

## \* Thermal Radiation.

Ex. 3.6  $T_1 = 20^\circ\text{C} \rightarrow \lambda^{(max)} = ?$

(a)  $\lambda^{(max)}$   $T_1 = 2.8978 \times 10^{-3} \text{ m.K}$

$$\lambda_{max} = \frac{2.8978 \times 10^{-3} \text{ m.K}}{(273 + 20) \text{ K}} = 9.89 \mu\text{m}$$

گازوں کی فزیشن میں غالب داری

(b)  $\lambda^{(max)} = 650 \text{ nm} \rightarrow T_2 = ?$

$$T_2 = \frac{2.8978 \times 10^{-3} \text{ m.K}}{650 \times 10^{-9} \text{ m}} = 4460 \text{ K}$$

وضوح سے زیادہ اہم

(c)  $\frac{I(T=T_2)}{I(T=T_1)} = \frac{\cancel{b} T_2^4}{\cancel{b} T_1^4} = \frac{(4460)^4}{(293)^4} \approx 10^4$

برائے حساب  $I(\lambda, T)$  ابتدا میں ہم احوال دیکھیں گے

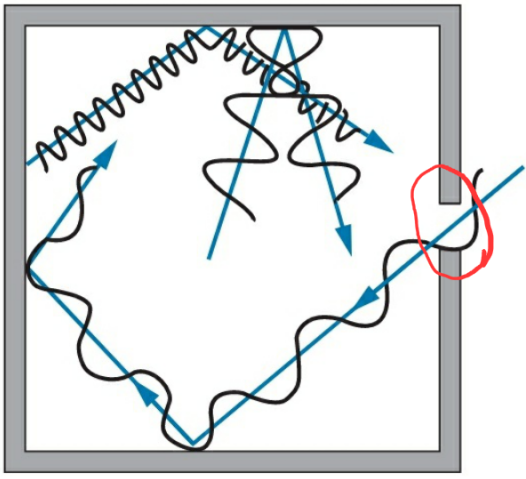


FIGURE 3.14 A cavity filled with electromagnetic radiation in thermal equilibrium with its walls at temperature  $T$ . Some radiation escapes through the hole, which represents an ideal blackbody.

این تابش نوعی از جسم سیاه  
ایدهال

$$I(\lambda, T) = ? \int dE$$

$$\left[ \frac{W}{m^2 m} \right] = \frac{dA dt d\lambda}{m^2 s m} = ?$$

Ideal Black-Body

☆ جسم سیاه ایدهال

جسمی که در مقابل تمام تابش‌های الکترومغناطیسی را جذب می‌کند  
و در صورتی که شرایط تابش فراهم شود تمام تابش جذب شود تابش می‌کند.

$$\left\{ \begin{array}{l} I(\lambda, T) \\ I(f, T) \end{array} \right\}$$

در سؤال اصلی که بر حسب حجم

① تعداد فوتون‌های تابش  
از واحد سطح در واحد زمان  
در بازه طول موج  
 $\lambda, \lambda + d\lambda$

$$\frac{d^3 N}{dA dt d\lambda} = ?$$

② انرژی تابش شده از واحد سطح  
در واحد زمان در بازه طول موج

$$\frac{d^3 E}{dA dt d\lambda} = ?$$

شدت =  $\left[ \frac{W}{m^2} \right] = \frac{\text{انرژی}}{\text{سطح زمان}}$

Intensity

$$I(T) = \int_0^\infty d\lambda \left( \frac{d^3 E}{dA dt d\lambda} \right)$$

$$F(A, t) = \int_0^\infty d\lambda F(A, t, \lambda)$$

در سطح اصلی  $I(\lambda)$  تابش شده

من اسم آنرا  $I(\lambda, T)$  می نامم

من اسم آنرا  $I(\lambda, T)$

$$I(T) = \int_0^\infty d\lambda I(\lambda, T)$$

شدت در بازه طول موج

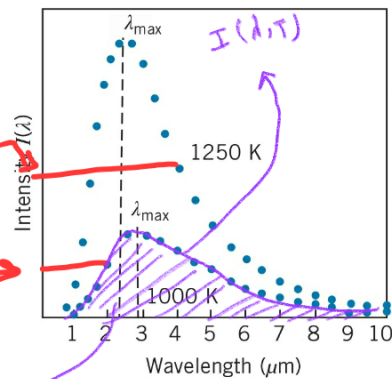


FIGURE 3.13 A possible result of the measurement of the radiation intensity over many different wavelengths. Each different temperature of the emitting body gives a different peak  $\lambda_{\text{max}}$ .

Flux

$c$

$$E = hf = hc/\lambda$$

$$I(\lambda, T) = \frac{d^3 E}{dA dt d\lambda} = \frac{dR}{d\lambda} \times \text{Energy}$$

انرژی فوتون

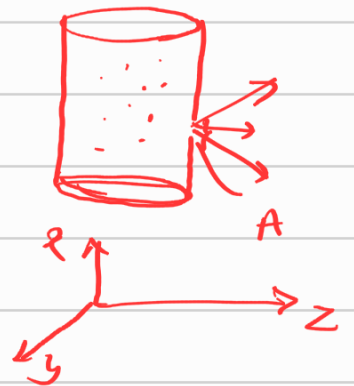
$$= \frac{d^3 N}{dA dt d\lambda} \times E$$

$$= \frac{d}{d\lambda} \left( \frac{d^2 N}{dA dt} \right) \times E$$

شمار ذرات (تعداد فوتون) خارج شده از واحد سطح در بازه زمانی  $t$  و  $t+dt$   
 خط تعداد فوتون

$$R = \frac{1}{4} c n$$

سرعت ذرات (فوتون)



$$\left(\frac{1}{2}\right) \times \left(\frac{1}{2}\right)$$

نسبت ذراتی که در راستای  $z$  حرکت می کنند  $270^\circ$   
 سهم انتشار کروی بر روی سطح  $(2\pi \sin^2 \theta)$

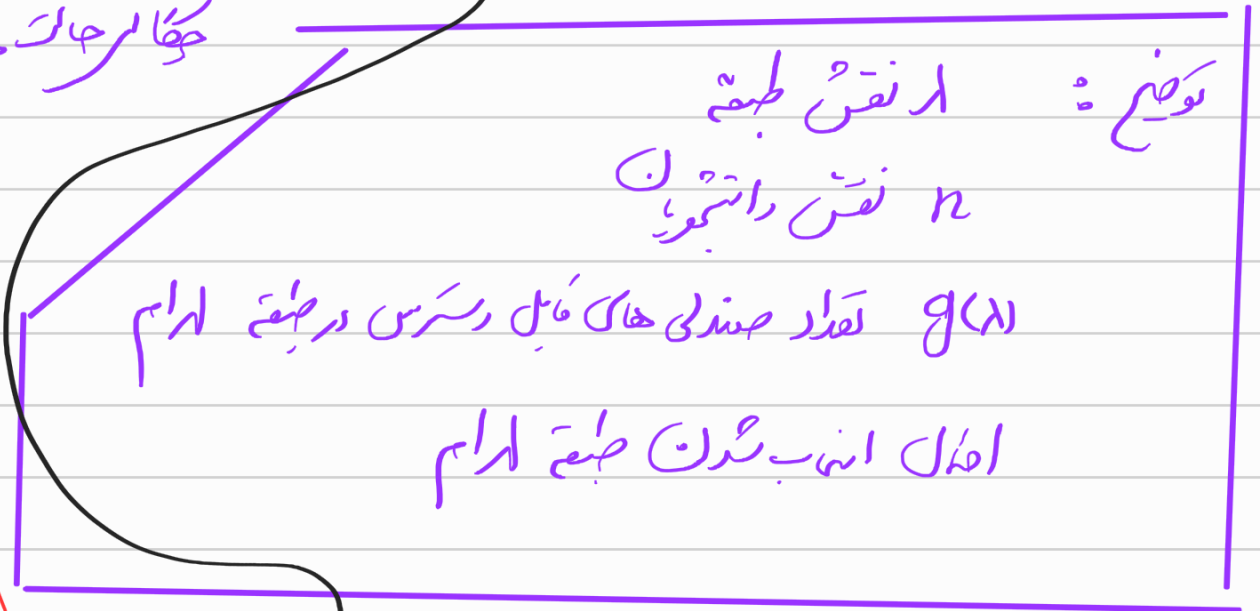
$$I(T, \lambda) = \frac{dR}{d\lambda} E = \frac{1}{4} c \frac{dn}{d\lambda} E$$

عقب بندی

حجم لعدد فوتون ها در بازن طول موج  
 $g(\lambda)$

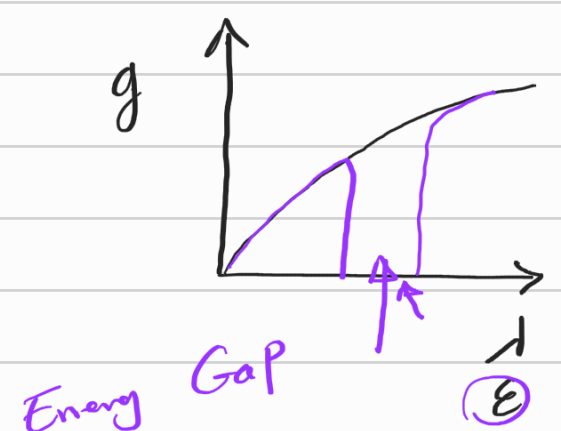
$$I(T, \lambda) = \frac{1}{4} c \frac{dn(\lambda)}{d\lambda} \epsilon$$

$\frac{dn}{d\lambda} = g(\lambda) \times$  اصل وجود فوتون ها در طول موج  
 حتماً جهات های قابل دسترسی



حجم  $n = \int d\lambda g(\lambda) \bar{n}(\lambda)$

Density of state (DOS)



$$\frac{dn}{d\lambda} = \frac{g(\lambda) \bar{n}(\lambda)}{V} = \frac{g(\lambda) \bar{n}(\lambda)}{V}$$

اعداد انتقال      مقادیر حالت؟

حالا از روی دربر طریقه و کوانتومی حالت بد را حساب کنیم.

classical approach: [Rayleigh-Jeans]

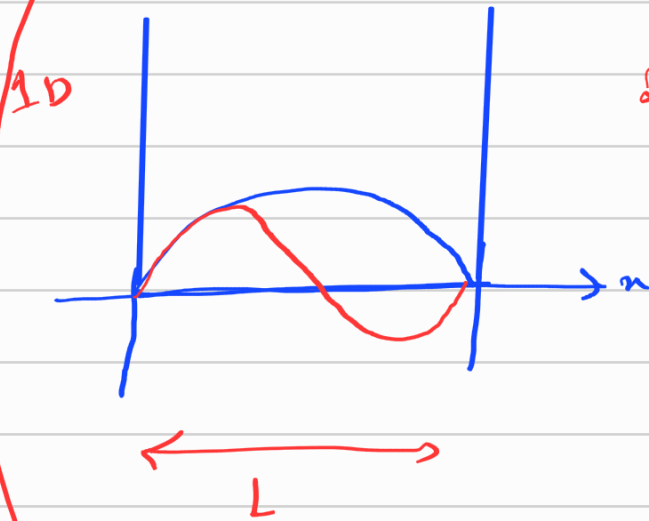
$g(\lambda) = ?$  → مربع انتیاده مدل می کنیم

$\bar{n}(\lambda) = ? = cts = 1$  یعنی اعداد انتقال به یک یک فرض می کنیم

$$\frac{2\pi}{\lambda} = K = \left( \frac{\pi}{L} n_x, \frac{\pi}{L} n_y, \frac{\pi}{L} n_z \right)$$

$$\lambda_x = \frac{2L}{n_x}$$

$(n_x, n_y, n_z) = 1, 2, - \dots$



$$g(\lambda) d\lambda = 2 \frac{4\pi K^2 dK}{\left(\frac{2\pi}{L}\right)^3}$$

تقریباً عرض ابراج انرژی

$$g(\lambda) = \frac{8\pi(K^2) V}{8\pi^3} \frac{dK}{d\lambda} \quad K = \frac{2\pi}{\lambda}$$

$$g(\lambda) = \frac{8\pi V}{\lambda^4}$$

$$I(\lambda, T) = \frac{1}{4} c \frac{dn}{d\lambda} \epsilon$$

$$= \frac{1}{4} c \frac{g(\lambda) \bar{n}(\lambda)}{V} \epsilon$$

$$= \frac{1}{4} c \frac{8\pi V}{\lambda^4 V} \bar{n}(\lambda) \epsilon$$

$$= \frac{2\pi c}{\lambda^4} 1 K_B T$$

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

$$I(T) = \int_0^{\infty} d\lambda I(\lambda, T) = \int_0^{\infty} d\lambda \frac{2\pi c K_B T}{\lambda^4} = \infty$$

{ ultraviolet catastrophic phenomena }  
 ماحجه فرانسيس

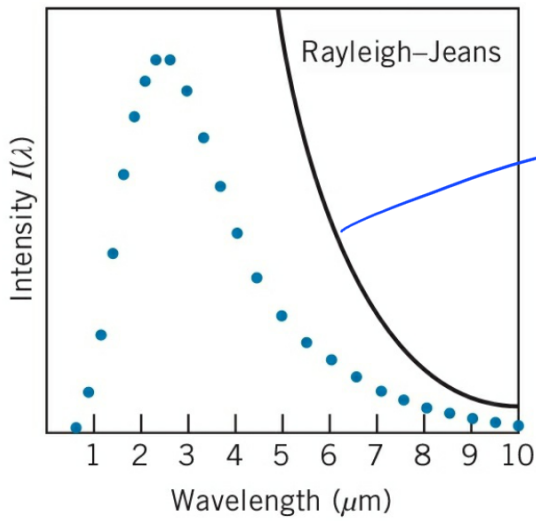


FIGURE 3.15 The failure of the classical Rayleigh-Jeans formula to fit the observed intensity. At long wavelengths the theory approaches the data, but at short wavelengths the classical formula fails miserably.

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

$$\int_0^{\infty} d\lambda \frac{2\pi C}{\lambda^4} K_B T \rightarrow \infty$$

تغییر لازم

$$\bar{n}(\lambda) = ?$$

$$\mathcal{E} = ?$$

$$g(\lambda) = \frac{8\pi V}{\lambda^4}$$

پیش بینی کلاسیک  
↓

$$\bar{n}(\lambda) = \frac{\beta \mathcal{E}}{e^{-1}} = \frac{\frac{hc}{K_B T \lambda}}{e^{-1} - 1}$$

آمار بوزون  
فوتون

$$\mathcal{E} = \frac{hc}{\lambda} \neq K_B T$$



$$I(\lambda, T) = \frac{1}{4} c \frac{g(\lambda) \bar{n}(\lambda)}{V} \left( \frac{hc}{\lambda} \right)$$

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

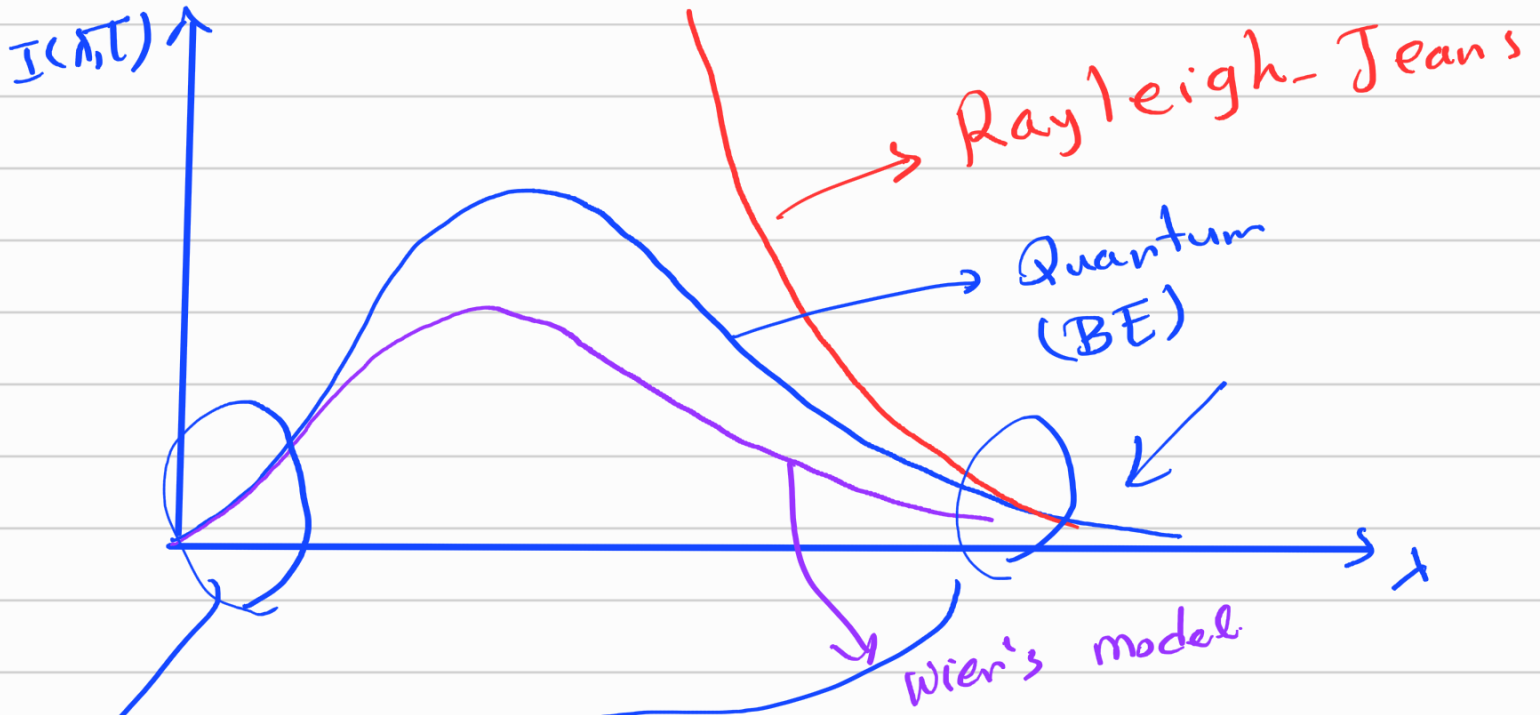
پتہ آتے ہیں سب، بار 1

رہا نہ سوچ:

$$I(\lambda, T) = \frac{1}{4} c \frac{g(\lambda) \bar{n}(\lambda)}{V} \epsilon$$

$$= \frac{1}{4} c \frac{8\pi V}{\lambda^4} e^{-\frac{\beta hc}{\lambda}} \frac{hc}{\lambda}$$

→ Wien's model.



$$\left. \frac{dI}{d\lambda} \right|_{\lambda = \lambda_{\text{max}}} = 0$$

$$\hbar \omega_{\text{max}} = 2.821 K_B T$$

BE

$$\hbar \omega_{\text{max}} = 3 K_B T$$

Wien's

RT

$$K_B T \gg \hbar \omega$$

Wien's

$$K_B T \ll \hbar \omega$$