

Richard Feynman (1918-1988)

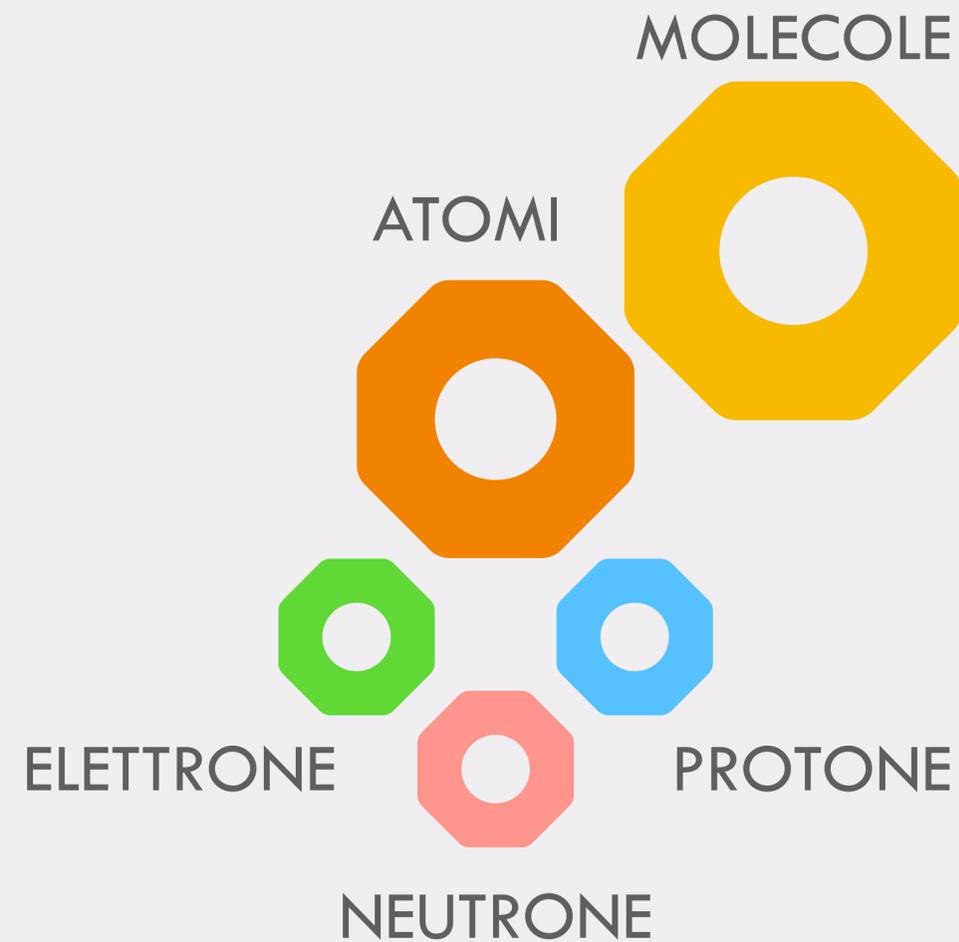


"Sei pezzi facili"

"Se in un **cataclisma** andasse distrutta tutta la conoscenza scientifica, e soltanto una frase potesse essere trasmessa alle generazioni successive, quale affermazione conterrebbe la **massima quantità di informazioni** nel *numero minimo di parole?*"

"Io credo che sarebbe l'**ipotesi atomica** [...] secondo cui tutte le cose sono fatte di **atomi** [...]. In questa singola frase c'è un'enorme quantità di informazione sul mondo che ci circonda, se soltanto ci si riflette sopra con un po' di immaginazione."

Perché proprio gli **atomi**?



“ipotesi atomica [...] secondo cui tutte le cose sono fatte di atomi ”



“ipotesi quantistica: tutte le cose sono fatte di **quanti**”

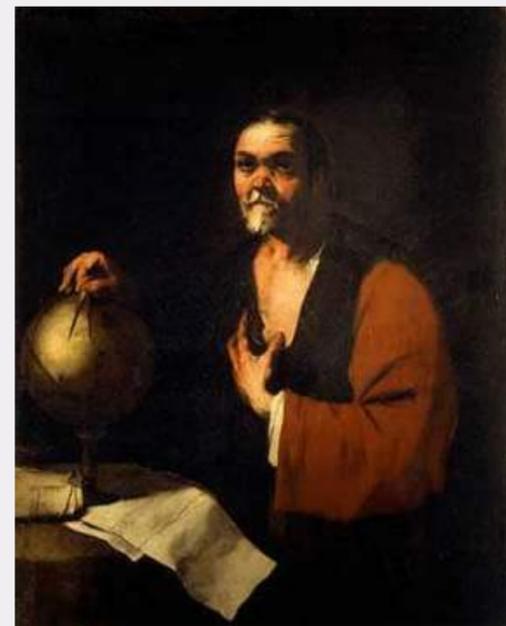
La nascita dell'idea di **QUANTO**

Breve storia, dalla Grecia al Medioevo.





Leucippo (V secolo a.C.)



Democrito (V secolo a.C.)

I primi filosofi greci



1

ESSERE e NON ESSERE

ESSERE = pieno di materia
NON ESSERE = vuoto



2

La MATERIA

La materia è costituita piccole
particelle non divisibili:
ATOMI

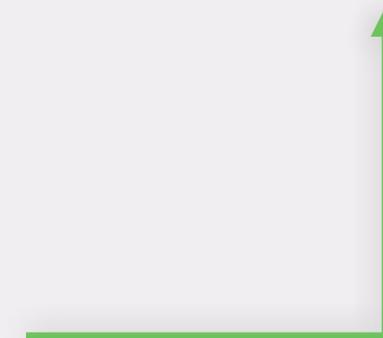


3

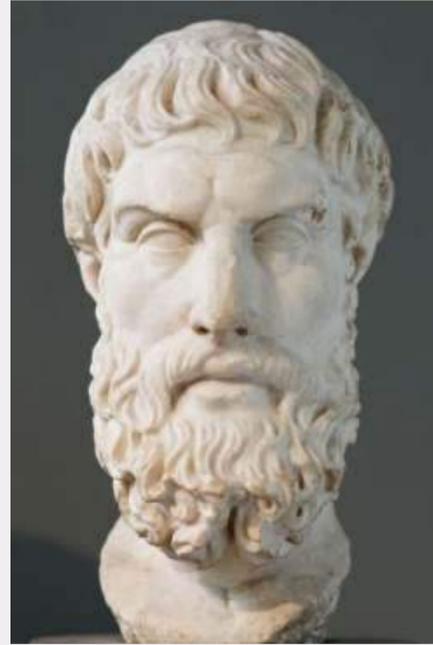
ATOMI

- Eterni
- Immutabili
- Si muovono nel vuoto

Nulla si **crea** e nulla si **distrugge**
ma tutto si **trasforma** nel tempo



Diverse idee

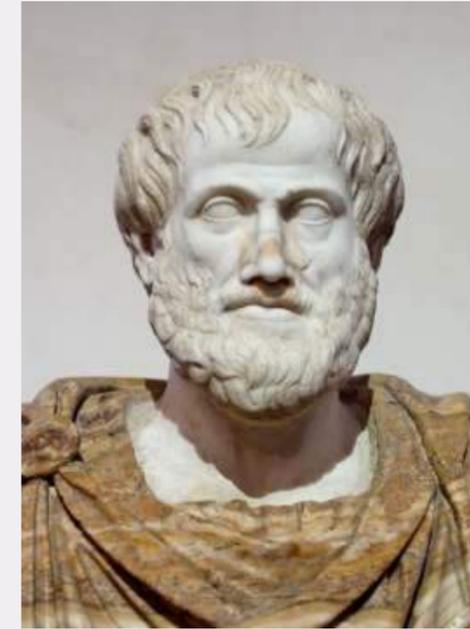


Epicuro (341–270 a.C)



ATOMISTA

Riprende le idee di Democrito e Leucippo



Aristotele (384 –322 a.C)



VUOTO

NON esiste



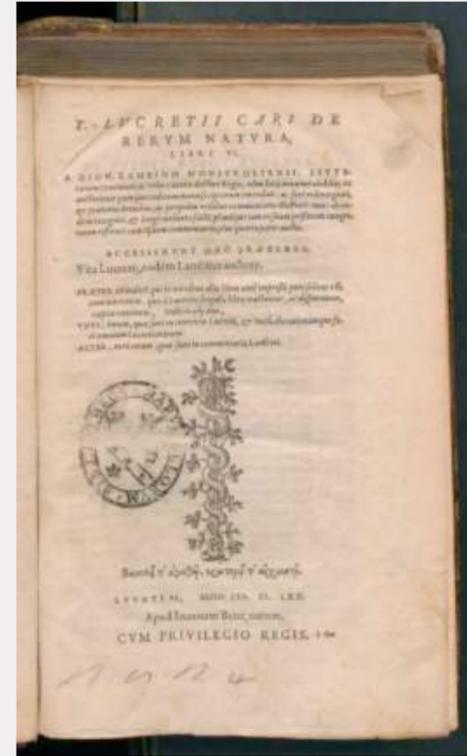
4 ELEMENTI

- Terra
- Acqua
- Aria
- Fuoco

Epoca romana



Tito Lucrezio Caro (99-55 a.C.)



De Rerum Natura



È plausibile credere all'**esistenza** di particelle piccolissime che non possiamo vedere



Anche le cose non possiamo vederle con gli occhi, possiamo **dedurne** la loro esistenza

Medioevo



ATOMISMO
e CRISTIANESIMO

Idea materialistica

Come ci convinciamo dell'**esistenza** di qualcosa che **non si vede**?

Vederne gli **effetti**!



Chi fa il **primo passo** nel caso dei **quanti**?

i CHIMICI

Da Boyle alla teoria atomica

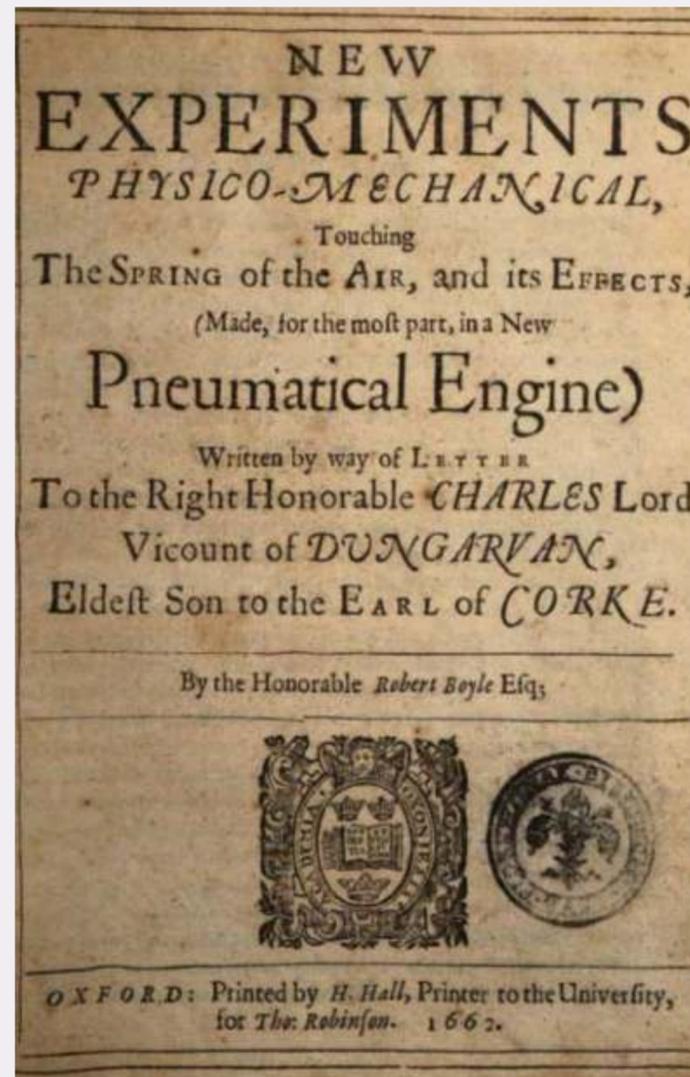
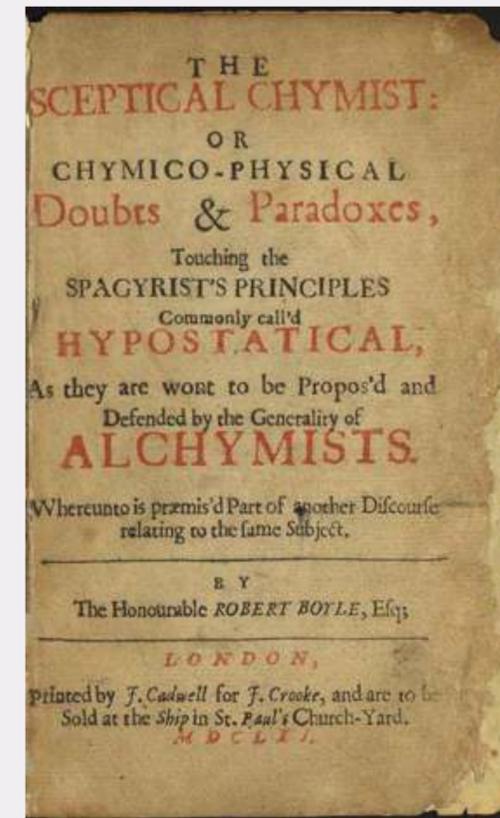




Robert Boyle (1627-1691)

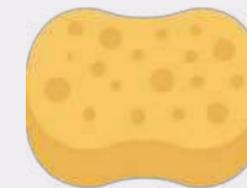
L'ultimo alchimista e il **primo chimico**.

Descrizione dettagliata esperimenti

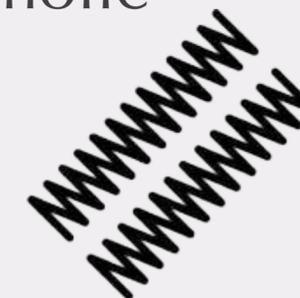


Legge di Boyle: $PV = \text{cost}$

- Aria come spugna

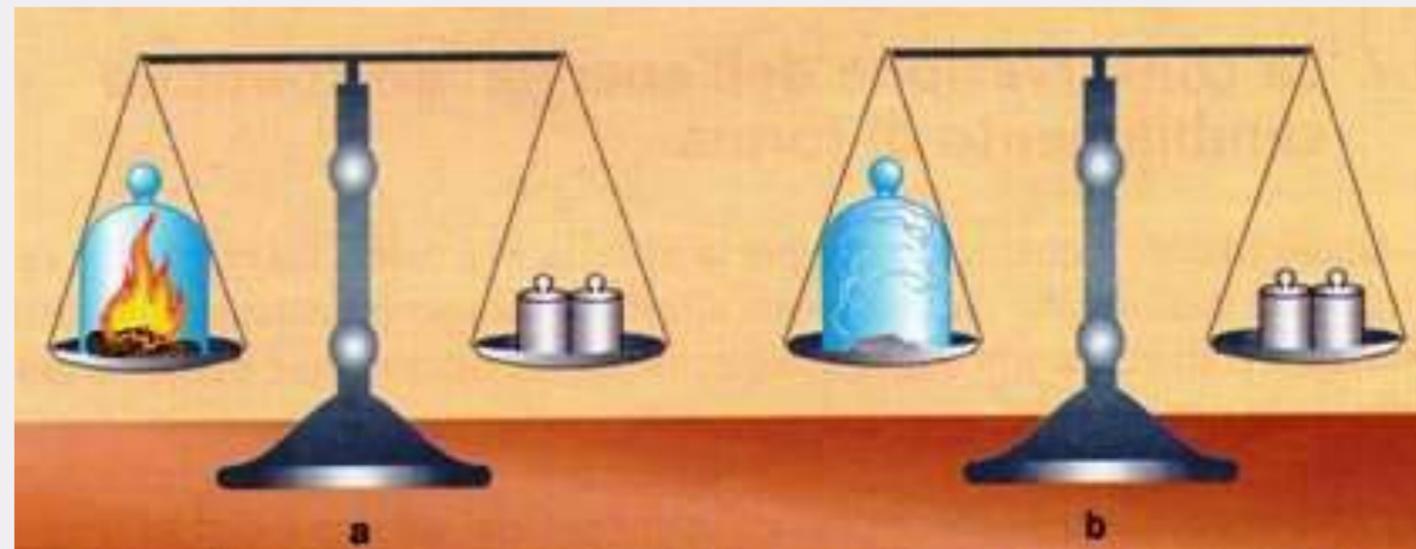


- Aria come formata da piccole molle





Antoine-Laurent de Lavoisier (1743 - 1794)



Legge della conservazione della massa

In una reazione chimica la massa complessiva dei reagenti è **uguale** alla massa complessiva dei prodotti.

Definizione di sostanza elementare

Una **sostanza elementare** è una sostanza che non è possibile scindere chimicamente in altre sostanze e che non si può nemmeno ottenere dall'unione di altre sostanze.

Cosa succede se metto due sostanze insieme?

NULLA



MISCELE OMOGENEE



REAZIONI





Joseph Louis Proust (1754 - 1826)

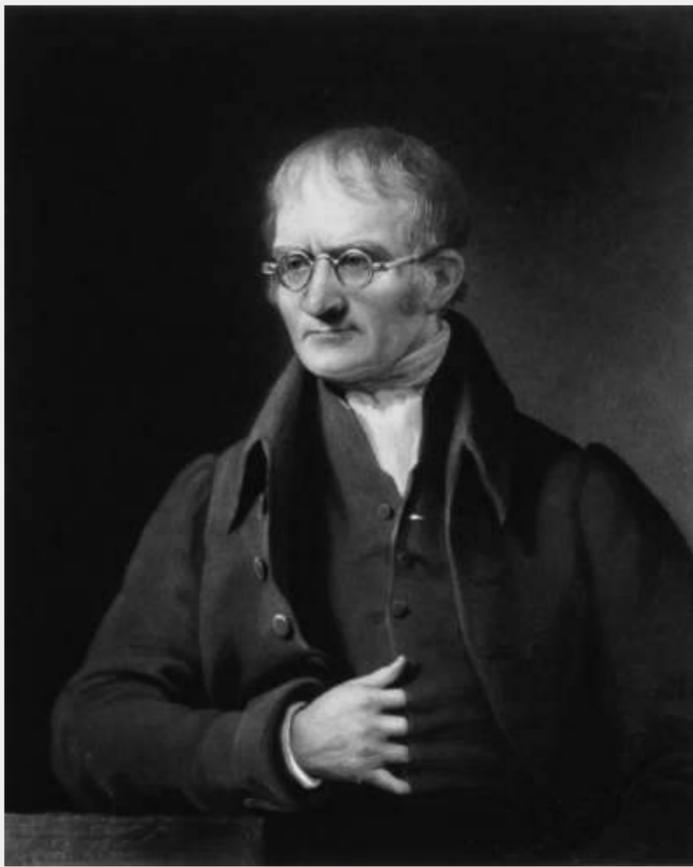
In qualsiasi campione di un certo composto, gli elementi che lo compongono sono presenti in un **rapporto in peso definito e costante.**

Questo significa che un dato composto ha una **composizione ben precisa ed invariabile.**

Cloruro di sodio:

- 23 g di Na reagiscono con 35.5g di Cl
- 4.6 g di Na reagiscono con 7.1g di Cl

$$\frac{\text{peso}(\text{Na})}{\text{peso}(\text{Cl})} = \frac{1}{1.54}$$



John Dalton (1766 -1844)

L'azoto e l'ossigeno:

Se due elementi A e B si combinano a formare diversi composti allora, fissato il peso di A, i **pesi** di B nei diversi composti stanno tra loro in **rapporti** costituiti da **numeri interi piccoli**.

- Protossido di azoto: 28g di azoto e 16g di ossigeno
- Ossido di azoto: 28g di azoto e 32g di ossigeno
- Triossido di azoto: 28g di azoto e 48g di ossigeno
- Tetrossido di azoto: 28g di azoto e 64g di ossigeno



Gay-Lussac (1778 - 1850)

Nelle reazioni tra gas nelle stesse condizioni di pressione e temperatura, i **volumi** dei reagenti e i volumi dei prodotti stanno tra loro in **rapporti** costituiti da **numeri interi piccoli**.

A pressione e temperatura ambiente:

- 2 volumi di idrogeno + 1 volume di ossigeno = 2 volumi di acqua
- 1 volume di idrogeno + 1 volume di cloro = 2 volumi di acido cloridrico
- 3 volumi di idrogeno + 1 volume di azoto = 2 volumi di ammoniaca

La teoria atomica

Tutta la materia è fatta da particelle microscopiche indistruttibili e indivisibili chiamate atomi.

1

2

Tutti gli atomi di uno stesso elemento sono identici e hanno uguale massa.

3

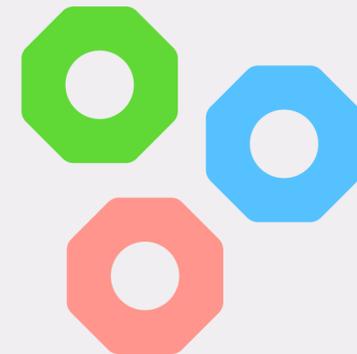
Gli atomi di un elemento non possono essere convertiti in atomi di altri elementi.

4

Gli atomi di un elemento si combinano, per formare un composto, solamente con numeri interi di atomi di altri elementi.

5

Gli atomi non possono essere né creati né distrutti, ma si trasferiscono interi da un composto ad un altro.



TUTTO è fatto da quanti !

- Cosa c'è oltre la materia?
- C'è qualcos'altro con cui può interagire?



La **LUCE**



Anche la **luce** è quantizzata?

Anche alcuni tipi di interazione radiazione-materia possono essere spiegati in termini di quanti?

i FISICI

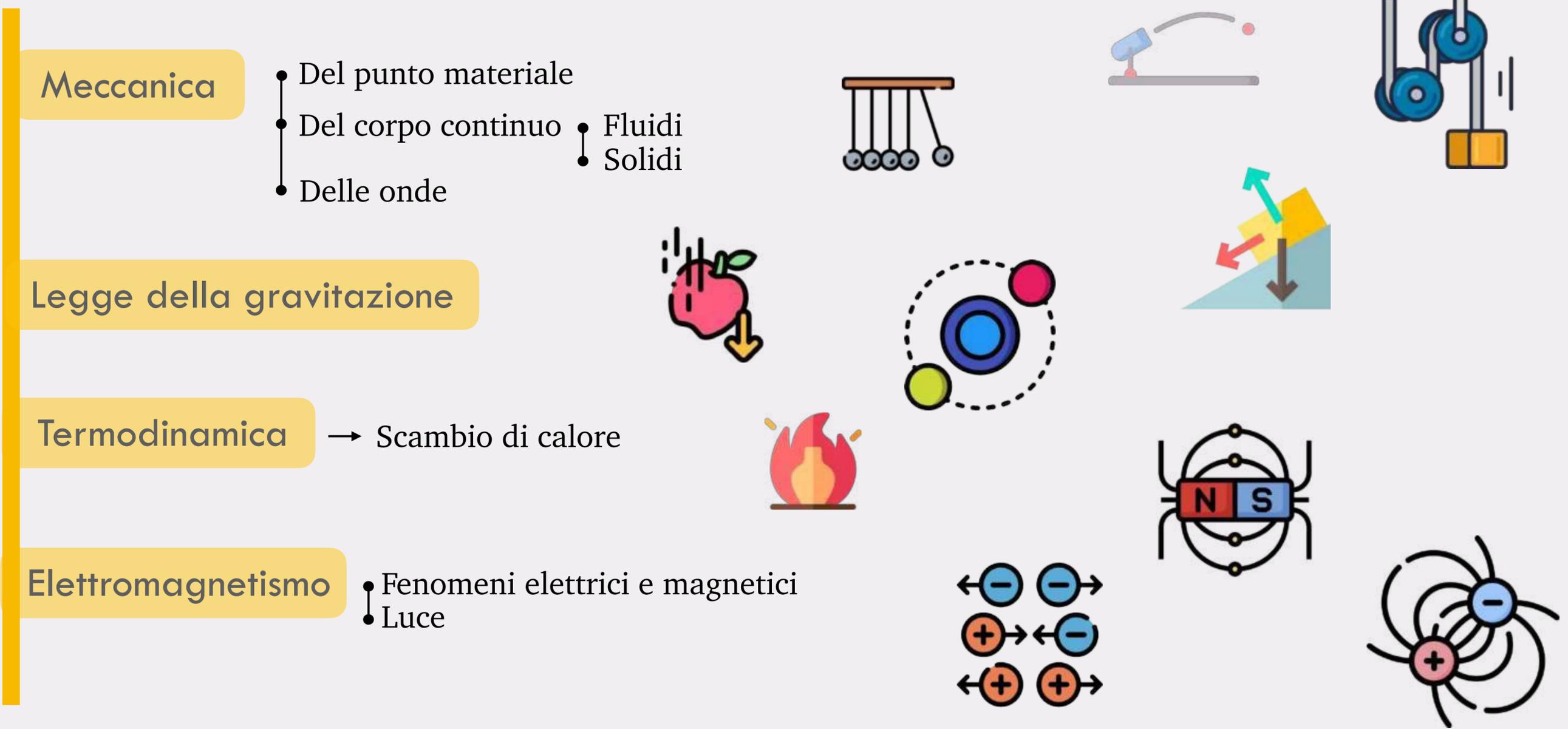
La quantizzazione della luce

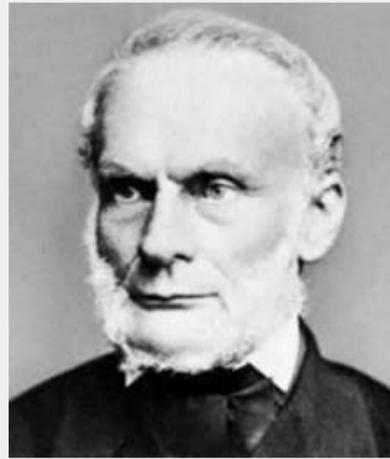


La fisica a metà del 1800

Nei secoli precedenti i fisici hanno sviluppato **modelli** e **teorie** che hanno avuto successo nello spiegare moltissimi fenomeni.

I quanti **non** sono stati erano necessari.





Rudolf Clausius (1822 - 1888)



James Clerk Maxwell (1831 - 1879)



Ludwig Boltzmann (1844 - 1906)

La teoria cinetica

Le molecole di cui sono composti i gas sono considerate come punti materiali in moto casuale e con distribuzione uniforme nello spazio.

Il numero delle molecole è grande cosicché si possano usare metodi statistici.

Le molecole sono perfettamente sferiche.

1

2

3

4

5

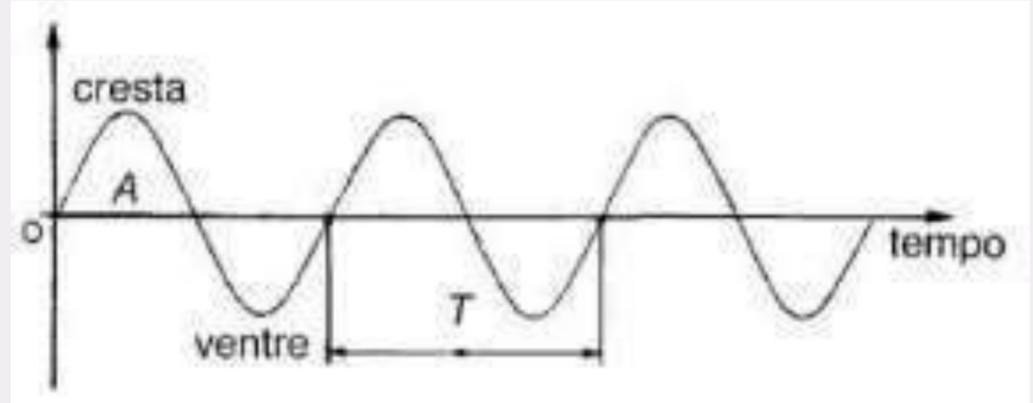
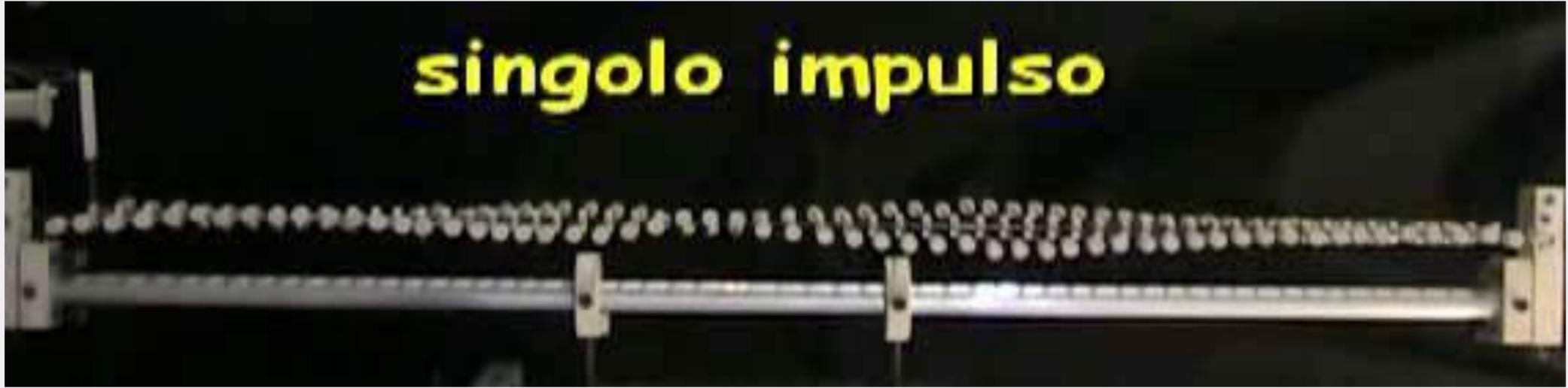
Le molecole collidono tra loro e con le pareti del recipiente con urti perfettamente elastici.

L'interazione tra le molecole è trascurabile, eccetto durante l'urto.

Si riesce a dare una definizione della **temperatura** e della **pressione**.

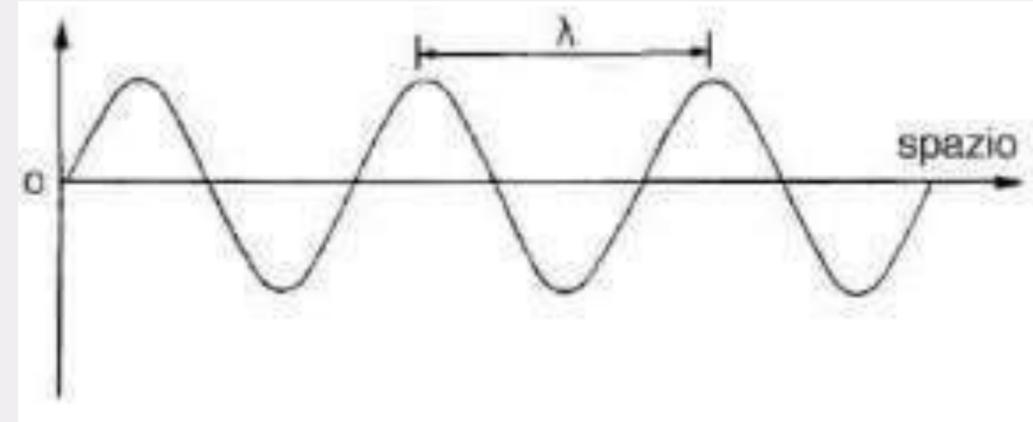
La linearità

Caratteristiche delle onde:



Ampiezza

Periodo



Frequenza

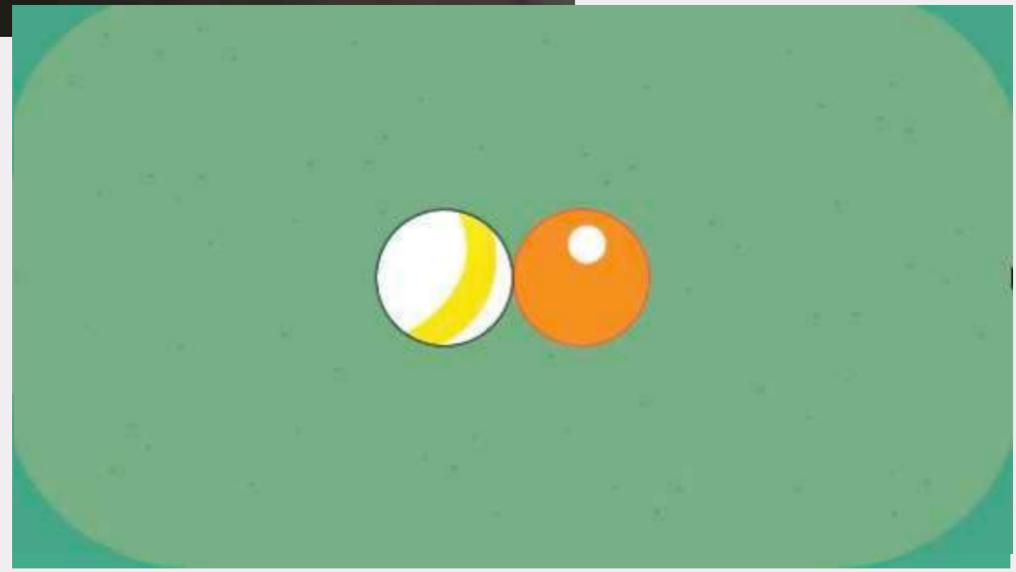
Lunghezza d'onda

Cosa succede quando due onde si “scontrano”?

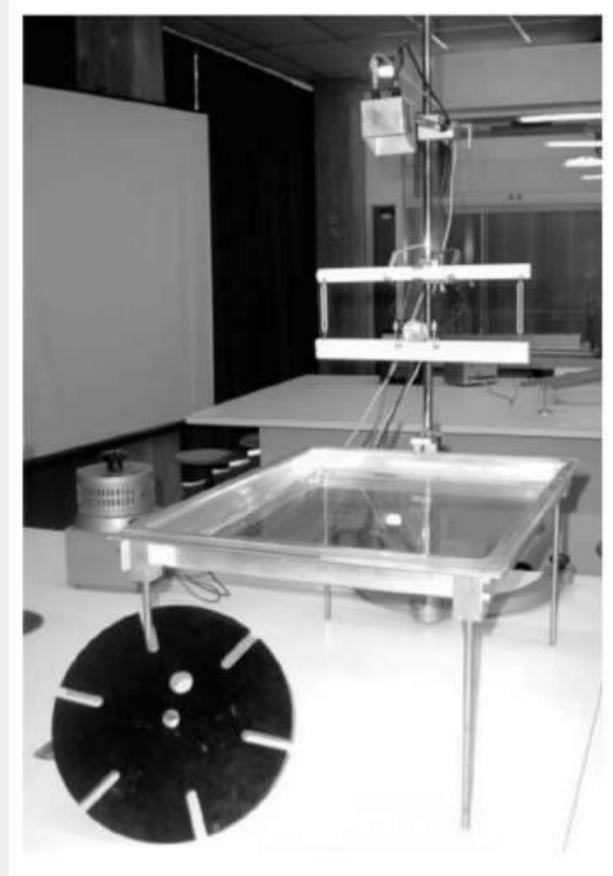


Linearità

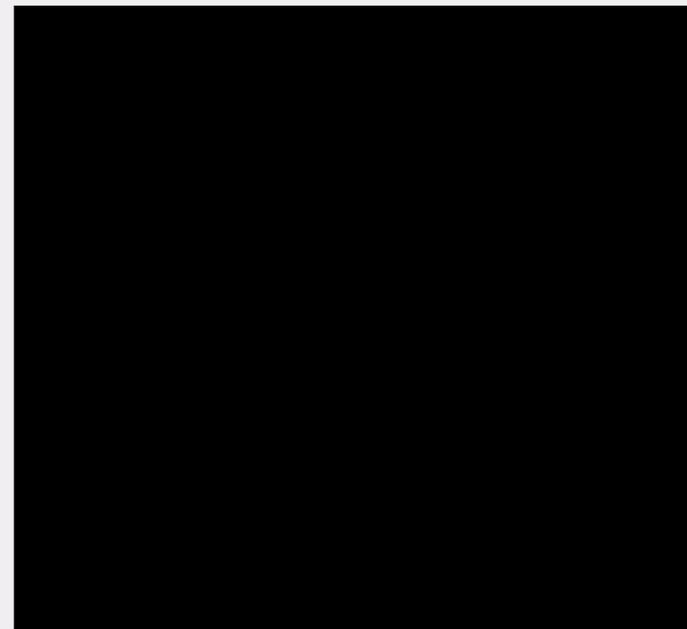
Le onde NON si scontrano, NON interagiscono, NON si toccano..
Le onde si sommano, interferiscono.



Vediamo questo aspetto per le **onde sull'acqua**.



Ondoscopio

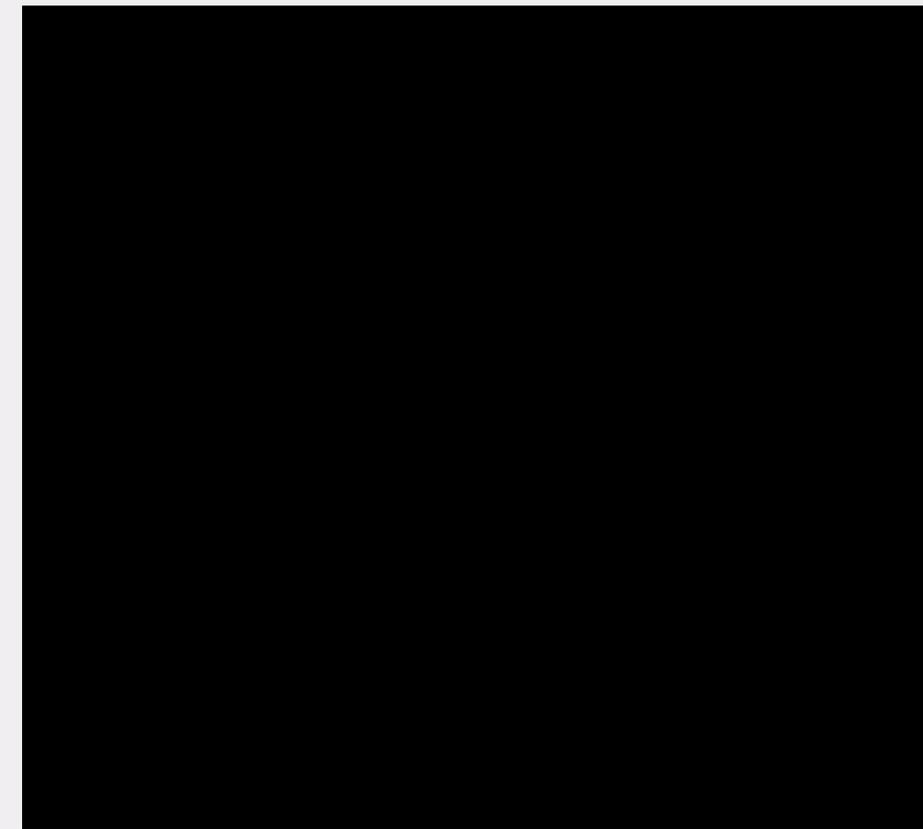


Onda piana

Onde coerenti:

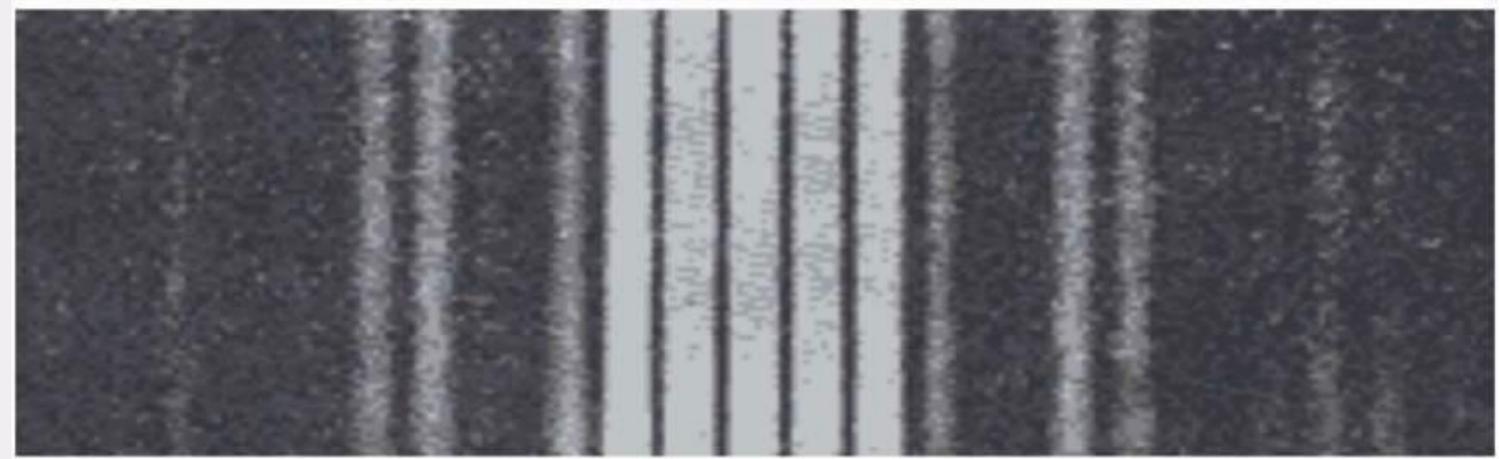
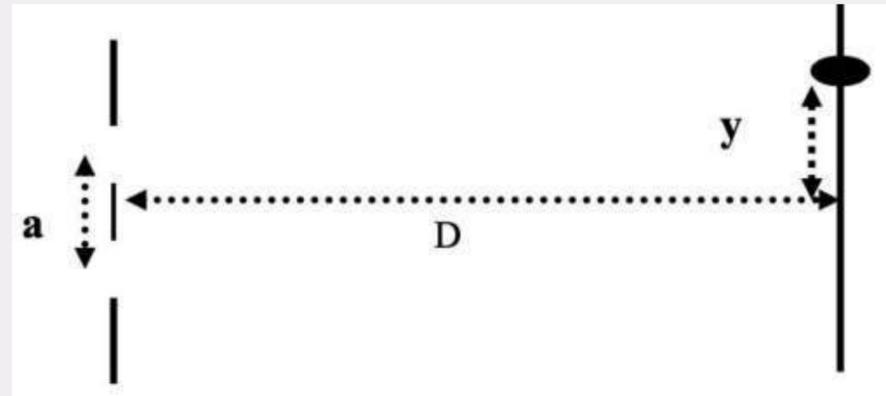
- a) genereranno onde della stessa frequenza
- b) la differenza di fase tra le onde emesse rimarrà costante nel tempo.

Interferenza da due fenditure



E la luce?

Evidenze sperimentali



ONDA

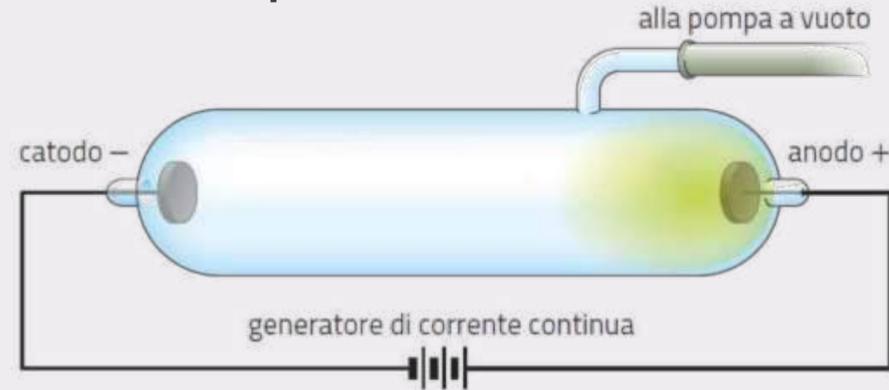


Teoria di Maxwell

I fasci di materia

Può la materia, in determinate condizioni, manifestare un comportamento simile a quello della luce e delle onde meccaniche? **SI**

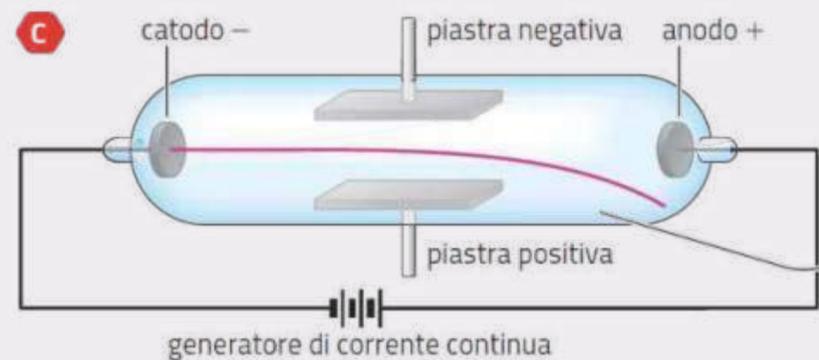
Metà 1800 esperimenti con tubi di Crookes



RAGGI CATODICI

Proprietà:

- 1) propagano in linea retta
- 2) vengono deviati dal campo magnetico
- 3) hanno una massa



La traiettoria dei raggi catodici è deviata verso il polo positivo di un campo elettrico: questo dimostra che i raggi hanno carica elettrica negativa.

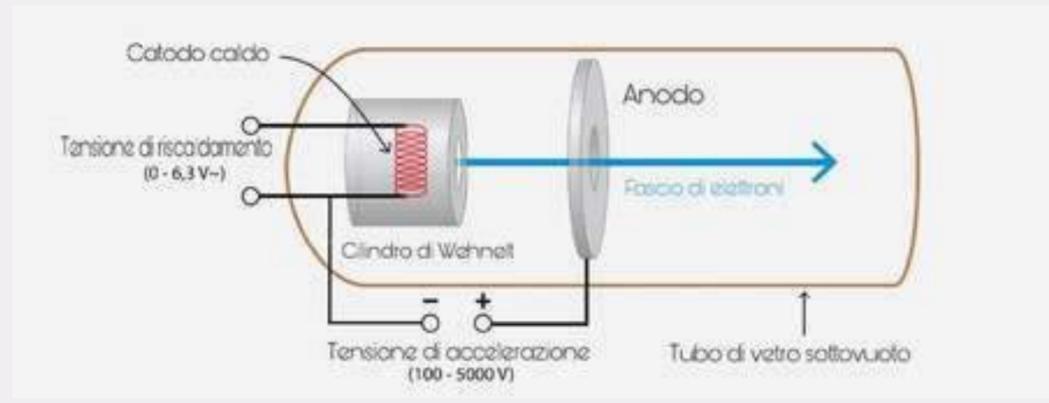
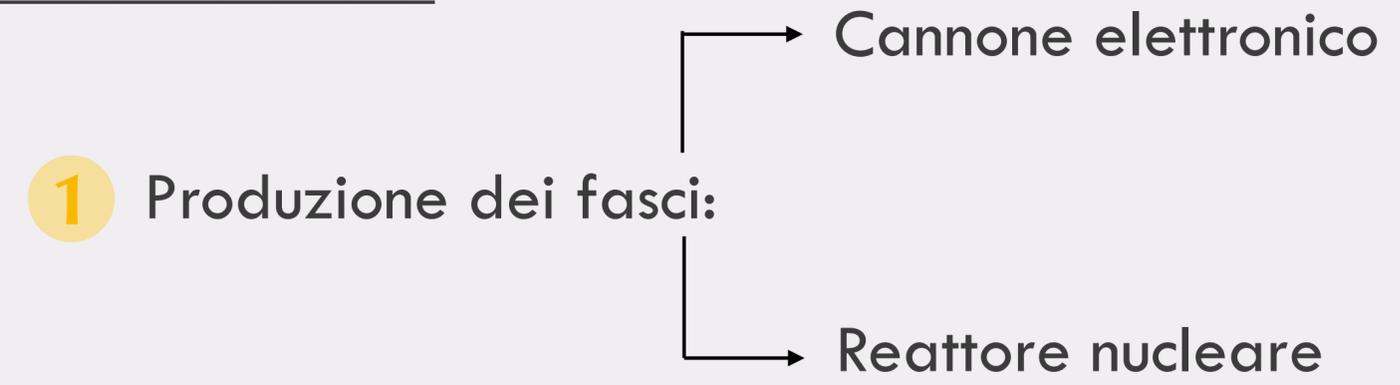
1897 Joseph Thomson →

Fasci di Elettroni

I fasci materiali

1931/1932 Irene Curie e suo marito → **Fasci di neutroni**

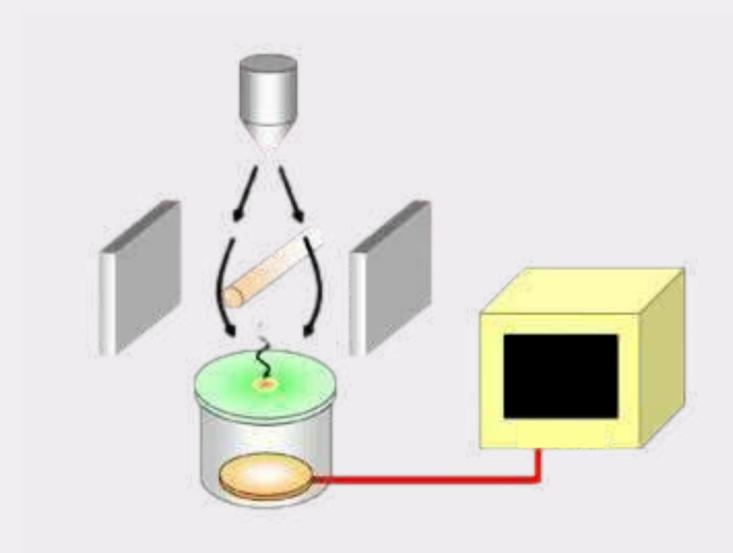
Problemi ottica materiale:



2 Interazione con la materia circostante

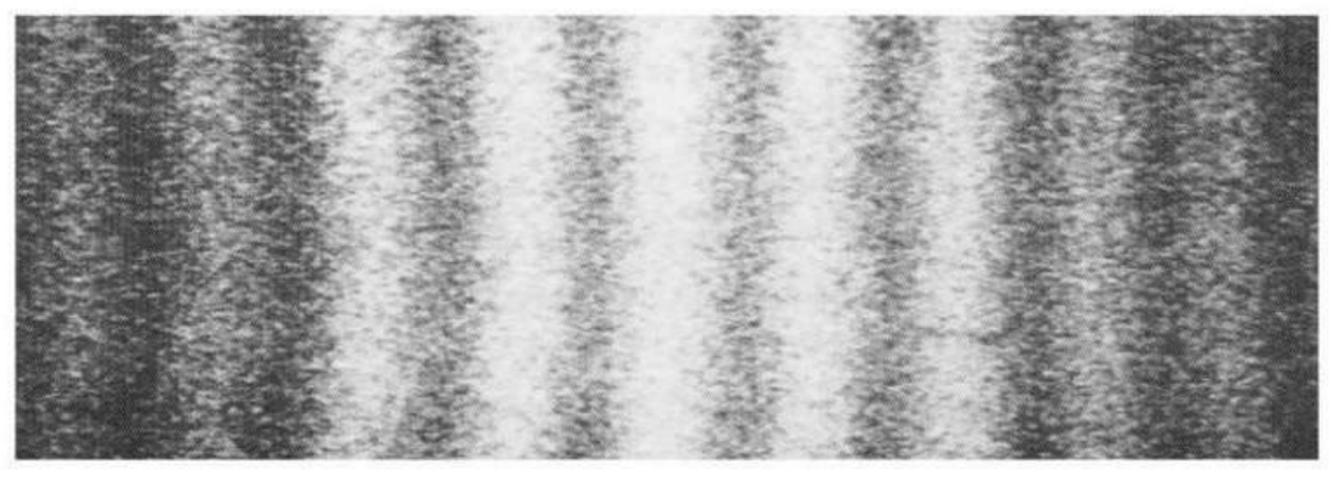
3 Autointerazione

4 Apparato che permetta di sovrapporre il fascio
 ↳ Biprisma elettronico

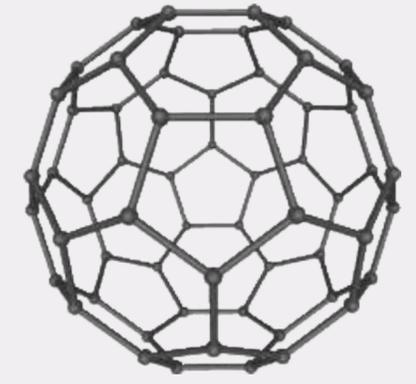
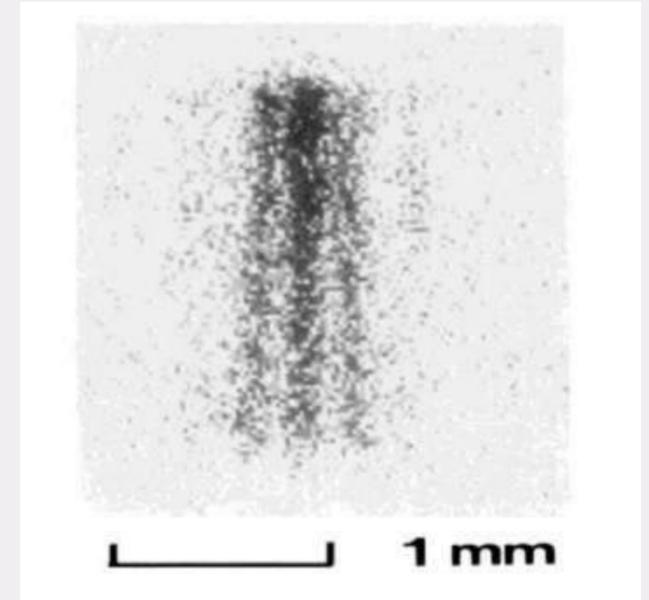


I fasci materiali

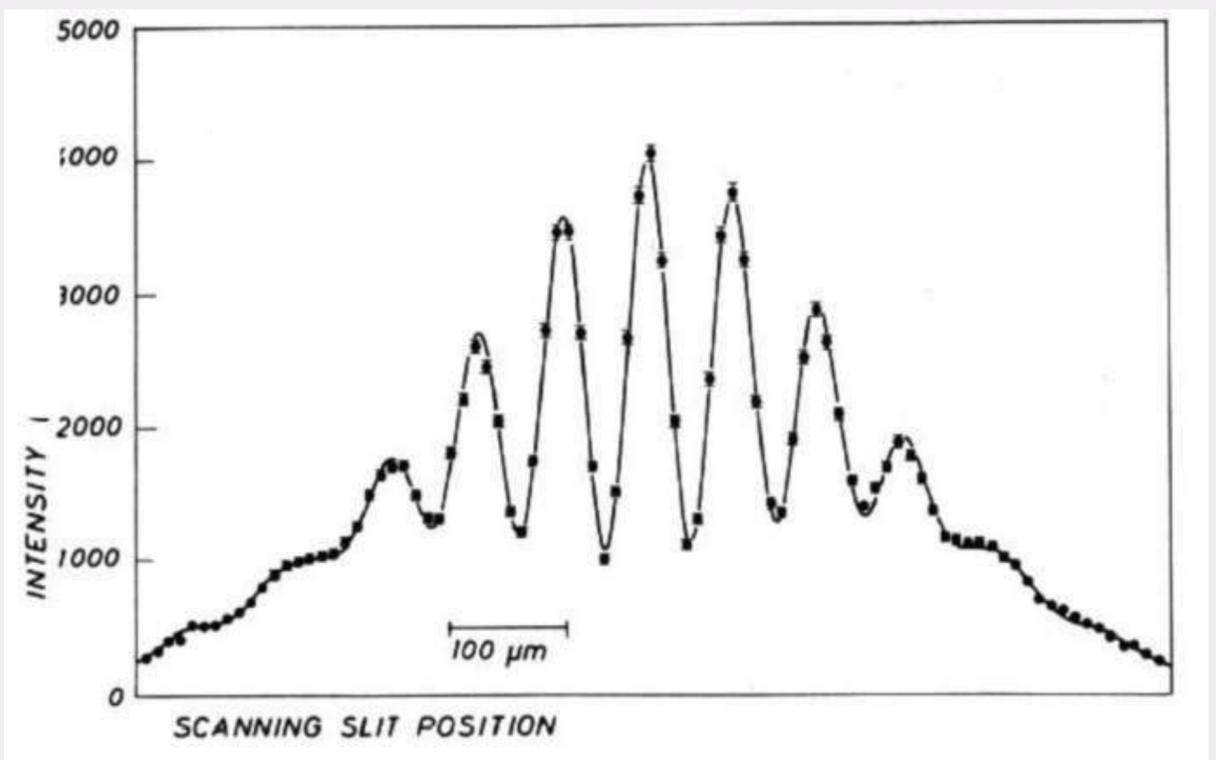
Interferenza fascio elettronico



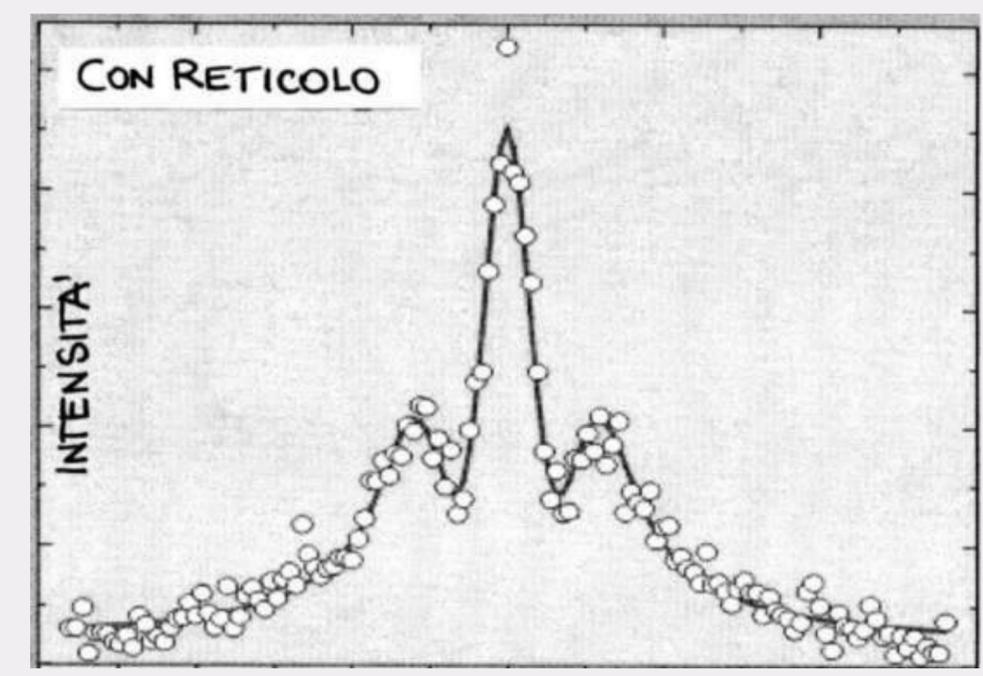
Interferenza fascio neon



Interferenza fascio neutronico

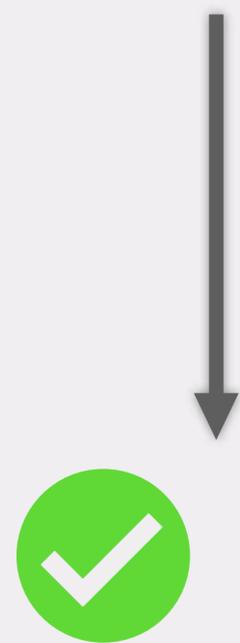


Interferenza fascio fullerene



La quantizzazione della luce

Possiamo pensare che anche la luce sia quantizzata?



SI

- Ad alta intensità abbiamo un'**analogia** tra il comportamento della radiazione e della materia.
- Le **interazioni materia-materia** si spiegano facilmente con i quanti

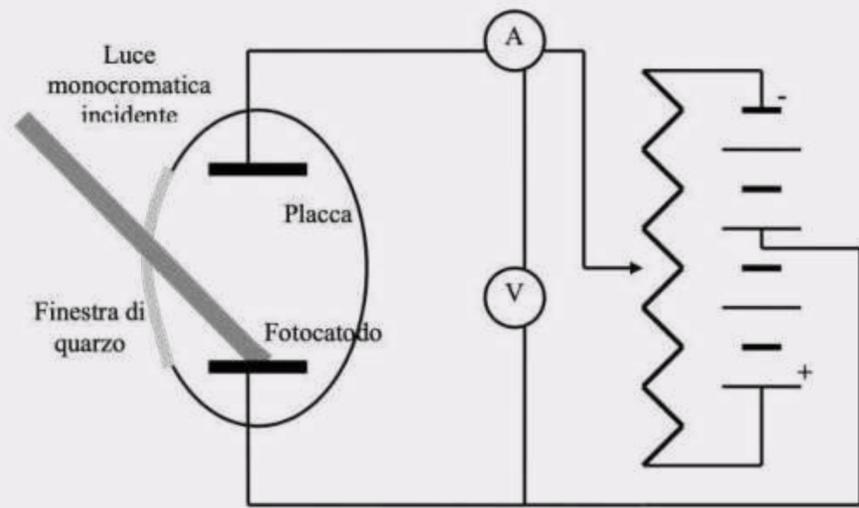
Molte evidenze sperimentali che coinvolgono l'interazione tra luce e materia possono essere studiate e interpretate dicendo che un **quanto di materia** ha interagito un **quanto di luce**

Fotone

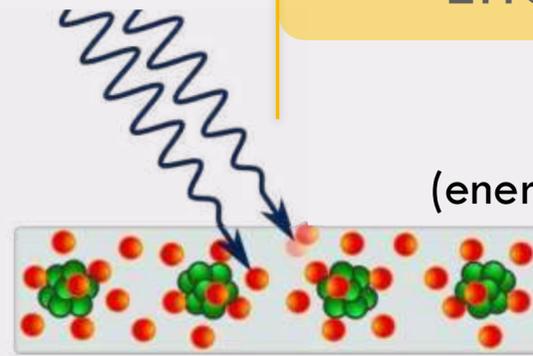
- Situazioni in cui questa descrizione è inutile → Riflessione/rifrazione
- Situazioni in cui questa descrizione può facilitare:

Sostanza EM 1 + Sostanza materiale 1 = Sostanza EM 2 + Sostanza materiale 2

Effetto fotoelettrico



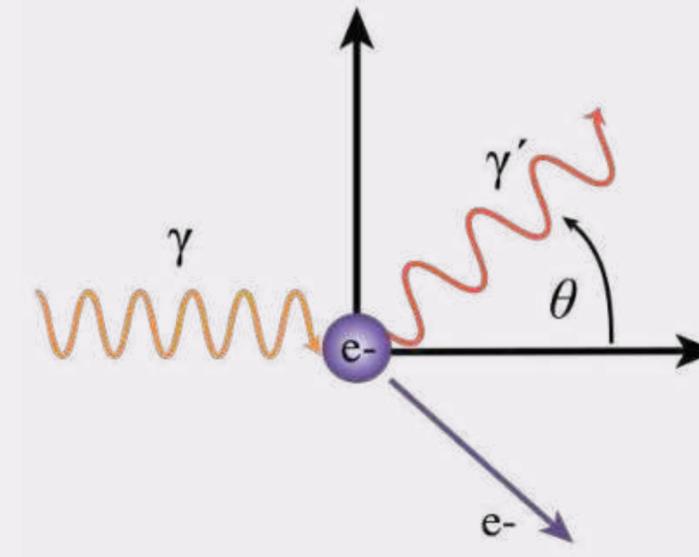
Effetto Compton



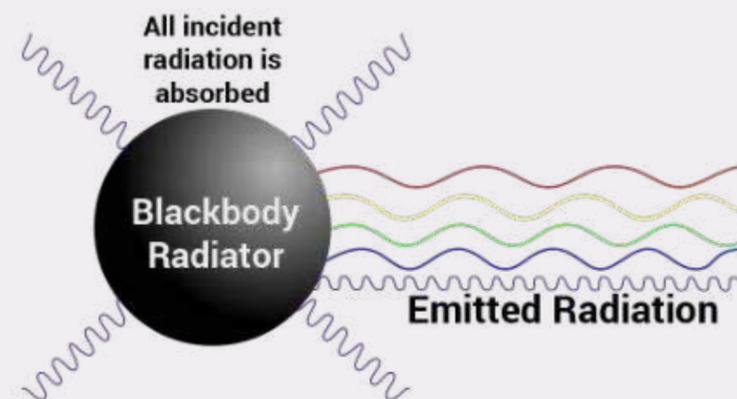
Energia radiazione > 1 keV
(energia molto maggiore dell'energia di legame degli elettroni)

Fotone γ :

$$E = h\nu$$
$$p = \frac{h\nu}{c}$$



Corpo nero



Fotosintesi

