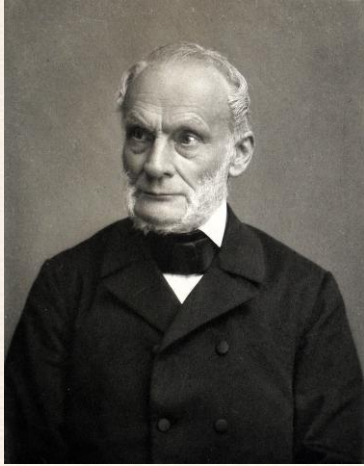




La costante di Planck e la sua misura:  
un percorso didattico

# Una breve panoramica storica

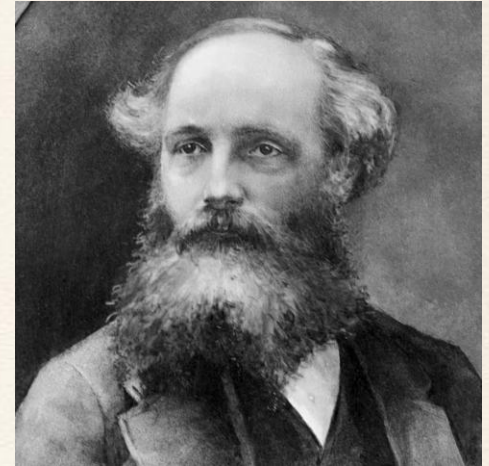


1857

Rudolf Clausius

## Meccanica statistica per la teoria cinetica dei gas

1859



James Clerk Maxwell

1871



Ludwig Boltzmann

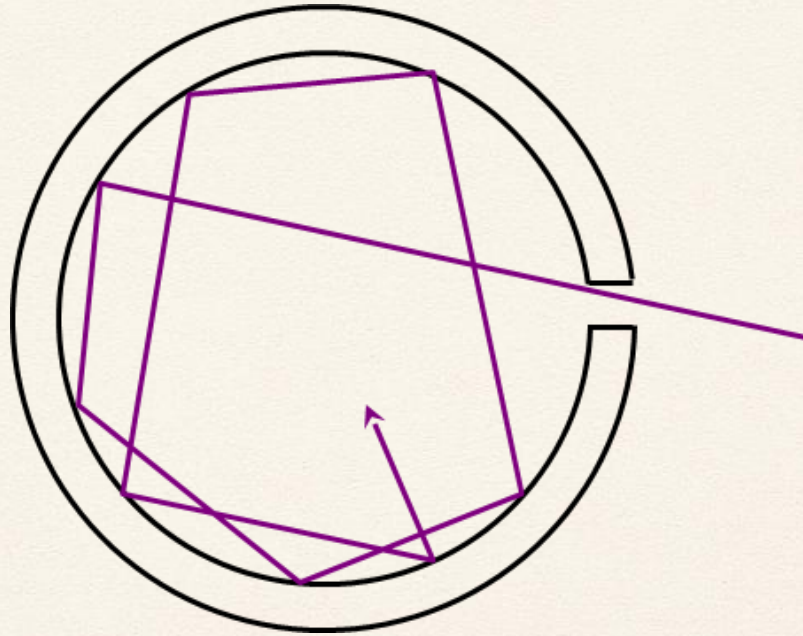
Tutti i corpi riscaldati in modo opportuno emettono spettri luminosi continui con vibrazioni di tutte le frequenze (e di tutte le lunghezze d'onda) possibili.

Per ogni temperatura esiste una certa distribuzione di energia utile compresa in un intervallo di diverse lunghezze d'onda

La lunghezza d'onda corrispondente all'emissione della massima intensità varia al variare della temperatura

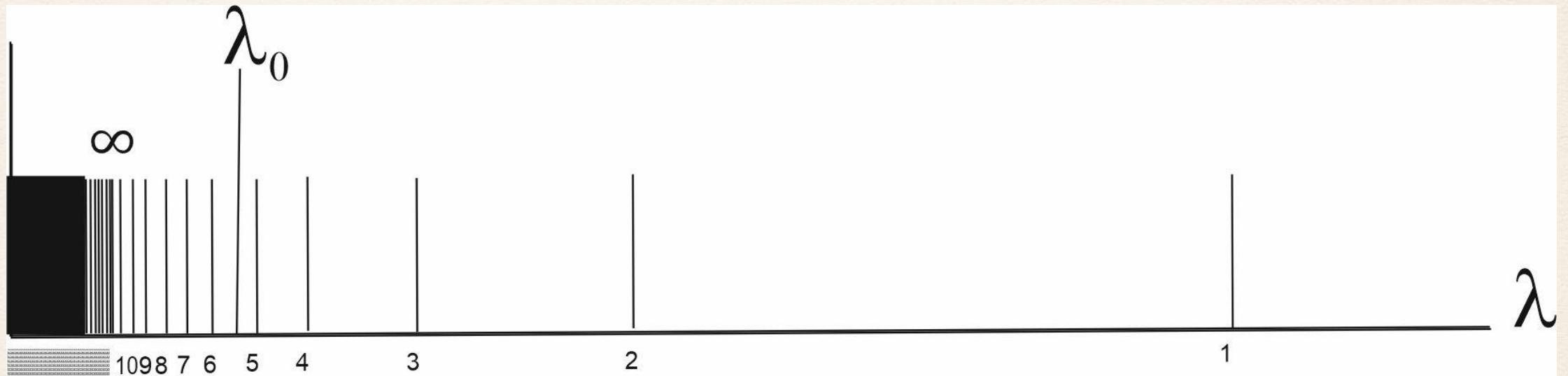


Lord Rayleigh



James Jeans

$$\bar{E} = \frac{E}{N} = 0$$



Se dividiamo lo spettro di tutte le possibili lunghezze d'onda che si trovano all'interno di un corpo nero in due regioni con una linea verticale  $\lambda_0$  esisterà sempre un numero finito di possibili vibrazioni a destra di  $\lambda_0$  ma un numero infinito tra  $\lambda_0$  e lo zero. Il principio di equipartizione dell'energia richiede che la maggior parte dell'energia utile sia distribuita tra le vibrazioni di lunghezza d'onda minore di  $\lambda_0$ . Catastrofe ultravioletta.



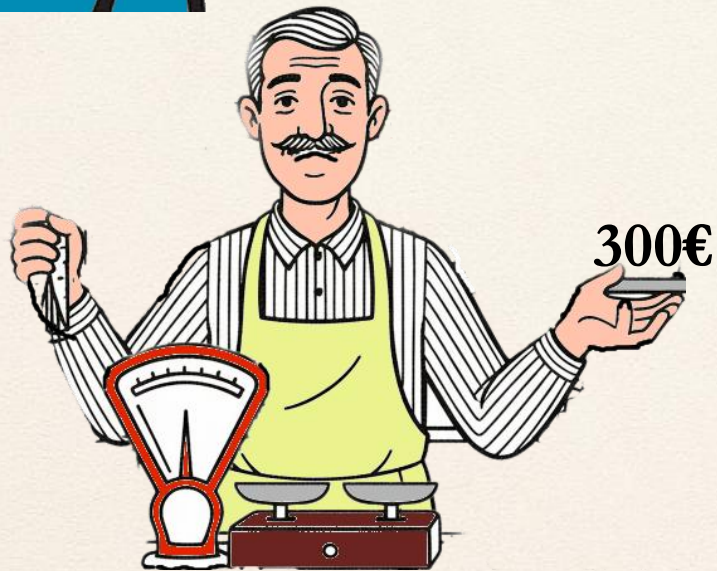
300€



600€



600€



300€



200€



100€



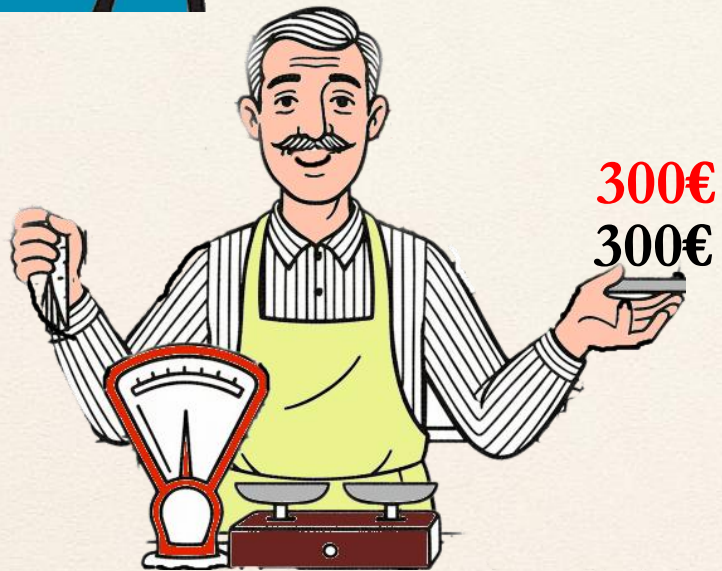
300€



600€



600€



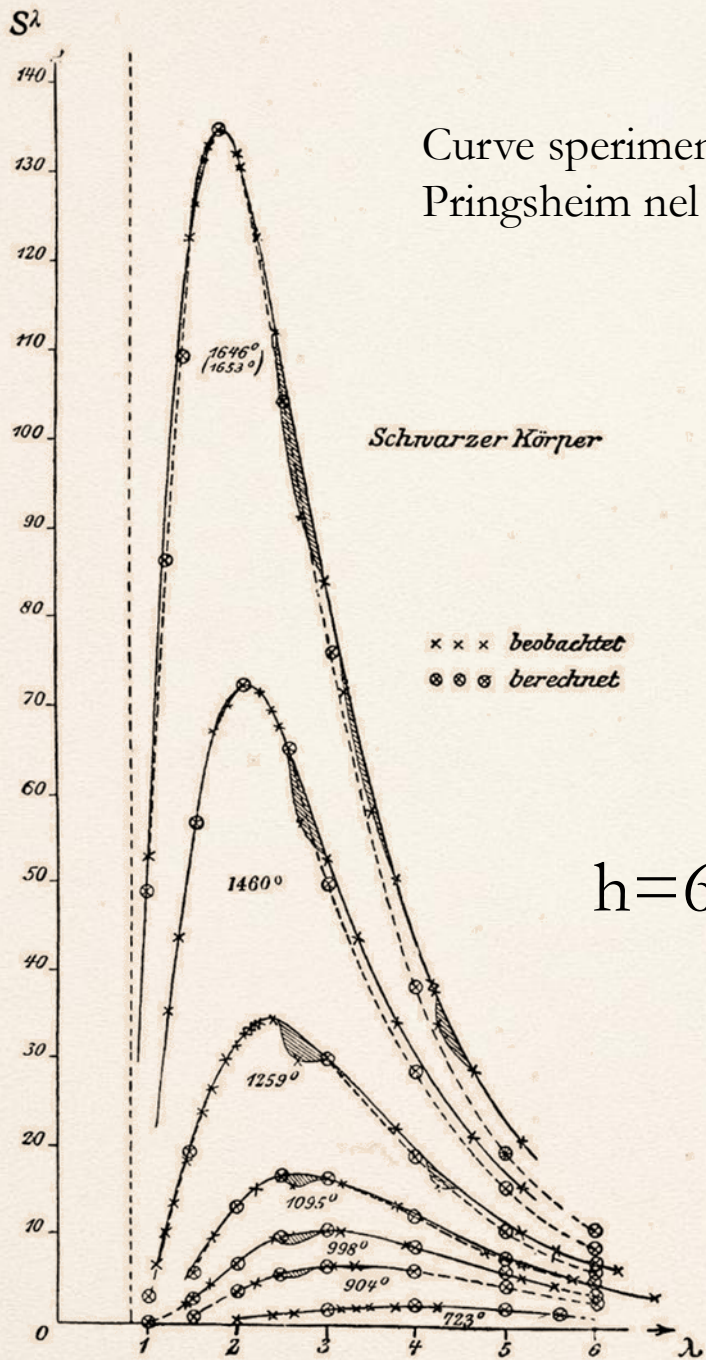
300€  
300€



200€  
200€



100€  
100€



$$B(\nu) = \frac{2 h \nu^3}{c^2} \frac{1}{e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1}$$

erg cm<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> Hz<sup>-1</sup> sr<sup>-1</sup>

$$B(\lambda) = \frac{2 h c^2}{\lambda^5} \frac{1}{e^{\frac{hc}{\lambda kT}} - 1}$$

erg cm<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> Å<sup>-1</sup> sr<sup>-1</sup>

$$h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ J s} = 6.626 \times 10^{-27} \text{ erg s}$$



**Max Planck**  
(1858-1947)

# Spiegazione di Planck

Le pareti della cavità sono costituite da **risonatori** che, assorbendo energia esterna, aumentano la loro temperatura ed emettono radiazione elettromagnetica alla loro frequenza di oscillazione.

Questa energia è divisa in elementi discreti  $\varepsilon$ , detti elementi di energia, proporzionali alla frequenza  $\nu$ .

$$\varepsilon = h \nu$$

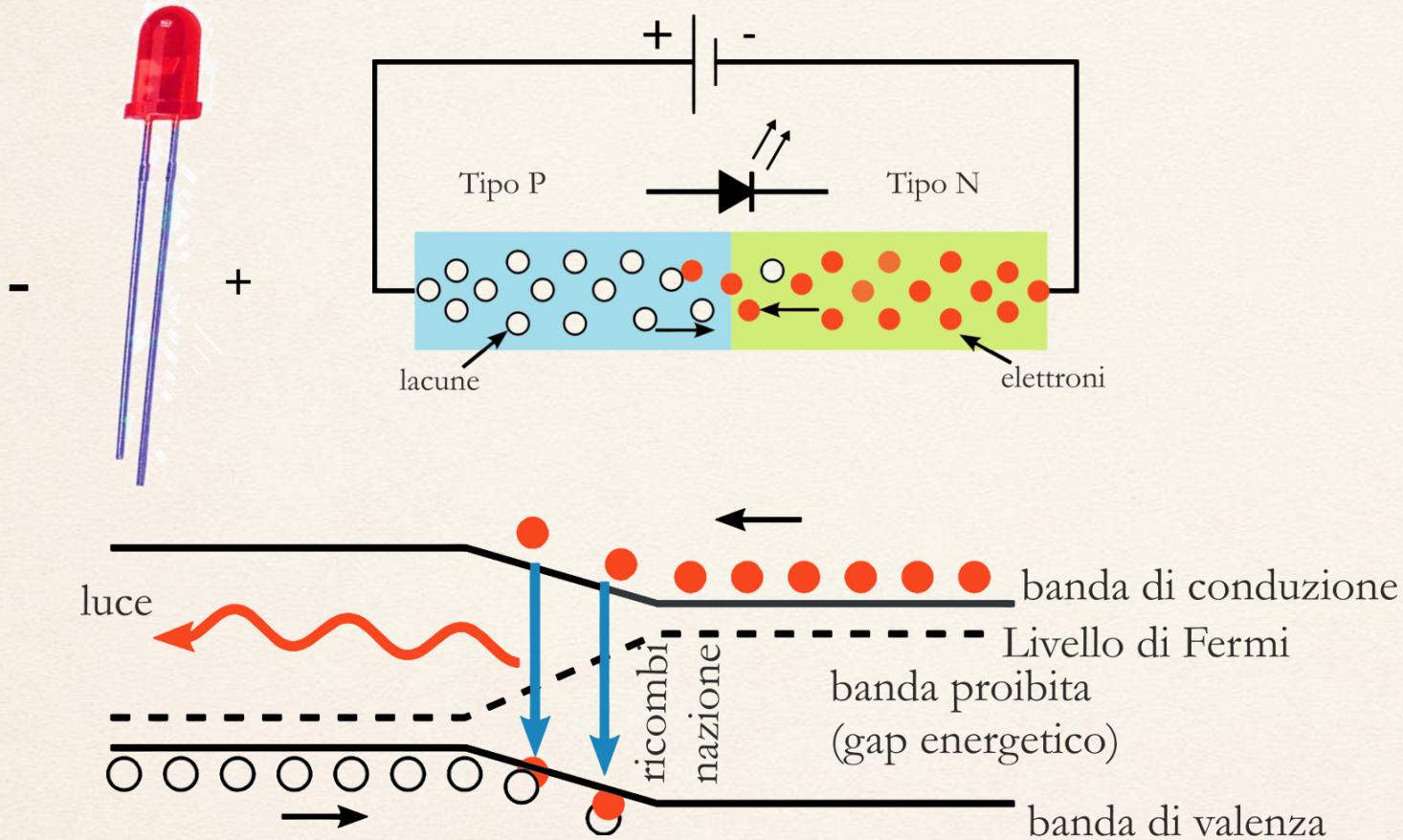
Planck mette insieme:

– $\varepsilon = h\nu$ , che fu in seguito chiamata **ipotesi quantistica**

–il secondo principio della termodinamica, che mette in relazione energia e temperatura attraverso l'entropia

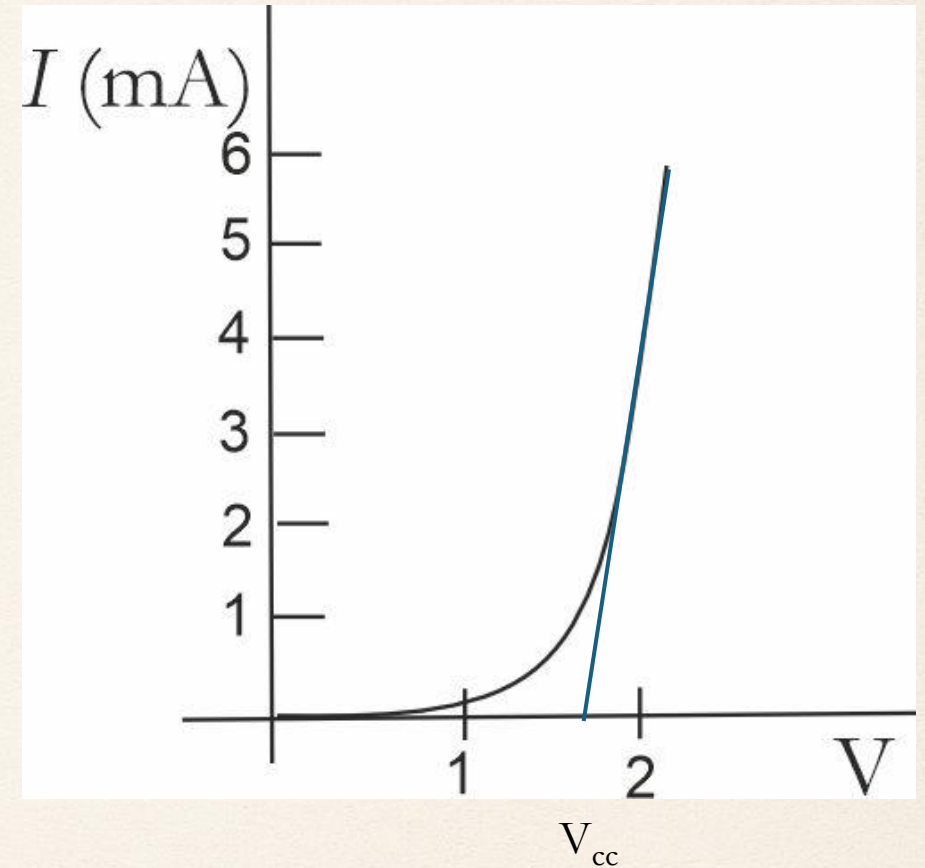
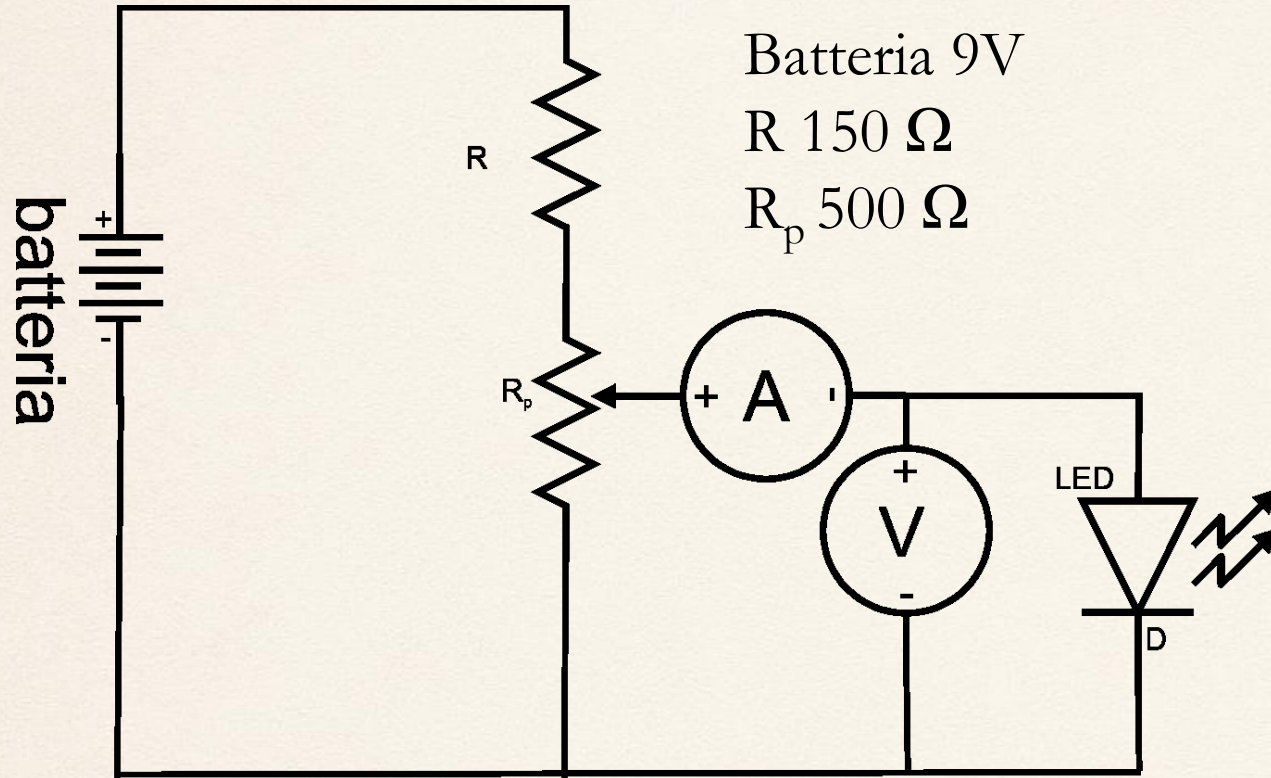
–l'approccio probabilistico di Boltzmann alla termodinamica, all'epoca considerato un metodo nuovo e ancora in discussione

# Determinazione della costante di Planck attraverso l'impiego di LED multicolori



L'esperimento con i LED consiste nel far passare una corrente continua attraverso la giunzione, dove gli elettroni e le lacune si ricombinano producendo fotoni con energia pari al gap energetico del materiale. L'energia dei fotoni deriva dal lavoro del campo elettrico applicato ( $V_{cc}q$ ), e vale una relazione lineare tra questi valori.

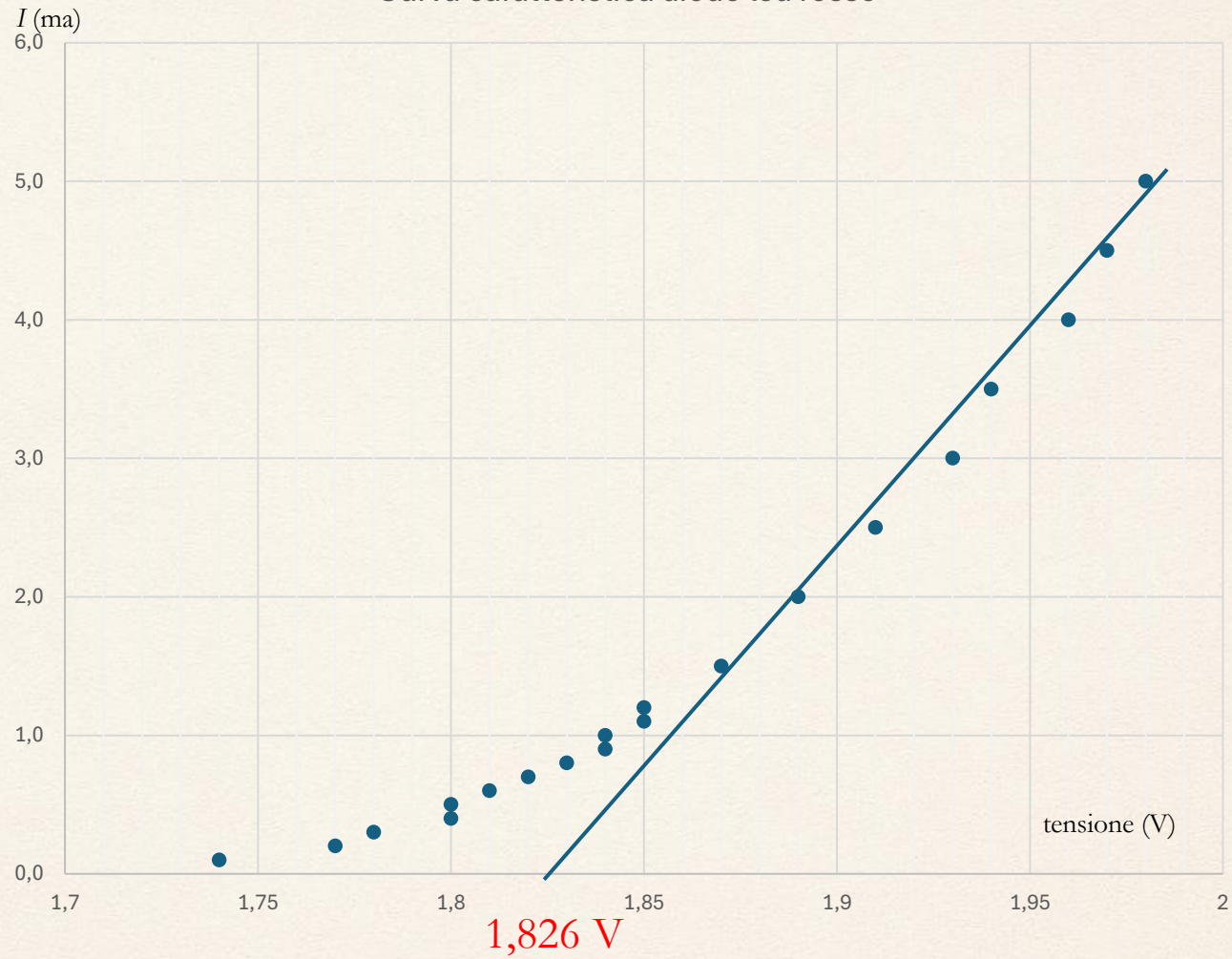
$$E = V_{cc}q = h\nu$$



$V_{cc}$  = È la tensione minima necessaria affinché il processo di ricombinazione nella giunzione del diodo (che porta all'emissione luminosa) diventi efficace. Questa tensione varia in base ai materiali semiconduttori del LED. La variazione della tensione di soglia è correlata alla lunghezza d'onda (e quindi al colore) della luce emessa dall'elettrode.

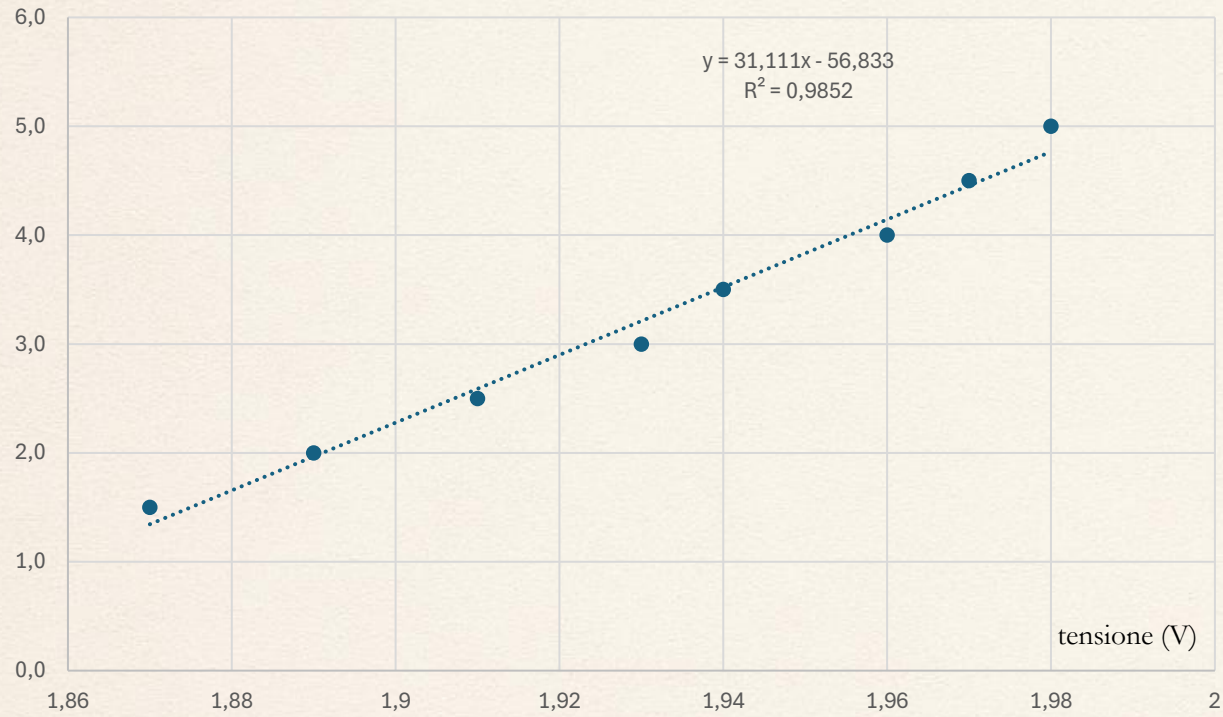
Curva caratteristica diodo led rosso

V (Volt)	I (mA)
1,74	0,1
1,77	0,2
1,78	0,3
1,80	0,4
1,80	0,5
1,81	0,6
1,82	0,7
1,83	0,8
1,84	0,9
1,84	1,0
1,85	1,1
1,85	1,2
1,87	1,5
1,89	2,0
1,91	2,5
1,93	3,0
1,94	3,5
1,96	4,0
1,97	4,5
1,98	5,0



I (ma)

Curva caratteristica diodo ler rosso

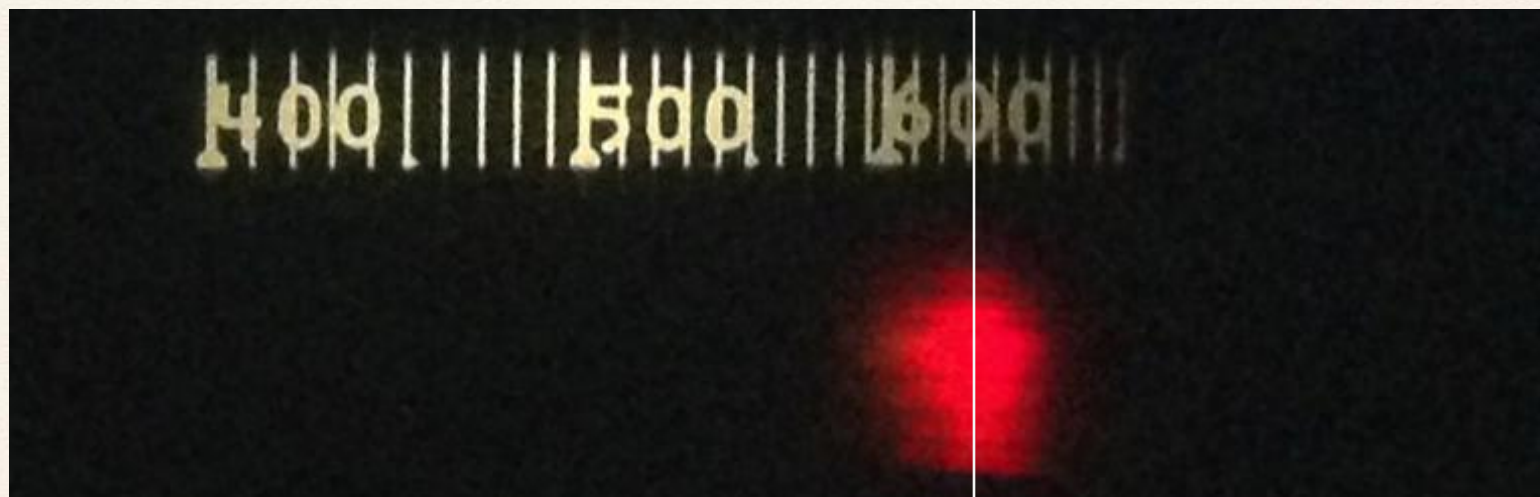
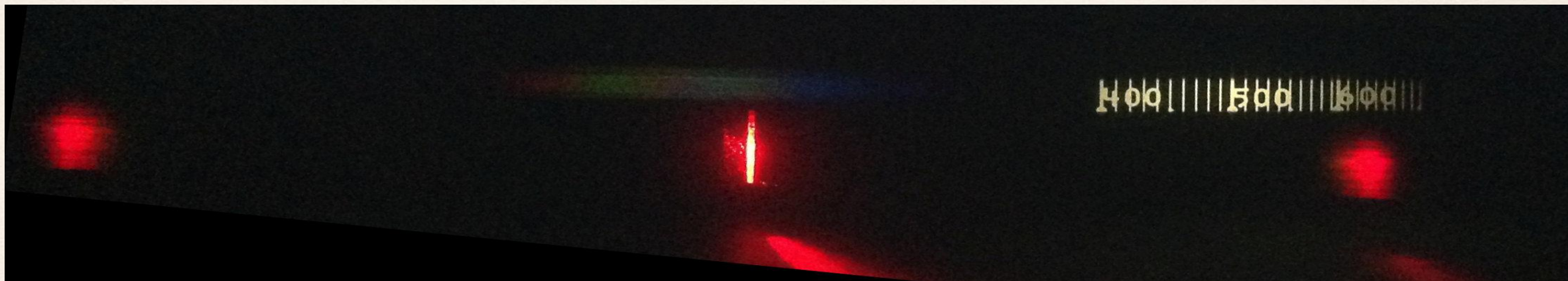


$$V_{CC} = \frac{56,8}{31,1} = 1,826 V$$

$$e = 1,602 \cdot 10^{-19} C$$

$$c = 299792458 \text{ m/s}$$

$$v = ?$$



$$V_{cc} = \frac{56,8}{31,1} = 1,826 \text{ V}$$

$$e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

$$c = 299792458 \text{ m/s}$$

$$\lambda = 630 \text{ nm}$$

$$\nu = \frac{c}{\lambda} = 4,76 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

$$h = \frac{q V_{cc}}{\nu} = 6,2 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$$

Bibliografia recente:

Silvano Sgrignoli, *Un esperimento "classico" rivisitato: la misura di h con i LED*, La Fisica nella Scuola, LI, 2, 2018