamento sulle braccia	$3 \ 10^2 \text{ J}$
Fissione di un nucleo di Uranio	$3.2 \ 10^{-11} \text{ J}$
Annichilazione $e^+e^-$	$1.6 \ 10^{-13} \text{ J}$
Energia di ionizzazione dell' atomo di idrogeno	$2.2 \ 10^{-18} \text{ J}$ $13.6 \text{ eV}$

1 kcal (kilocaloria) =  $4.187 \times 10^3 \text{ J}$

1 eV (elettrone volt) =  $1.6021 \times 10^{-19} \text{ J}$

1 Mton TNT (mega ton equivalenti di tritolo) =  $4.18 \times 10^{15} \text{ J}$

# Come si “crea” l’Energia Elettrica ?

**Tramite particolari trasformazioni  
partendo da specifiche**

## **FONTI ENERGETICHE**

# Fonti Energetiche. Rinnovabili o non Rinnovabili ?

Con il termine energie **RINNOVABILI** si intendono le forme di energia prodotte da fonti di energia che per loro caratteristica intrinseca si rigenerano almeno alla stessa velocità con cui vengono consumate o non sono "esauribili" nella scala dei tempi "umani" .

## Fonti RINNOVABILI

Bacini montani

Sole

Vento

Calore della Terra

Maree

-----

## Fonti NON RINNOVABILI

Gas naturale

Petrolio

Carbone

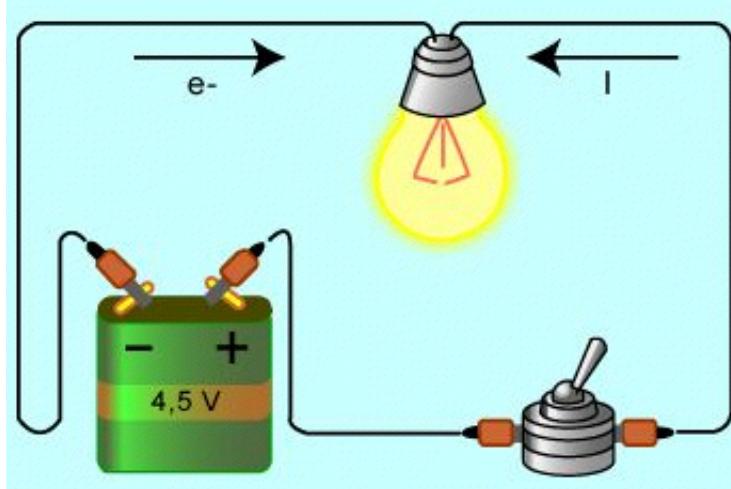
Isotopi dell' uranio

-----

Si chiamano **ALTERNATIVE** tutte quelle forme di energia “ alternative” alle tradizionali forme di energia derivanti da fonti fossili (petrolio, carbone, gas etc. )

# Energia Elettrica

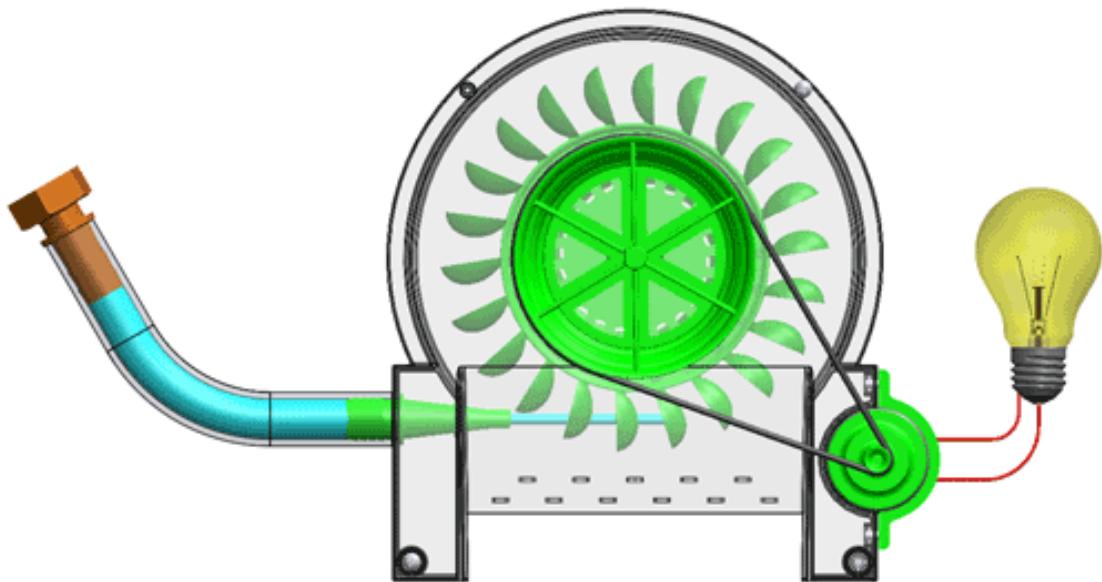
È associata alla **forza** che si esercita tra corpi carichi. Nell' attrarsi ( o respingersi) le cariche accelerano, acquistando **energia cinetica**



In un circuito elettrico le **cariche** si muovono da un capo all' altro formando la **corrente elettrica**

# Come si trasforma l' energia cinetica in energia meccanica ?

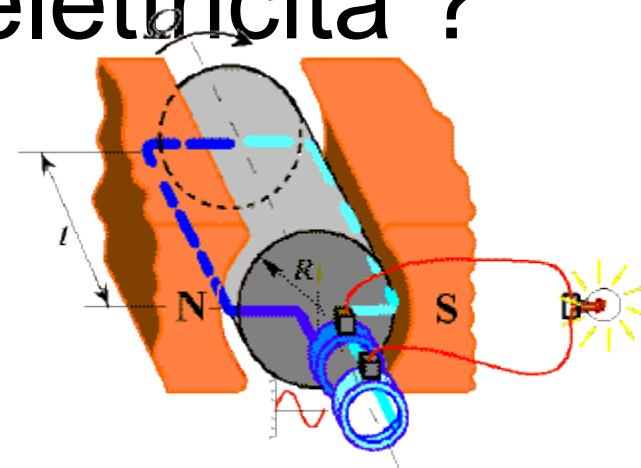
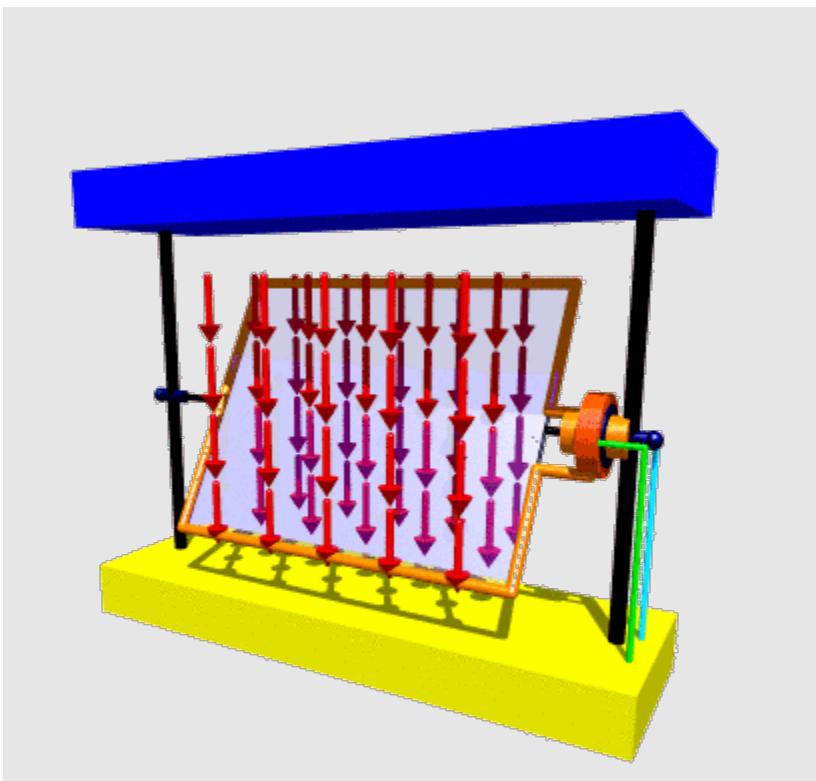
## Turbina



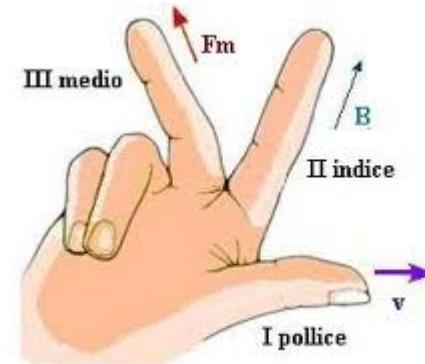
Una turbina è una macchina che converte l' energia cinetica e/o potenziale di un fluido, ad esempio acqua o vapore acqueo, e la trasforma in **energia meccanica**.

# Come si trasforma l' energia meccanica in elettricità ?

## Alternatore

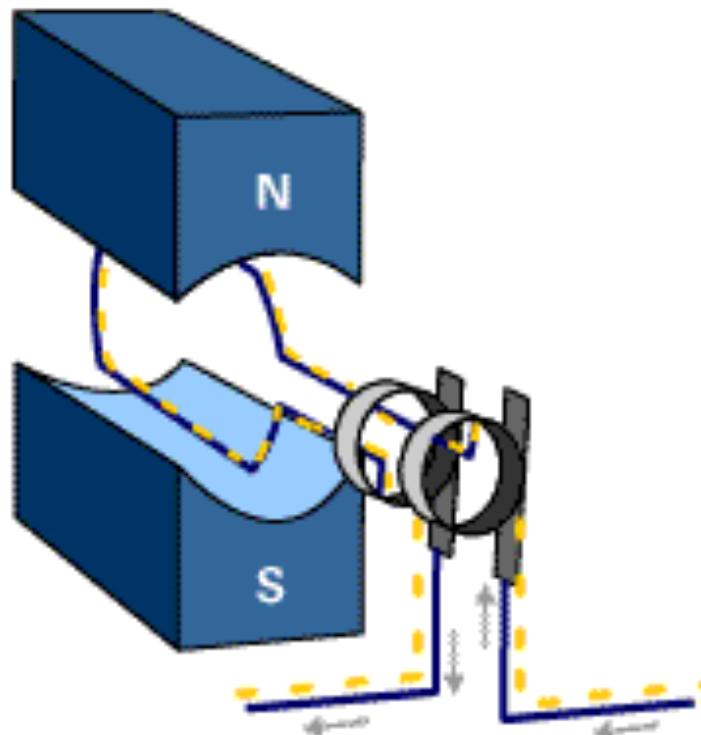


**Legge di Faraday-Neumann-Lenz**  
(Cfr. Elettromagnetismo)



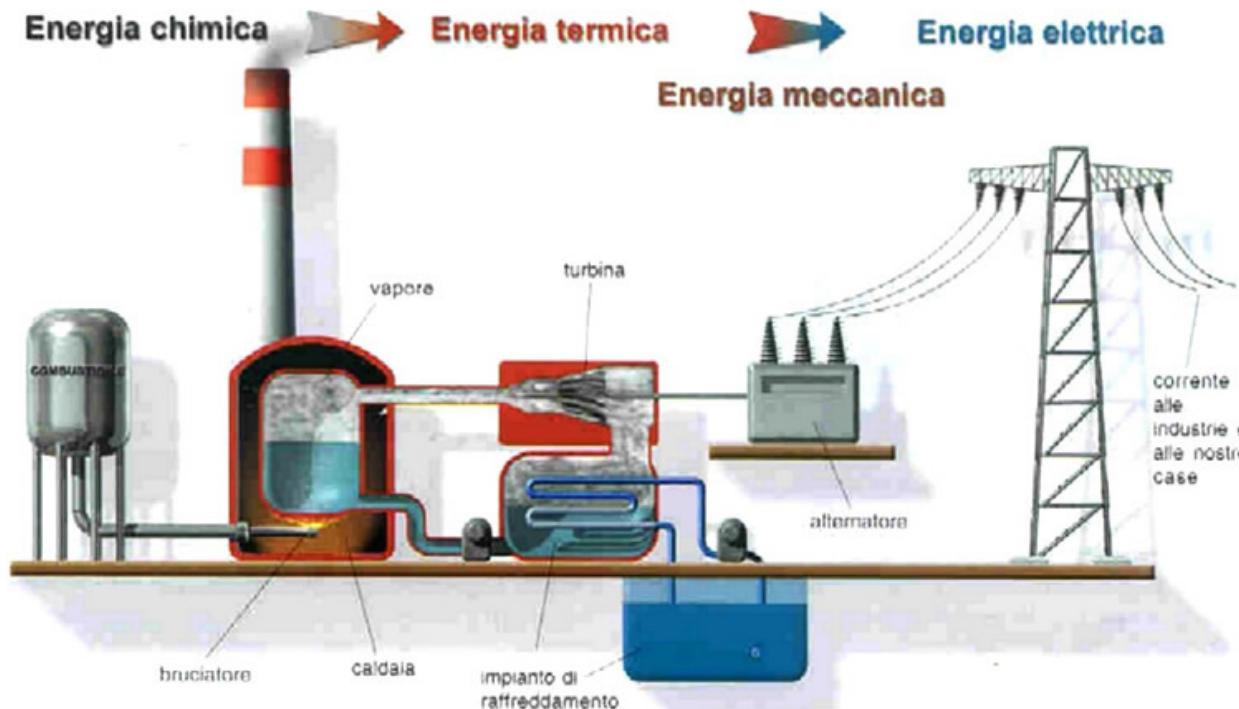
# Come si trasforma l' energia meccanica in elettricità ?

## Alternatore



# Centrale Termo – Elettrica

Una centrale trasforma l' energia termica generata dalla combustione in energia meccanica, che è poi trasformata in energia elettrica

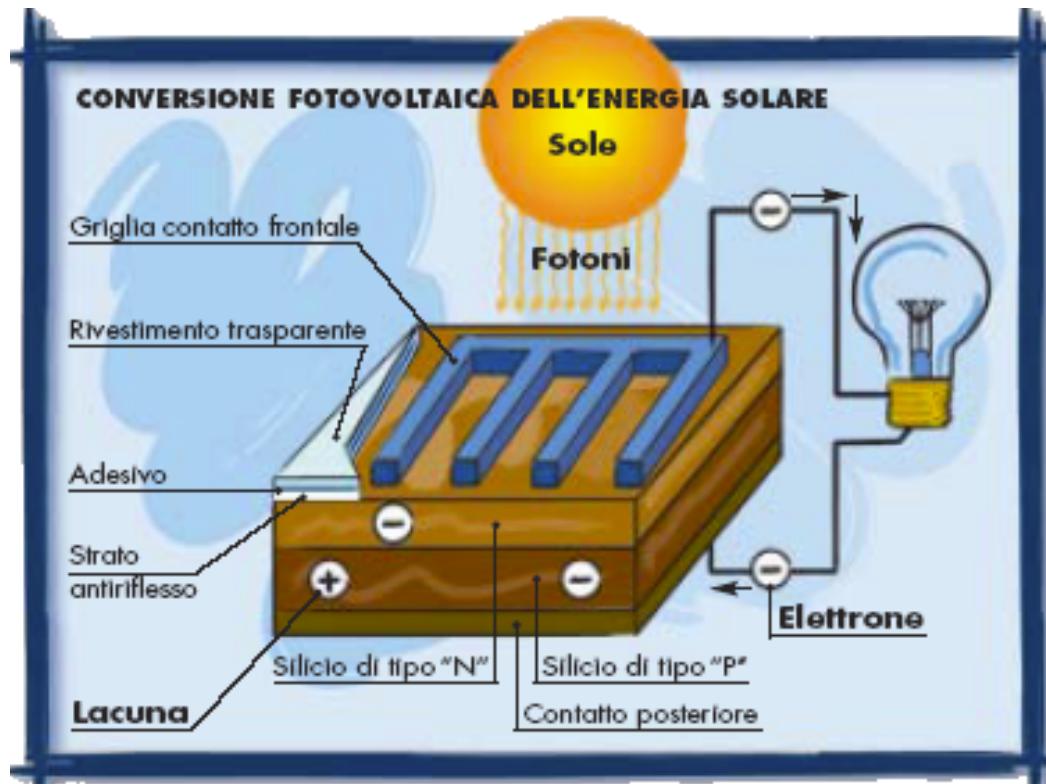


In Italia la componente termoelettrica rappresenta circa l' 80% del totale

Si ottiene dalla combustione di Gas, petrolio carbone ...

# Elettricità da ... IL SOLE – Effetto Fotovoltaico

Le celle fotovoltaiche trasformano l' energia solare in energia elettrica usando materiali semiconduttori



# IL SOLE – Impianti fotovoltaici

## Esempi Applicativi



**Impianto fotovoltaico  
a terra**

**Casa autosufficiente**



# Energia Elettrica da ... Il Vento

**Germania in testa  
con 4000 MW**



**Italia al 5° posto  
con 280 MW**

**La stessa produzione con  
una centrale a carbone  
emetterebbe nell' atmosfera  
22000 t di CO<sub>2</sub>,  
125 t di anidride solforosa  
43 t di ossido di azoto**

**Una fattoria del vento  
può produrre fino a 20  
milioni di kWh  
all' anno, sufficienti per  
7000 famiglie.**