



Università
degli Studi
di Ferrara

Dipartimento di Economia e Management

Corso di

Economia dell'Energia e dell'Ambiente

Fazioli –Lenza

Anno Accademico 2019-2020

FORME DELL'ENERGIA

Per ***FORME DELL'ENERGIA*** si intendono i
modi in cui essa può manifestarsi

Una prima classificazione si può fare in base alle modalità secondo cui essa è presente in un sistema (o corpo)

Con una prima classificazione l'energia si può distinguere nei tre seguenti modi:

- **Energia potenziale (posizione)**
- **Energia cinetica (di movimento)**
- **Energia interna (di stato del sistema)**

ENERGIA POTENZIALE

L' **Energia potenziale** è quella **immagazzinata** in un corpo, connaturata alla **posizione** che il corpo ha in un dato sistema di riferimento allorchè si trova in un campo di forze (es. campo gravità terrestre, campo elettrico, campo magnetico ecc.)

Es. Un corpo di massa “**m**” ad un’altezza “**h**” da terra (campo di gravità terrestre) ha un’energia potenziale **$U = mgh$** in cui “**mg**” è la **forza di gravità** e ritroviamo l’energia definita come prodotto scalare di **forza (gravità)** per **spostamento (h)**.

ENERGIA CINETICA

L' **Energia cinetica** è quella posseduta da un corpo in movimento .

Essa è esprimibile con la formula :

$$K = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} (m h/t^2) h = F h$$

Dalla formula sopraripotata si deduce ancora la definizione di energia come prodotto scalare di forza e spostamento essendo il termine (mh/t^2) il prodotto di una massa “**m**” per un’accelerazione “**h/t²**” nient’altro che una **forza “F”** (come risulta dal 2° Principio Dinamica)

ENERGIA INTERNA

L' **Energia interna** è l'energia connaturata allo **stato** del corpo (o del sistema) ed è esprimibile attraverso i parametri che caratterizzano tale stato.

In un **gas** l' **Energia interna "Y"** è esprimibile con la funzione

$$Y = f(p, V, T) \quad \text{con}$$

p (pressione), **V** (Volume), **T**(temperatura)

Dalla termodinamica sappiamo che l'equazione dello **stato** (energia interna) di un **gas perfetto** è **$pV = nRT$** e allora ritroviamo anche in questo che il prodotto **pV** (energia interna) equivale a "forza x spostamento".

Dopo aver definito le tre possibili forme in cui l'energia è presente in un sistema

(potenziale – cinetica – interna)

vediamo ora le forme in cui essa si può manifestare.

Esse sono le seguenti:

- Energia **meccanica**
- Energia **termica**
- Energia **radiante o elettromagnetica**
- Energia **elettrica e magnetica**
- Energia **chimica e nucleare**

ENERGIA MECCANICA

L' **Energia meccanica** (E) è la somma dell'**energia potenziale** (U) e dell'**energia cinetica** (K)

$$E = U + K$$

Infatti immaginando un corpo di **massa** m che è in caduta libera da un' **altezza** h con una **velocità** v nel dato istante esso ha un' **energia meccanica** E totale che è pari a:

$$E = mgh + \frac{1}{2} m v^2$$

in cui “ **mgh** ” è l'**energia potenziale** e $\frac{1}{2} m v^2$ l'**energia cinetica**

ENERGIA TERMICA

L' **Energia Termica (Q)** è l'energia posseduta da un corpo che abbia una temperatura superiore allo zero assoluto (-273,15 °C) esprimibile con la relazione:

$$Q = m c \Delta T$$

in cui “m” massa del corpo “c” calore specifico ΔT variazione di temperatura.

Essa non è altro che la quantità di calore “Q” che il corpo acquisisce (o perde) in conseguenza della variazione ΔT della temperatura e corrisponde all'energia cinetica posseduta dalle sue molecole

ENERGIA RADIANTE

L' **Energia Radiante (o elettromagnetica)** è quella forma di energia che si propaga (in atmosfera e nel vuoto) mediante onde elettromagnetiche (onde radio-luce- raggi X- raggi γ).

L'**onda elettromagnetica** trasporta i c.d. “**quanti di energia**” (costituenti elementari delle radiazioni) definiti “**fotoni**”.

Nella **Fisica quantistica** si postula che l'**onda elettromagnetica** è costituita da **quanti di energia (fotoni)** con proprietà sia ondulatorie che particellari (il fenomeno è noto come **dualismo onda-particella**).

Il **fotone** inteso come un “**quanto**” costitutivo della **radiazione elettromagnetica** possiede le proprietà di
onda-particella

Lo dimostrano ad es. risultati sperimentali quali :

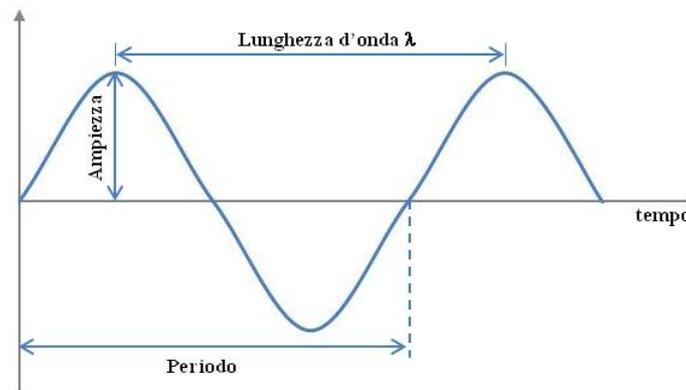
- Effetto fotoelettrico
- Effetto Compton

Effetto fotoelettrico: interazione tra **radiazione** e **materia** caratterizzato dall'emissione di elettroni da una superficie metallica, quando questa viene colpita da una **radiazione elettromagnetica (fotoni)**

Effetto Compton: deviazione **elettrone** - urto **fotone**

Le caratteristiche “dimensionali” dell’onda che trasporta l’energia radiante (elettromagnetica) sono:

- **Lunghezza d’onda** (λ)
- **Ampiezza**
- **Frequenza** (ν)
- **Velocità di propagazione** (c_p) [$c_p = \lambda * \nu$]



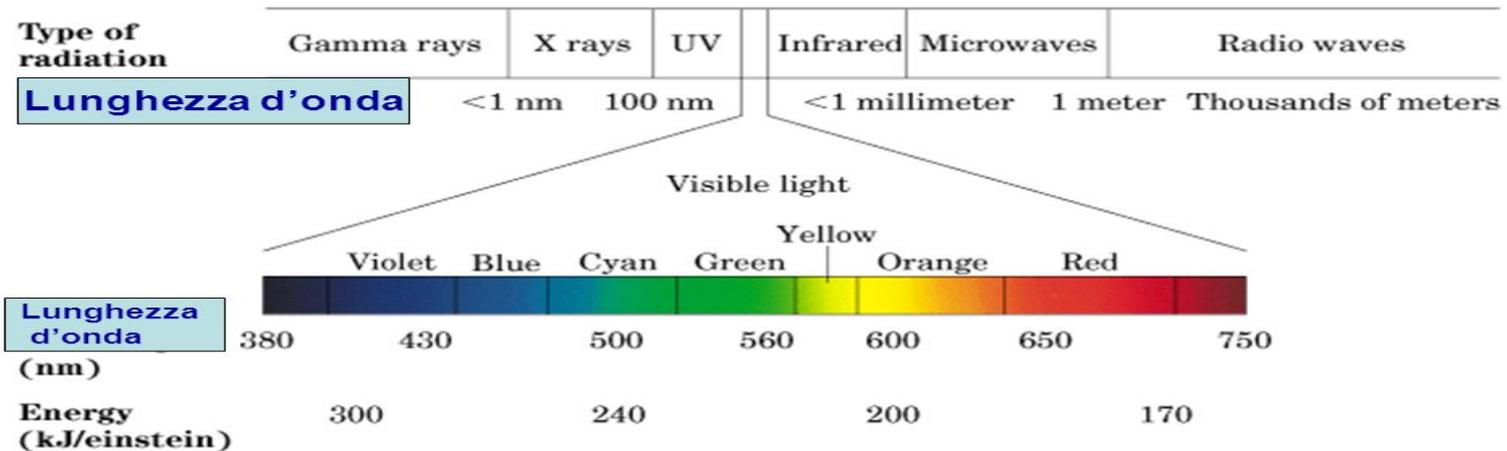
Lunghezza d'onda (λ) = distanza lineare tra due massimi successivi in un'onda; coincide con lo spazio percorso dall'onda in un periodo

Ampiezza = massimo spostamento dalla posizione di equilibrio

Frequenza (ν) = numero di oscillazioni del campo in un secondo

Periodo (T) = Tempo necessario a compiere un'oscillazione completa

SPETTRO RADIAZIONI ELETTROMAGNETICHE



SPETTRO DELLE RADIAZIONI ELETTROMAGNETICHE

Nella regione del VISIBILE: radiazioni che possono essere percepite dall'occhio umano

Radiazioni a bassa lunghezza d'onda e ad elevata frequenza: **elevata energia**

Elevata lunghezza d'onda ed a bassa frequenza: **bassa energia**

La **luce solare (visible light)** è costituita da onde che si propagano alla velocità **$c_p = 300.000 \text{ km/s}$**

ENERGIA ELETTRICA

L' **energia elettrica** è quella forma di energia connessa al movimento di cariche elettriche :

- Negative – elettroni
- Positive – protoni

L'**energia elettrica** (o anche corrente elettrica) è un flusso ordinato di elettroni che si muovono lungo un conduttore (intendendosi per tale un corpo che si lascia attraversare dalle cariche elettriche).

Buoni conduttori sono tutti i metalli - non è un buon conduttore il legno. I materiali che non trasmettono la corrente si dicono isolanti.

L'energia elettrica (corrente elettrica) può essere di due tipi:

- Corrente continua (sigla CC)
- Corrente alternata (sigla AC)

Le grandezze caratteristiche di una corrente (sia continua che alternata) sono:

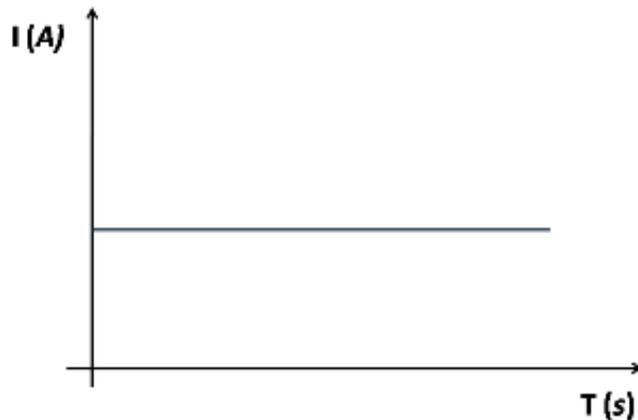
- *Tensione V (potenziale)* si misura in Volt - **V**
- *Intensità I* si misura in Ampere - **A**

La *tensione (V)* è il parametro da cui dipende il flusso degli elettroni mentre l'*intensità (I)* è la quantità di cariche che attraversano il conduttore in un secondo.

La corrente continua che utilizziamo nelle comuni batterie ha tensione di 1,5 V - fino a 9 V.

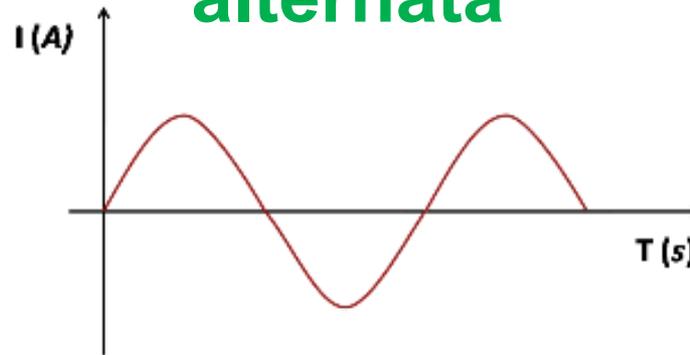
La corrente alternata che utilizziamo nelle abitazioni ha tensione di 220 V. Per gli usi industriali la tensione è 380V.

Rappresentazione del flusso della corrente continua



Intensità di corrente costante
nel tempo

Rappresentazione del flusso della corrente alternata

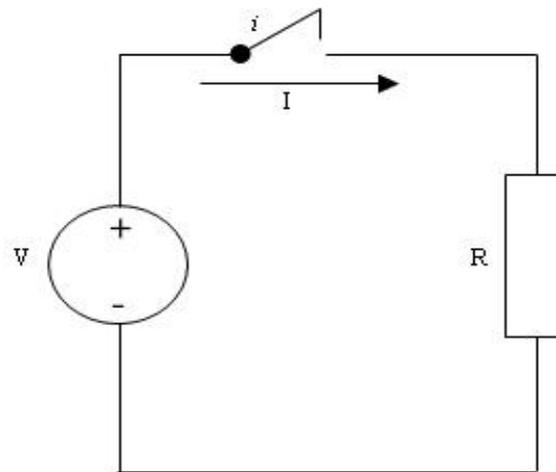


Per la **corrente alternata** viene definito anche un terzo parametro che è la frequenza “f” considerato il tipo di flusso con cui essa si propaga.

Nella **corrente alternata** il flusso (dato l'andamento sinusoidale) si inverte per cui la frequenza rappresenta il numero di oscillazioni dell'onda in un secondo. Abbiamo due tipi di frequenze **50 Hz – 60 Hz**.

Utilizzazione della corrente elettrica

La **corrente elettrica** (sia continua che alternata) si utilizza in un **circuito elettrico** di cui allo schema rappresentato di seguito



- i = Interruttore
- I = Intensità di Corrente
- V = Generatore
- R = Utilizzatore

Leggi fondamentali della corrente elettrica

Legge di Ohm

$$\Delta V = R I$$

Effetto Joule

$$Q = R I^2 t$$

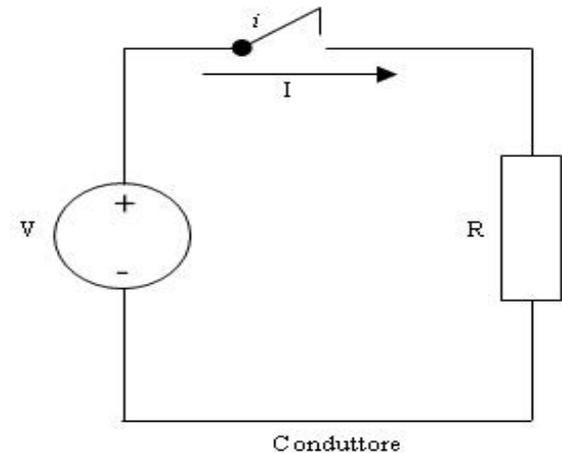
Con

ΔV = caduta di tensione

R = resistenza

I = Intensità di corrente

t = tempo del flusso di corrente



i = Interruttore
 I = Intensità di Corrente
 V = Generatore
 R = Utilizzatore

Macchine ed apparecchi elettrici

Convertitore AC-DC

apparecchio che trasforma la corrente alternata in continua

Inverter

apparecchio utilizzato impianti fotovoltaici per la trasformazione da corrente continua in alternata

Alternatore o Generatore

macchina rotante che produce corrente alternata utilizzando energia meccanica

Dinamo

macchina rotante che produce corrente continua utilizzando energia meccanica

Raddrizzatore

macchina statica che trasforma la corrente alternata in una corrente unidirezionale

Trasformatore

macchina statica che attraverso due circuiti modifica la tensione e l'intensità di corrente

CAMPO ELETTRICO E MAGNETICO

Il **campo elettrico** è la **regione dello spazio** in cui una carica elettrica (positiva o negativa) esercita la sua **influenza**.

Una **carica elettrica in movimento** genera sia un campo elettrico sia un campo magnetico.

Ogni **radiazione elettromagnetica** ha associato a sè un campo elettrico ed un campo magnetico

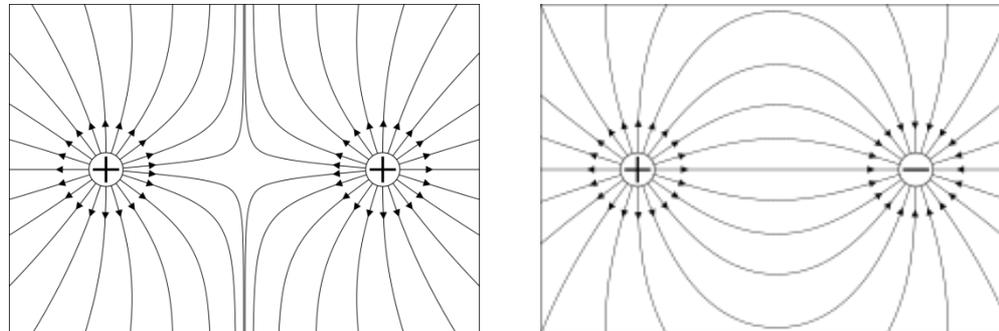
LEGGE DI COULOMB

Nella figura riportata di seguito sono rappresentate le linee di forza di due **campi elettrici** associati a cariche elettriche dello stesso segno o di segno diverso.

L'andamento delle linee di forza evidenzia che cariche dello stesso segno si attraggono e quelle di segno diverso si respingono con una **forza F** espressa dalla

legge di Coulomb $F = k q_1 q_2 / r^2$

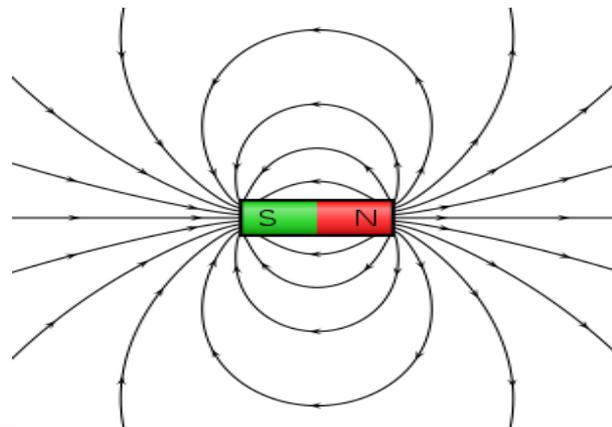
in cui “ q_1 ” e “ q_2 ” sono i valori delle cariche e “ r ” la loro distanza.



ENERGIA MAGNETICA

Il magnetismo (o l'energia magnetica) è la proprietà che hanno alcuni corpi (c.d. magneti) di attrarre a sé pezzi o polvere di ferro.

Ogni magnete è sempre composto da due poli (N e S) e crea intorno a sé un campo magnetico nel quale le linee di forza vanno esternamente dal polo N verso il polo S.

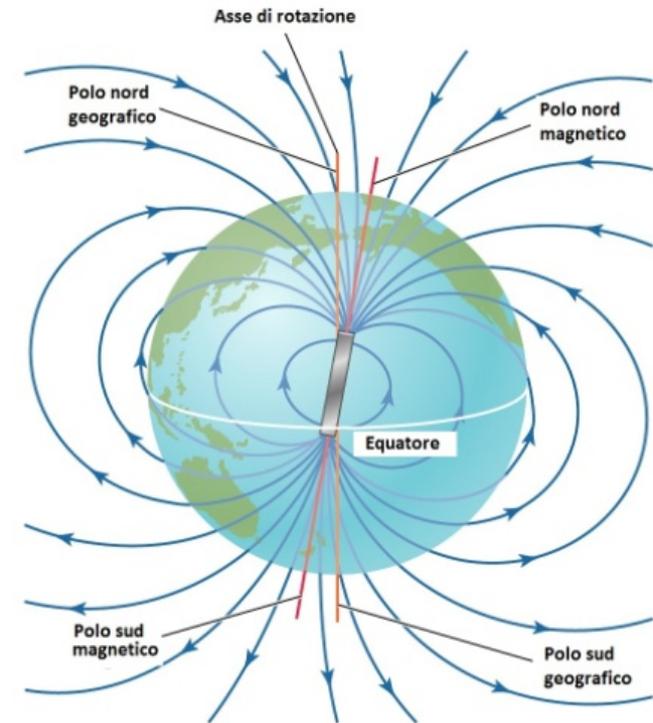


Non tutti i metalli si magnetizzano per cui in base alle loro proprietà magnetiche essi si possono classificare in:

- Ferromagnetici quelli che si magnetizzano molto bene
(Ferro)
- Diamagnetici quelli non si magnetizzano affatto
(Rame, Oro)
- Paramagnetici quelli che si magnetizzano poco
(Alluminio, Platino)

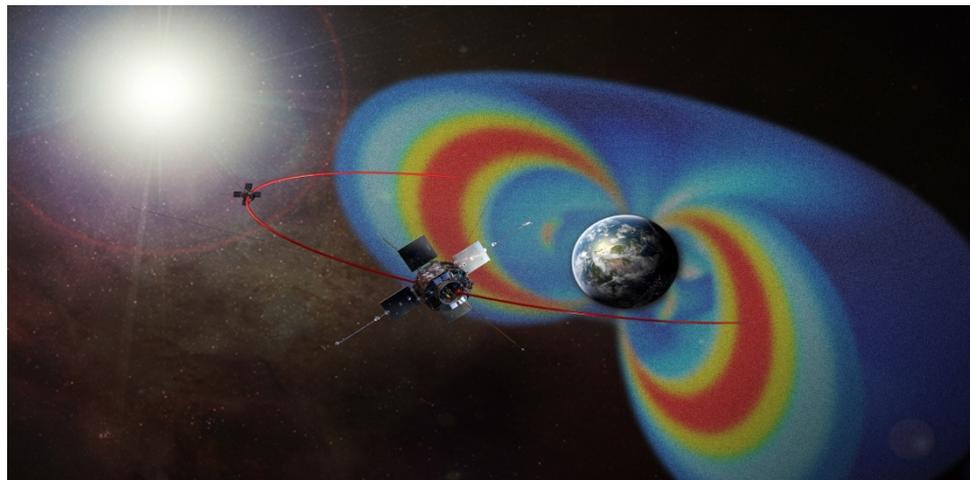
MAGNETISMO TERRESTRE (1/3)

La Terra è un grosso dipolo magnetico i cui poli non coincidono con quelli geografici ma sono su un asse inclinato di circa $11,5^\circ$ rispetto all'asse terrestre



MAGNETISMO TERRESTRE (2/3)

La Terra per effetto del suo magnetismo dà origine ad una zona di protezione, uno “**scudo elettromagnetico**” detto “**Magnetosfera**” all’interno della quale si trovano le c.d. Fasce di Van Allen (toroidi rossi della figura) che deviano i **raggi cosmici** e tutte le **particelle** riducendo la quantità che raggiunge il suolo



MAGNETISMO TERRESTRE (3/3)

Il **magnetismo terrestre** secondo alcune teorie scientifiche si originerebbe dai moti convettivi in atto nel **nucleo esterno liquido** della Terra composto da **Ferro** (in prevalenza) e **Nichel**.

A queste correnti sarebbe dovuto anche il fenomeno dell'**inversione dei poli magnetici terrestri**. Il **nord magnetico** potrebbe spostarsi sempre più verso sud fino a raggiungere la **regione del Polo Sud**.

In conseguenza di ciò lo **scudo cosmico** si indebolisce e cambia forma e orientamento.

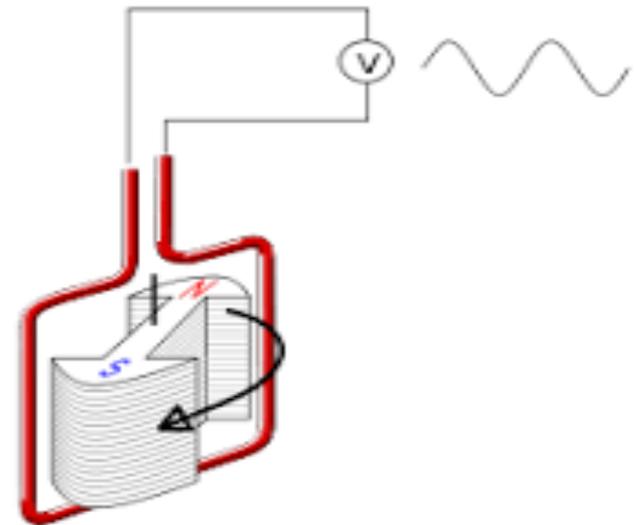
L'inversione, già avvenuta in passato, sembra rispettare cicli di 600.000 -700.000 anni

EFFETTI DEL CAMPO MAGNETICO

Il **magnetismo** è utilizzato per produrre **energia elettrica** sfruttando l'effetto del c.d.

“fenomeno di induzione elettromagnetica”

Facendo muovere una spira in un campo magnetico oppure (in modo del tutto equivalente) un magnete con il suo campo all'interno di una spira si **genera una corrente alternata**.



ENERGIA CHIMICA

L' **energia chimica** è l'energia connessa alle reazioni chimiche, immagazzinata nei legami dei composti chimici.

Essa può essere:

- **rilasciata** durante la reazione chimica (**esotermica**)
- **richiesta** durante la reazione chimica (**endotermica**)

Un esempio di reazione chimica endotermica (che assorbe **energia solare**) è la **reazione di fotosintesi**



NUMERO ATOMICO – NUMERO DI MASSA – ISOTOPO

Numero atomico = **Numero di protoni** presenti nel nucleo
di un dato elemento

Es. H[1+] idrogeno - He[2+] Elio ecc.

Numero di massa = **Somma del numero di protoni e dei neutroni** presenti nel nucleo di un dato elemento

Es. H (1=1p) idrogeno – ^2H (2=1p+1n) deuterio – ^3H (3=1p+2n) trizio

Isotopo = Atomo dello **stesso elemento avente diverso numero di massa** (cioè diverso numero di neutroni nel nucleo)

Deuterio ,Trizio (isotopi di H_2) - U236, U238 (isotopi uranio U235 fiss.)

ENERGIA NUCLEARE

L'**energia nucleare** è l'energia che si origina a seguito di una reazione che avviene nel nucleo dell'atomo, costituito da protoni (particelle a carica positiva) e neutroni (particelle a carica neutra).

Le reazioni nucleari possono essere di due tipi:

- Fissione (o scissione) nucleare si bombarda nucleo con protoni
 - Fusione nucleare richiede altissime temperature

Nel Sole (temperatura interna circa 15 milioni di gradi Kelvin) avviene una Fusione. Ogni secondo 600^6 ton di H_2 si trasformano in 595,5 milioni di ton di He - 4,5 milioni di ton si trasformano in energia ($E=mc^2$).

REAZIONE DI FISSIONE – IMPIEGO DI URANIO U235

Uranio in natura: composto da U238 (99,3%) e U235 (0,7%)

• Nella reazione di fissione nucleare si bombarda con neutroni il nucleo di un elemento chimico pesante (es. uranio arricchito contenente U235 dal 3% al 7%, U238 dal 93% al 97% e tracce di U234).

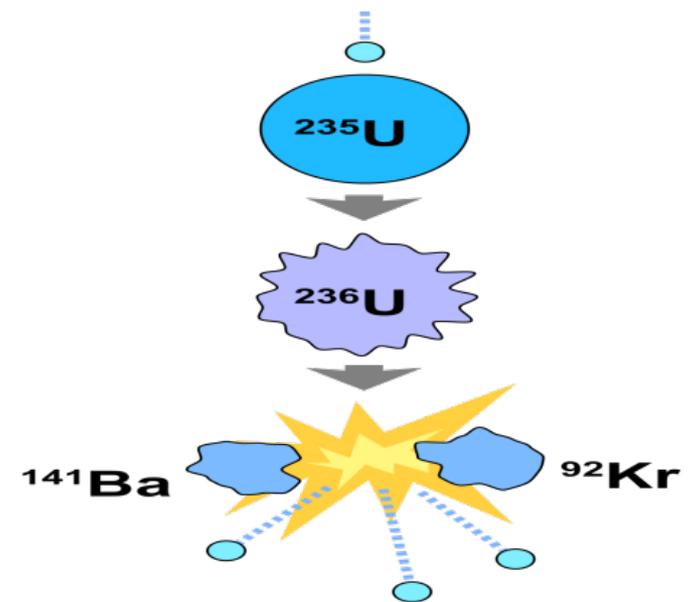
• A seguito di tale bombardamento si producono due nuclei atomici più piccoli (Kr Krypton – Ba Bario) e si originano altri neutroni che vanno a bombardare gli ulteriori atomi dell'isotopo U235 (reazione a catena). I due nuclei di Kr e Ba hanno una minor massa complessiva rispetto all'U235 di partenza.

• La massa mancante si è trasformata in **Energia $E = mc^2$**
1g di materia equivale a $E \approx 324.000.000$ kWh

SCHEMA DELLA REAZIONE NUCLEARE DI FISSIONE

L'elemento fissile della reazione di fissione è solo l'U235

I neutroni prodotti nella reazione sono neutroni veloci non in grado di sostenere la reazione, per cui devono essere rallentati con **materiali moderatori** (deuterio). Alcuni neutroni veloci vengono assorbiti dall'U238 (controllo della reazione nucleare) mentre quelli rallentati attivano altro bombardamento dell'U235 (*alimentazione reazione a catena*)



I sottoprodotti finali della reazione nucleare sono le c.d. scorie : *attinoidi* (plutonio = $U230+n$), (nettunio = $U235+n$), *torio*, *cesio*, *stronzio*, *iodio* ecc.

Nella bomba atomica si usa invece uranio arricchito con l'isotopo $U235$ presente fino al 90%

L'arricchimento dell'uranio si ottiene a partire dal gas esafluoruro di uranio UF_6 mediante due processi:

- DIFFUSIONE GASSOSA: il gas UF_6 si fa passare attraverso setti porosi
- CENTRIFUGAZIONE POROSA : il gas UF_6 si mette in rotazione

Il gas UF_6 contenente $U235$ è più leggero di quello che contiene $U238$

- Nella **diffusione** UF_6 con $U235$ si separa perché filtra più facilmente
- Nella **centrifugazione** UF_6 contenente $U238$ si raccoglie in periferia e quello contenente $U235$ nella parte centrale della centrifuga.

REAZIONE DI FUSIONE NUCLEARE

La reazione di fusione nucleare è l'inverso della fissione perché in essa, anziché dividere in due parti un atomo pesante, si uniscono due atomi leggeri per formarne uno più pesante. (Si attiva ad altissime temperature)

E' il tipo di **reazione che si genera nelle stelle (Sole)** e che sviluppa una grande quantità di energia.

L'elemento necessario per la fusione nucleare è l'idrogeno (H₂) presente sulla Terra in quantità virtualmente illimitate.

REAZIONE DI FUSIONE NUCLEARE

Nel Sole ($T_i = 15$ milioni gradi °K) con la fusione [Protone + Protone] di due nuclei di idrogeno ogni secondo si ha che :

**600 milioni di ton di H_2
si trasformano in
595,5 milioni di ton di He**

Ogni secondo una **massa [$m = 4,5$ milioni ton]** si trasforma in una **enorme quantità di energia** secondo la

legge di Einstein $E = mc^2$

CLASSIFICAZIONE DELLE FONTI DI ENERGIA

Le **fonti di energia** si possono classificare in:

1. **Primarie** utilizzabili come si trovano in natura
2. **Secondarie** derivano da trasformazione delle primarie.

Le principali **fonti di energia utilizzate** sono:

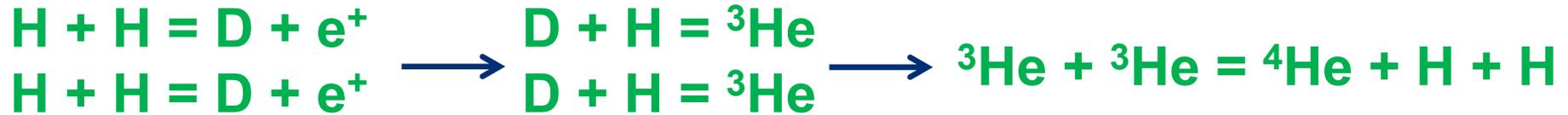
1. Fonti di **energia fossile** (carbone, petrolio, gas naturale)
2. Fonti di **energia fissile** (nucleare – uranio)
3. Fonti di **energia rinnovabile** (no uso combustibili fossili)

Le fonti di energia si possono classificare in:

- **Riserve** (fonti note di cui si conosce la dislocazione e la quantità per le quali si dispone anche della tecnologia per il loro sfruttamento)
- **Risorse** (fonti non conosciute perché non scoperte o per le quali non vi è tecnologia idonea per il loro sfruttamento)

REAZIONE DI FUSIONE NUCLEARE NEL SOLE

Le reazioni nucleari che avvengono nel Sole sono le seguenti:



dove:

1. H è l'atomo di idrogeno;
2. e^+ è un positrone, particella subatomica di carica positiva;
3. D è il deuterio ossia l'isotopo dell'idrogeno avente un neutrone nel nucleo;
4. ${}^3\text{He}$ è elio leggero, isotopo con $Z=3$ avente nel nucleo un solo neutrone;
5. ${}^4\text{He}$ è elio con $Z=4$, elemento avente nel nucleo due protoni e due neutroni.

Insomma per produrre un ${}^4\text{He}$ occorrono due ${}^3\text{He}$

Nel bilancio complessivo la massa dell'elio ${}^4\text{He}$ originatosi è leggermente inferiore alla massa dei quattro atomi di idrogeno H e questa differenza pari a $0,04803 \cdot 10^{-24}$ g si è trasformata in energia

secondo la legge

$$E = mc^2$$

CLASSIFICAZIONE DELLE FONTI DI ENERGIA

ENERGIE ALTERNATIVE

Le energie alternative sono quelle fonti energetiche che non prevedono l'uso di combustibili fossili.

Sono energie alternative:

1. *Energia solare*
2. *Energia idraulica*
3. *Energia marina*
4. *Energia eolica*
5. *Energia geotermica*
6. *Energia da biomassa*
7. *Energia nucleare*

RAPPRESENTAZIONE DELLE FONTI DI ENERGIA

