

Radiazione di corpo nero (Legge di Planck)

Consideriamo una cavità le cui pareti siano ad una certa temperatura T . Gli atomi delle pareti **emettono** radiazione elettromagnetica; nello stesso tempo **assorbono** la radiazione emessa dagli altri atomi delle pareti.

All'equilibrio la quantità di energia emessa dagli atomi eguaglia la quantità di energia assorbita e la densità di energia del C.E.M. è costante.

Sperimentalmente si trova che la distribuzione in energia (frequenza) dipende solo dalla temperatura ed è indipendente dal materiale costituente le pareti!

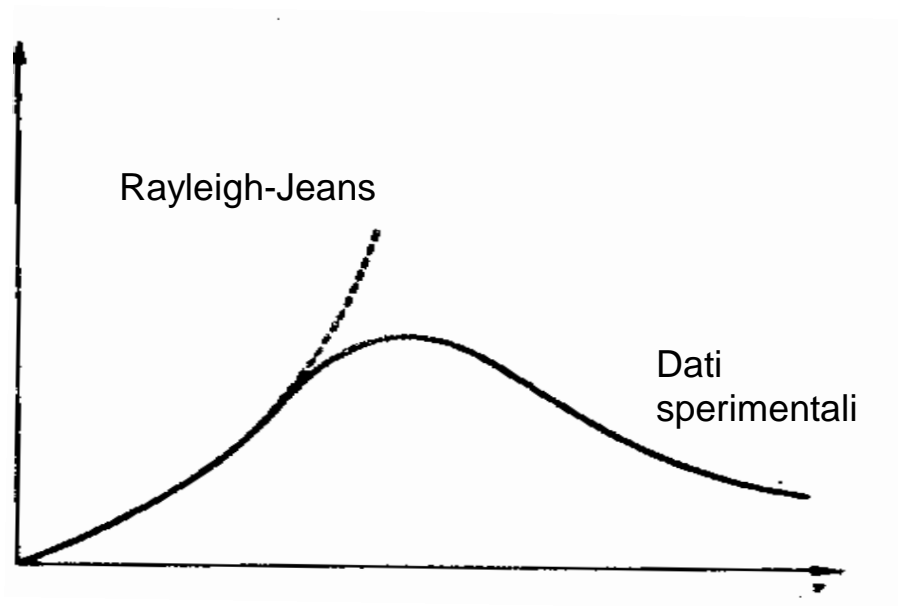
Cosa prevede la fisica classica per il corpo nero?

La fisica statistica classica vede il C.E.M. interno alla cavità come un SISTEMA DI OSCILLATORI ARMONICI DISACCOPPIATI, con frequenze uguali a quelle tipiche della cavità. Tale sistema è equivalente ad un gas ideale in equilibrio ad una data temperatura.

Ne deriva la formula di RAYLEIGH-JEANS che esprime la densità di energia per intervallo di frequenza unitario:

$$\rho(\nu, T) = \frac{8\pi}{c^3} kT\nu^2$$

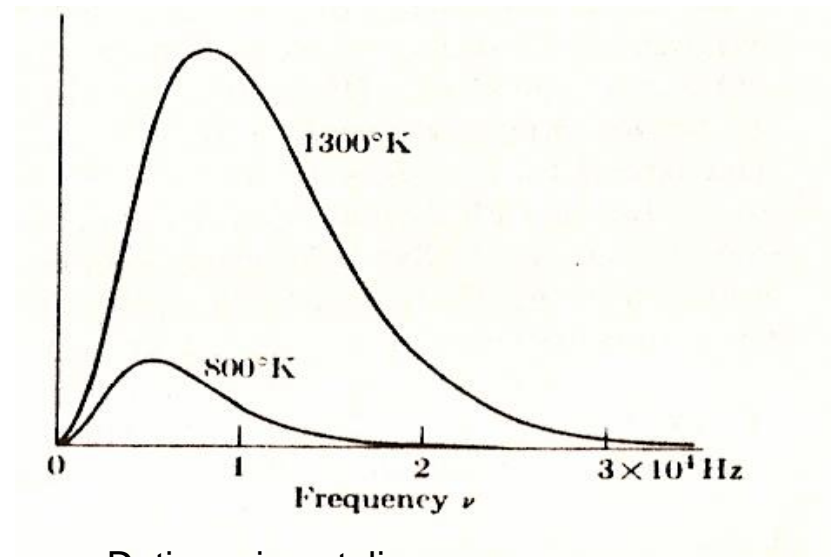
La legge di RAYLEIGH-JEANS riproduce bene i risultati sperimentali SOLO per piccoli valori della frequenza ed è teoricamente assurda: infatti l'energia totale irraggiata nell'unità di tempo risulterebbe infinita per qualsiasi valore di T (catastrofe ultravioletta).



Sperimentalmente si vede che la CATASTROFE UV è evitata e $\rho(\nu, T)$ presenta un massimo.

ν_{MAX} aumenta con $T \rightarrow$ **VARIAZIONE DEL COLORE DI UN CORPO CHE IRRADIA CON LA TEMPERATURA.**

Se apriamo un piccolo foro in una delle pareti, parte della radiazione esce e può essere analizzata. Il foro appare molto luminoso ad alte T , ma completamente nero a basse T , da cui la definizione di radiazione di corpo nero.



Dati sperimentali

Nel 1900 Max Planck suggerì che ci fosse una relazione fra la distribuzione in energia della radiazione e le energie degli atomi nella cavità.

Planck assume che gli atomi si comportino come oscillatori armonici con una data frequenza $\nu \rightarrow$ ogni oscillatore può assorbire o emettere energia in quantità proporzionale a ν .

Tale condizione non è richiesta dalla teoria classica dell'elettromagnetismo (equazioni di Maxwell) che permette emissione ed assorbimento continui.

QUANTIZZAZIONE

Secondo Planck

$$E = h\nu$$

con h costante di proporzionalità (è la stessa per tutti gli oscillatori).

L'energia degli oscillatori atomici è quantizzata: possono assorbire o emettere radiazioni elettromagnetiche variando la loro energia di $h\nu$ ($E = nh\nu$ con n intero).

L'idea di Planck è un'assunzione *ad hoc* che non può essere spiegata con concetti classici

(classicamente se cambia l'ampiezza di oscillazione cambia di conseguenza l'energia dell'oscillatore con continuità)

e fu giustificata solo perché funzionava e perché i fisici del tempo non avevano spiegazioni migliori.

Ancora adesso dobbiamo accettare la quantizzazione di alcune grandezze fisiche come un fatto fondamentale in natura.

Legge di Planck

Planck, applicando concetti di natura statistica, pervenne all'espressione

$$\rho(\nu, T) = \frac{8\pi h \nu^3}{c^3} \frac{1}{e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1}$$

in ottimo accordo con i dati sperimentali.

In realtà, Planck arrivò a $\rho(\nu, T)$ nell'ottobre 1900 semplicemente interpolando matematicamente la legge di Rayleigh-Jeans e la formula di Wien

$$\rho(\nu, T) = \frac{8\pi h \nu^3}{c^3} e^{-\frac{h\nu}{kT}}$$

che si sapeva essere in accordo con i dati sperimentali ad alte ν .

Solo nel dicembre 1900 diede l'interpretazione teorica della legge che aveva formulato.

La costante h di Planck si ottiene dalla legge di Planck interpolando i dati sperimentali: $h = 6,6256 \times 10^{-34}$ Js.

Legge di Wien

$$\lambda_{MAX}T = \text{costante} = 0,29 \text{ cmK}$$

E' utile per determinare la T di corpi caldi (ad esempio stelle) determinando la λ che fornisce la massima intensità.

Legge di Stefan-Boltzmann

La densità di energia totale della radiazione di un corpo nero è proporzionale a T^4 .