

# Atomfizika előadás

## 5. A feketetest-sugárzás törvényei

2008. október 13.

# Miért sugároznak a testek?

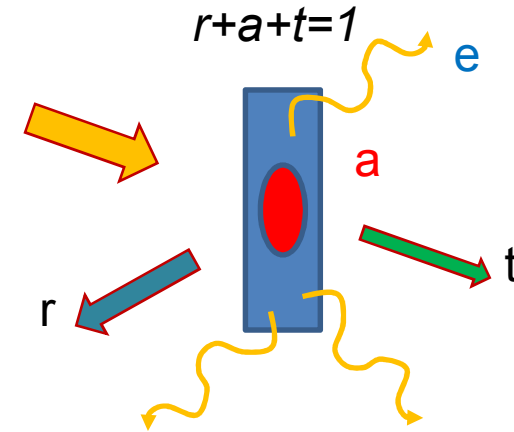
- gyorsuló töltés sugároz
- kristályrácsban az atomtörzsek mozognak, közel parabola potenciálban
- molekulák is képesek belső mozgásra
- **atomi oszcillátorok**
- kibocsát energiát – „kisebb” oszcilláció
- elnyel energiát – „nagyobb” oszcilláció

# Fekete testek sugárzása

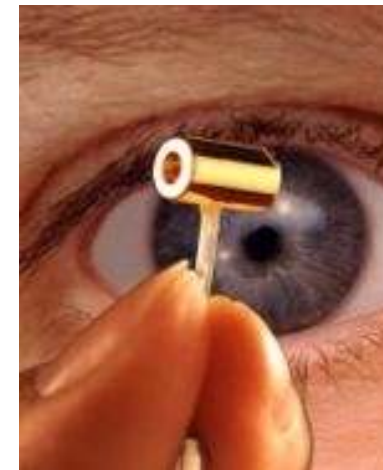
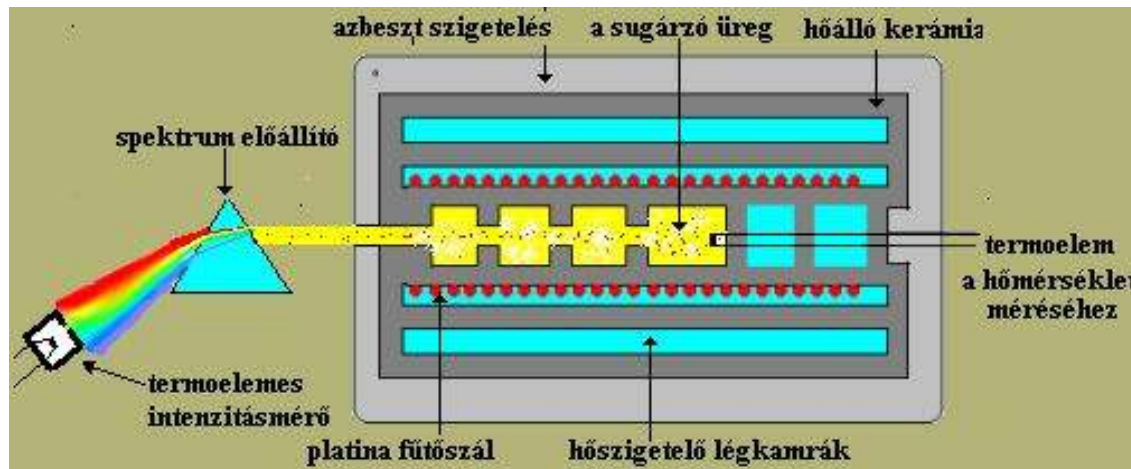
Kirchhoff 1860

$$\frac{e_1}{a_1} = \frac{e_2}{a_2} = \varepsilon$$

abszolút fekete test  $\varepsilon=1$



a kibocsátott sugárzás frekvenciaeloszlása



Sugárzás **termikus egyensúly**ban van a kályhával (hőmérsékleti sugárzás, üregsugárzás)

# Planck-görbe

$\Delta E = n e_0$   $n = \text{egész}$   
kvantumhipotézis

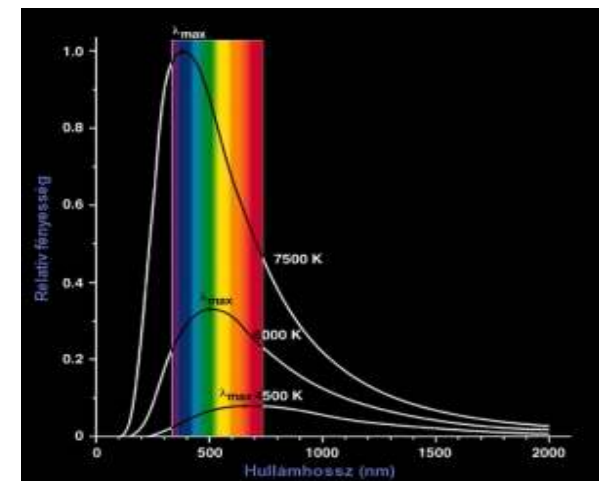
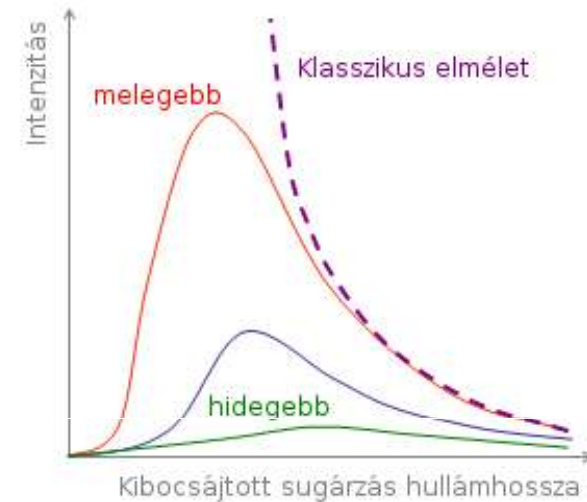
$$E_1 = m e_0, \quad p(m) = (\dots) e^{-m e_0 / k T}$$

Átlagos energia:  $E = \sum p(m) m e_0$

$$e_0 = h \nu$$

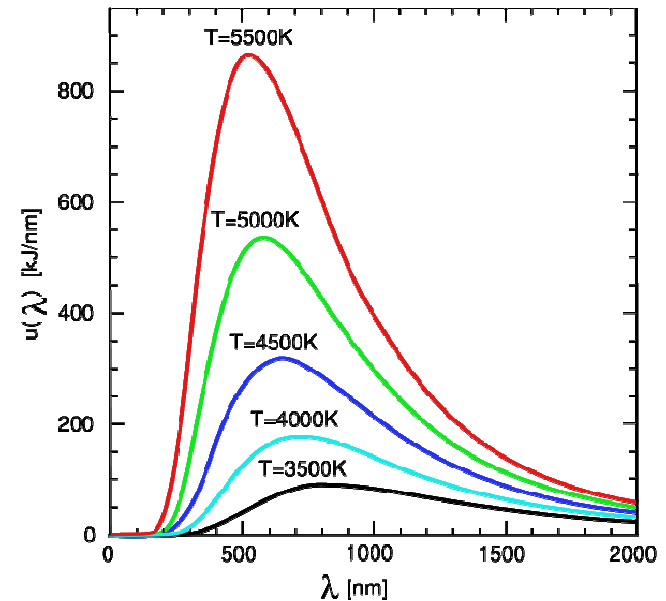
$I$  = egységnyi frekvenciaintervallumban  
egységnyi térszögben kibocsátott energia  
felületegységenként, időegységenként

$$I(\nu, T) d\nu = \frac{2 h \nu^3}{c^2} \frac{1}{e^{\frac{h \nu}{k T}} - 1} d\nu$$



# Wien-féle eltolódási törvények

$$I(\nu) = I(\lambda) \frac{d\lambda}{d\nu}$$



$$\lambda_{\max} \rightarrow \frac{dI(\lambda)}{d\lambda} = 0 \rightarrow \lambda_{\max} = \frac{c_1}{T} = \frac{2,898\text{mmK}}{T}$$

$$\nu_{\max} \rightarrow \frac{dI(\nu)}{d\nu} = 0 \rightarrow \nu_{\max} = c_2 T = T$$

# Stefan-Boltzmann törvény

$W = \pi \int I(\nu) d\nu$  – energiaáramsűrűség az összes frekvenciára és térszögre összeadva ( $W/(m^2K^4)$ )

$$\int \frac{2\pi h}{c^2} \frac{\nu^3}{e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1} d\nu = \frac{2\pi h}{c^2} \int \left(\frac{h}{kT}\right)^3 \nu^3 \frac{h}{kT} d\nu \left(\frac{kT}{h}\right)^4 = \frac{2\pi k^4}{c^2 h^3} T^4 \int \frac{x^3}{e^x - 1} dx$$

$x = h\nu/kT$  helyettesítéssel  
az integrál egy szám ( $\pi^4/15$ )

$$W = \sigma T^4$$

$$\sigma = 56,7 \text{ nW}/(m^2K^4)$$

$$\text{energia: } E = A \sigma T^4 \varepsilon$$

# Hőmérséklet meghatározása

## 1. Nap

$$W = 56,7 \text{ nW}/(\text{m}^2\text{K}^4) T^4$$

$$T=5780 \text{ K}$$

Wien törvény  $\rightarrow$  más T



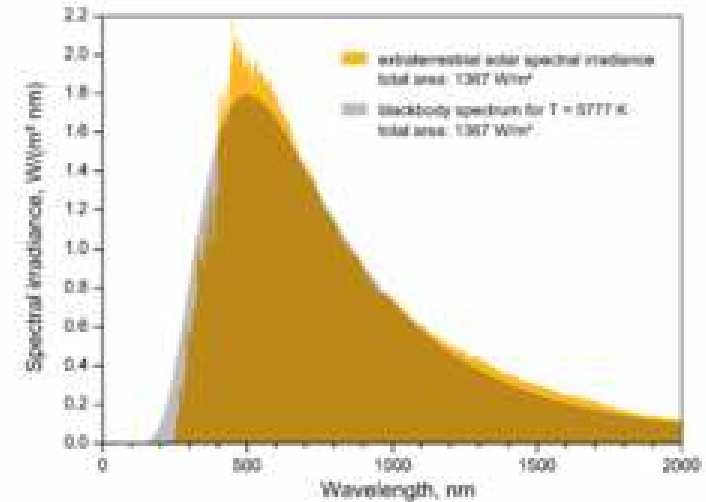
## 2. izzó

2500 K



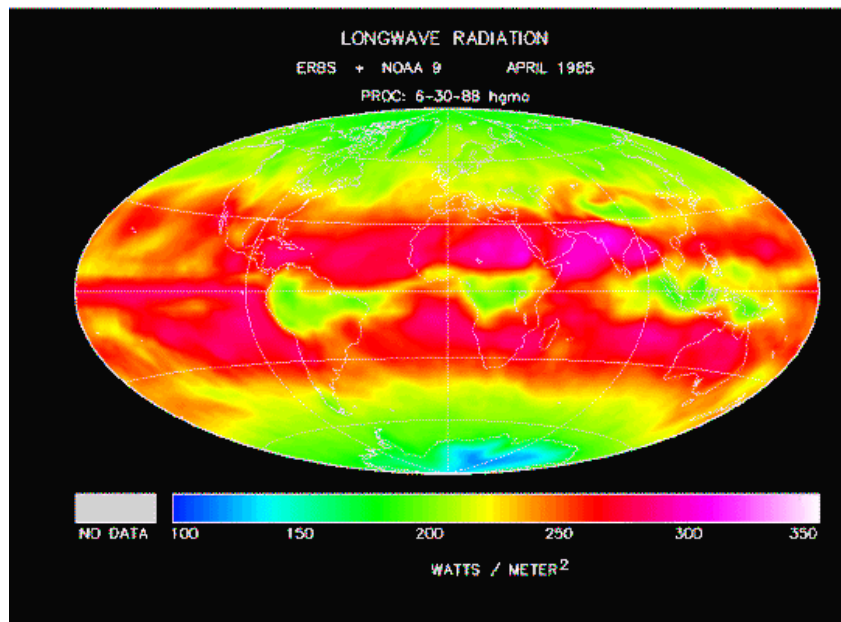
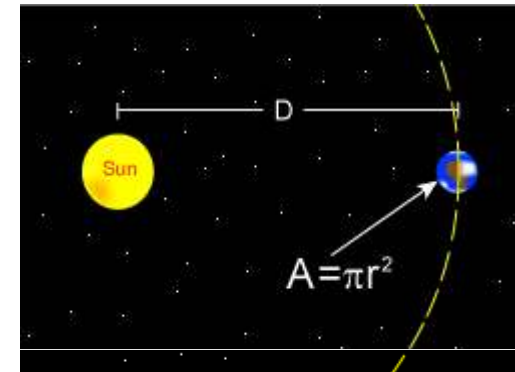
## 3. láva

1200 °C



# A Föld kisugárzása

$$(\sigma T_S^4) (4\pi R_S^2) (1 - \alpha) \left( \frac{\pi R_E^2}{4\pi D^2} \right) = (\sigma T_E^4) (4\pi R_E^2).$$



$$W = 56,7 \text{ nW}/(\text{m}^2\text{K}^4) T^4$$

$$250 \text{ W}/\text{m}^2 \rightarrow 257 \text{ K}$$

A felszín ennél melegebb

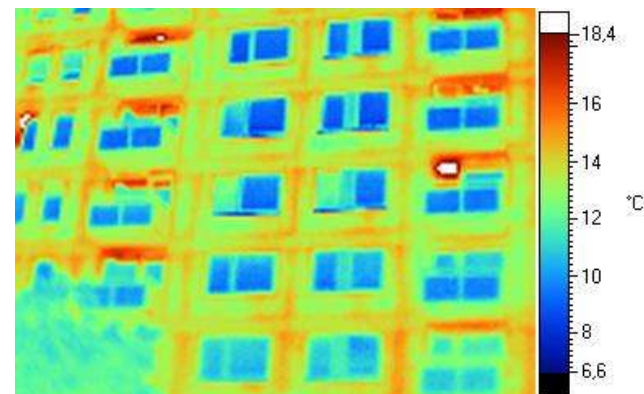


# Hőterkép

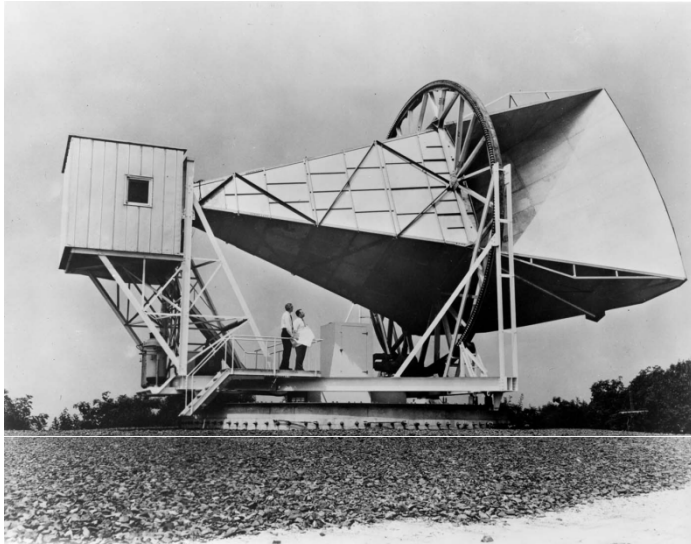
$$W = 56,7 \text{ nW}/(\text{m}^2\text{K}^4) T^4$$

$$\lambda_{\text{max}} = 2,898 \text{ mmK}/310 \text{ K} = 9,4 \text{ } \mu\text{m}$$

infravörös



# Kozmikus Mikrohullámú Háttérsugárzás



$$\lambda_{\max} = 1,07 \text{ mm}$$

$$T = 2,898 \text{ mmK} / 1,07 \text{ mm}$$

$$T = 2,7 \text{ K}$$

