

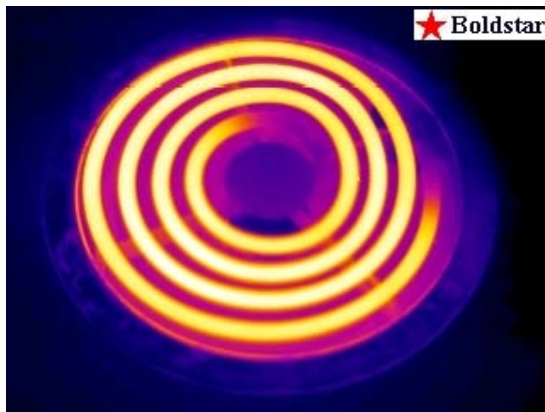
Física Experimental IV

A radiação do corpo negro e a constante de Planck

Prof. Dr. Lucas Barboza Sarno da Silva

A radiação do corpo negro e as hipóteses de Planck

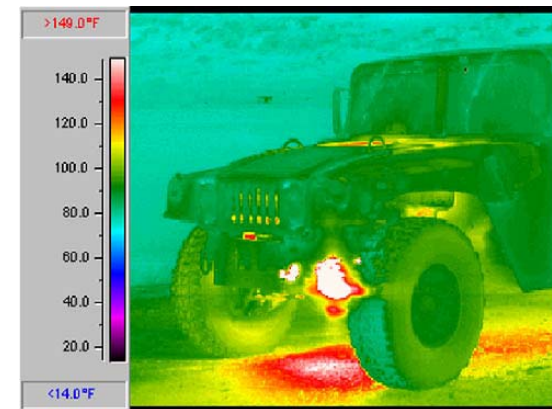
Um corpo, em qualquer temperatura emite radiação, algumas vezes denominada radiação térmica.



Material aquecido emite no visível

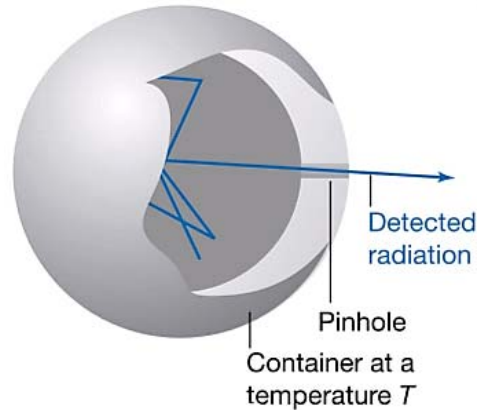
As características desta radiação dependem da temperatura e das propriedades do corpo.

O estudo minucioso da radiação térmica mostra que ela consiste em uma **distribuição contínua de comprimentos de onda**, que vão do infravermelho, passam pelo visível e chegam à parte ultravioleta do espectro.



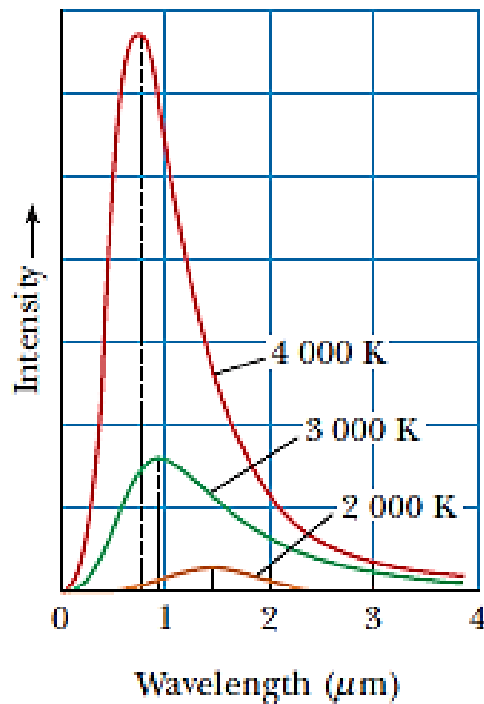
Material em baixa temperatura emite na região do infravermelho

Corpo Negro



O problema fundamental da teoria clássica era o entendimento da distribuição de comprimentos de onda observada na radiação emitida de um corpo negro.

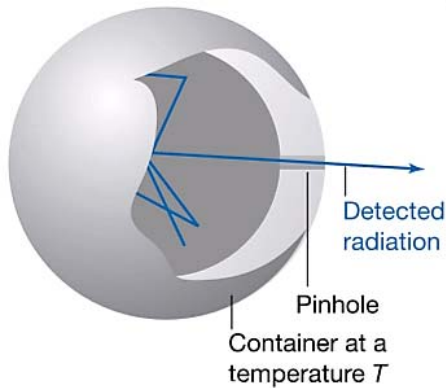
Um corpo negro é um sistema ideal que absorve toda a radiação incidente sobre ele.



A natureza da radiação emitida depende somente da temperatura das paredes da cavidade.

A energia irradiada varia com o comprimento de onda e com a temperatura.

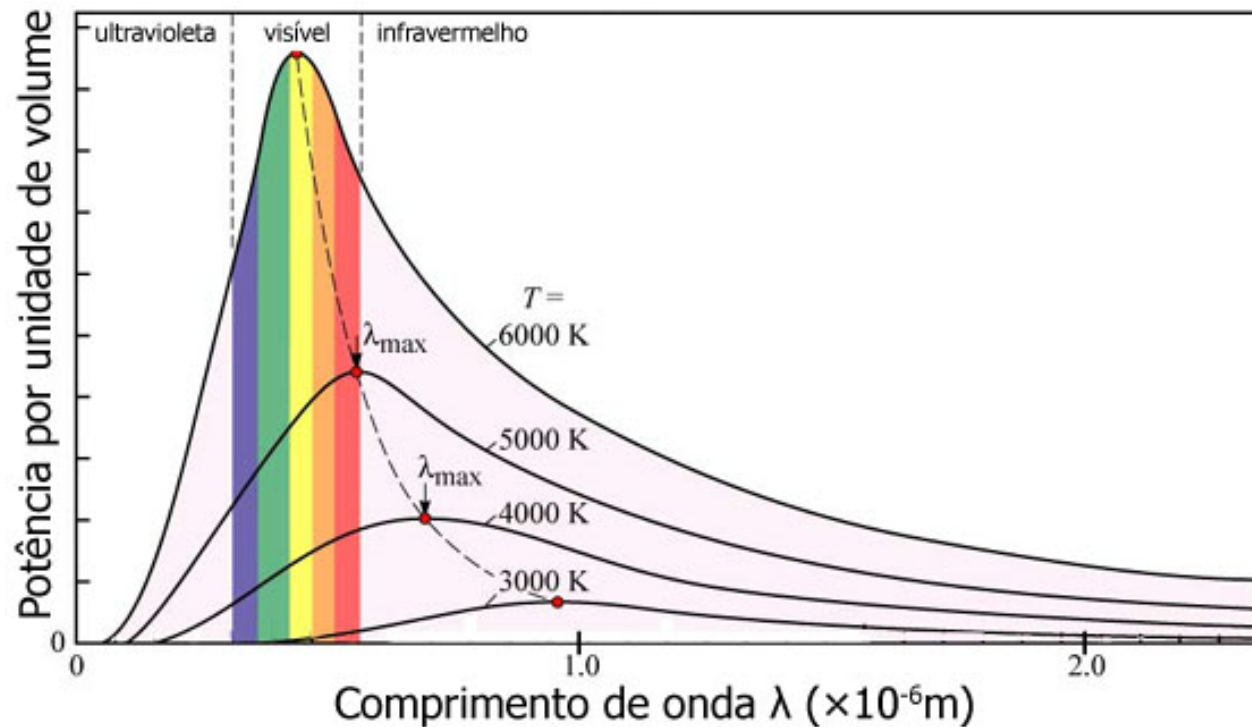
Corpo Negro



Com a elevação da temperatura, o pico da distribuição se desloca para os comprimentos de ondas menores.

Lei do deslocamento de Wien:

$$\lambda_{\text{máx}} T = 0,2898 \cdot 10^{-2} \text{ m.K}$$



Exemplo:

Radiação térmica do corpo humano

A temperatura da pele é, aproximadamente, de 35°C. Qual o comprimento de onda da radiação emitida pela pele?

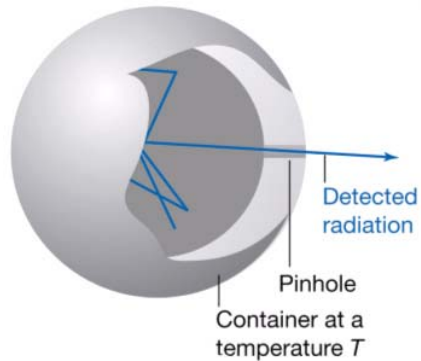
Lei do deslocamento de Wien:

$$\lambda_{m\acute{a}x} T = 0,2898 \cdot 10^{-2} \text{ m.K}$$

$$\lambda_{m\acute{a}x} = \frac{0,2898 \cdot 10^{-2} \text{ m.K}}{(35 + 273) \text{ K}} = 9,40 \mu\text{m}$$

Esta radiação está na região do infravermelho do espectro.

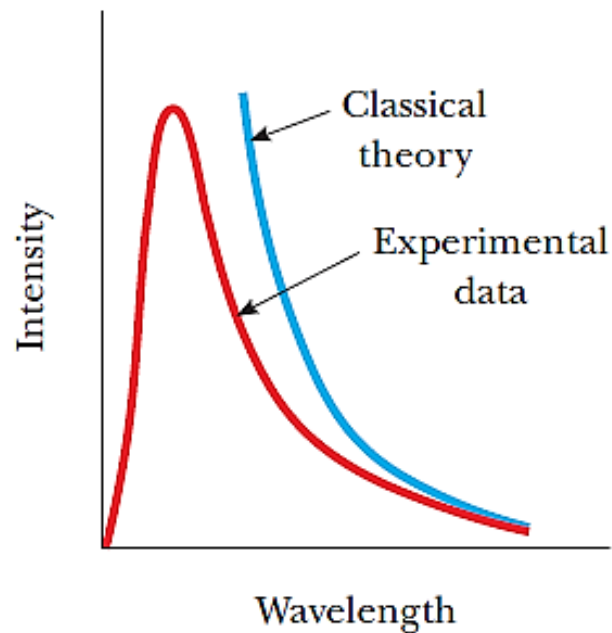
Corpo Negro



O resultado de um cálculo baseado no modelo clássico, **Teoria de Rayleigh-Jeans**, mostra que:

$$I(\lambda, T) = \frac{2\pi c k_B T}{\lambda^4}$$

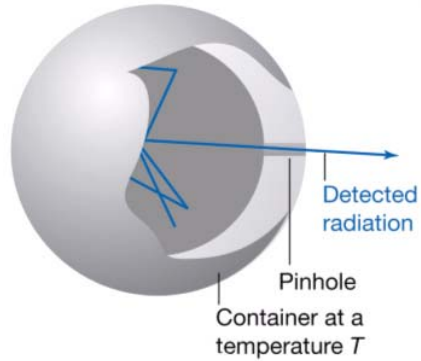
Catástrofe do Ultravioleta



onde, $k_B = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J / K}$
(Constante de Boltzmann)

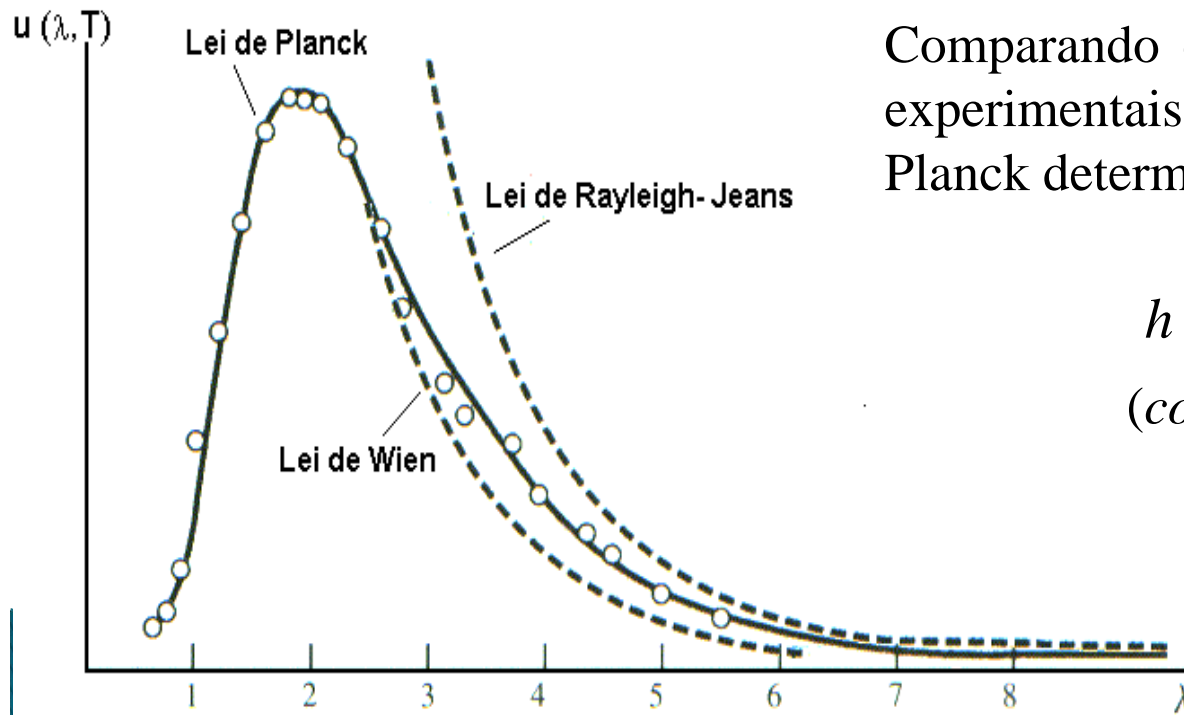
A lei de Rayleigh-Jeans concorda com os resultados experimentais para longos comprimentos de onda

Corpo Negro



Planck postulou a expressão (*lei da radiação de Planck*):

$$I(\lambda, T) = \frac{2\pi c^2 h}{\lambda^5 \left(e^{hc/\lambda k_B T} - 1 \right)}$$

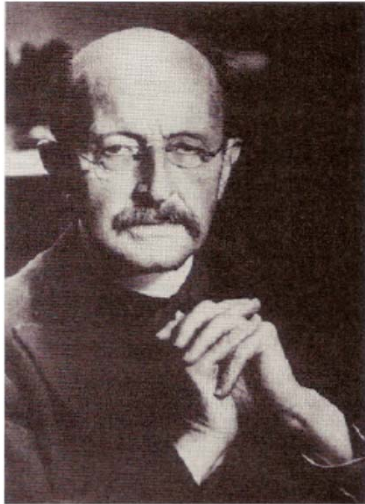


Comparando esta expressão com resultados experimentais para várias temperaturas, Planck determinou o valor de h como:

$$h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J.s}$$

(*constante de Planck*)

Os Postulados de Planck e suas implicações



Max Planck, por descobrir que a energia é quantizada, recebeu o Prêmio Nobel de Física em 1918.

Como foi visto, em 1900, Max Planck desenvolveu um modelo matemático para a emissão de radiação eletromagnética, que se ajustava perfeitamente aos dados experimentais.

Para isso, teve de admitir que a emissão de energia não era contínua. No modelo de Planck, a radiação era emitida e absorvida em pequenos pacotes de energia, denominados *quanta*, donde o nome teoria dos *quanta*, ou **teoria quântica**.

Os Postulados de Planck e suas implicações

1. Planck considerou que, na superfície do corpo negro, existem osciladores harmônicos simples (cargas elétricas oscilantes). As partículas oscilantes, que emitem radiação, podem ter apenas determinadas quantidades de energia, com **valores discretos**:

$$E_n = n h f$$

onde, n = um número inteiro positivo (**número quântico**)

f = a frequência de vibração das moléculas

$h = 6,626 \cdot 10^{-34}$ J.s (constante de Planck)

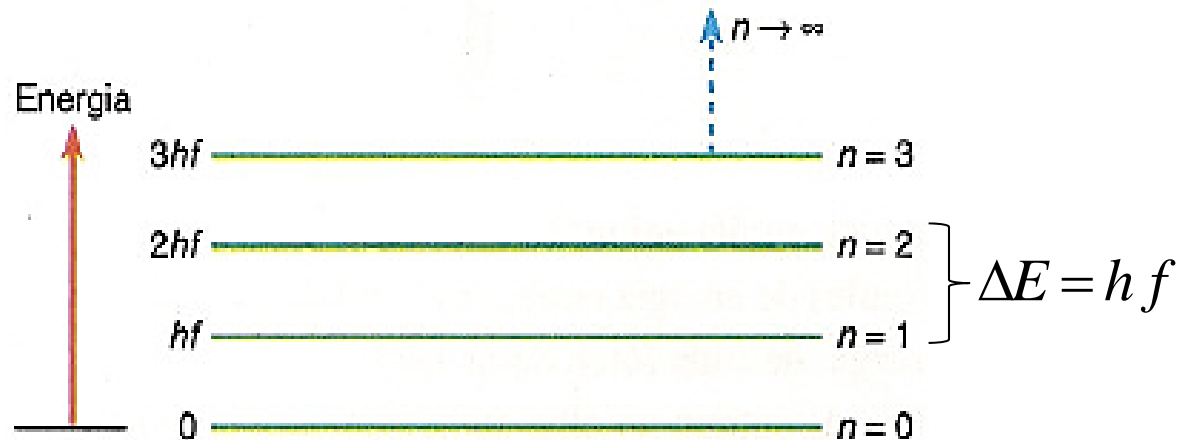
2. Planck também considerou que as moléculas **emitem ou absorvem energia em unidades discretas de energia** luminosa, os **quanta** (ou fótons).

$$E = hf$$

Por exemplo:

- De $n = 2$ para $n = 1$, emite uma porção discreta de energia igual a hf , que é a diferença entre $2hf$ e $1hf$.
- De $n = 1$ para $n = 2$, absorve uma porção discreta de energia hf .

Portanto, a emissão e a absorção de energia também se dão em quantidades quantizadas.



O Postulado de Planck:

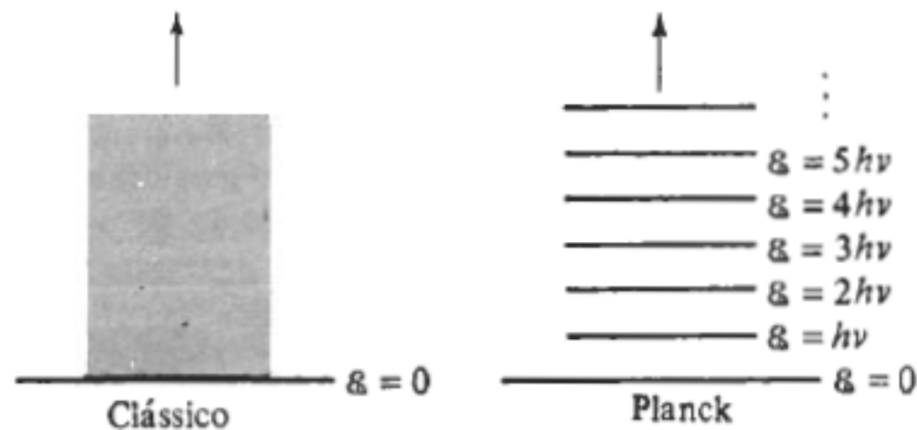
A energia total E de qualquer entidade física cuja única “*coordenada*” execute oscilações harmônicas simples (isto é, seja expressa por uma função senoidal do tempo) pode assumir tão somente valores que satisfaçam a relação

$$E_n = n h f$$

onde, $n =$ um número inteiro positivo (número quântico)

$f =$ a frequência de vibração das moléculas

$h = 6,626.10^{-34} \text{ J.s}$ (constante de Planck)



Início da Física Moderna

Vários fenômenos, não podiam ser compreendidos nos quadros da física clássica

- a radiação do corpo negro
- o efeito fotoelétrico
- a emissão de raios espectrais nítidas pelos átomos em uma descarga em gás

Uma outra revolução ocorreu na física entre 1900 e 1930, no período em que acolheu um modelo novo e mais geral chamado de **mecânica quântica**.

Esta nova abordagem teve muito êxito na explicação do comportamento dos átomos, das moléculas e dos núcleos.

- Além disso, a teoria quântica se reduz à física clássica ao ser aplicada aos sistemas macroscópicos.

Nosso próximo experimento:

Determinação experimental da constante de Planck

$$h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J.s}$$

(*constante de Planck*)