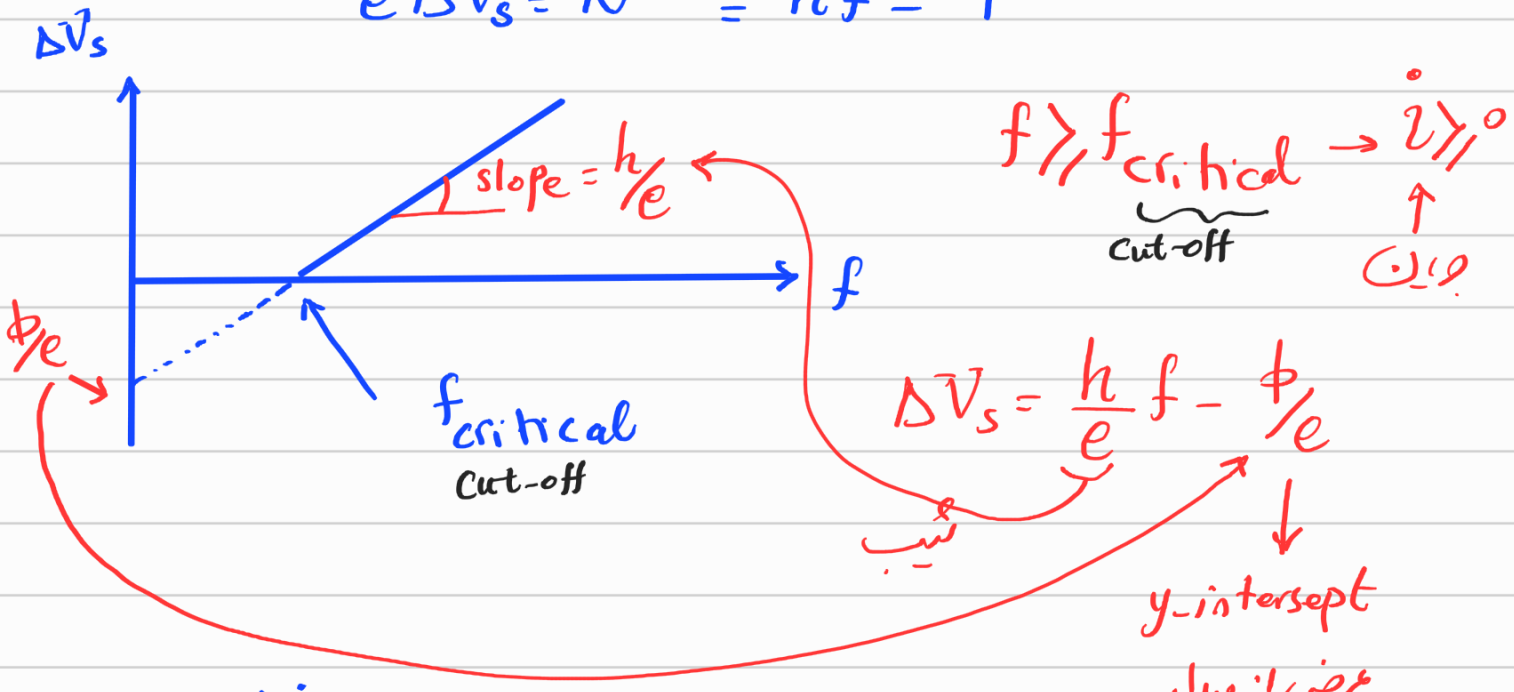
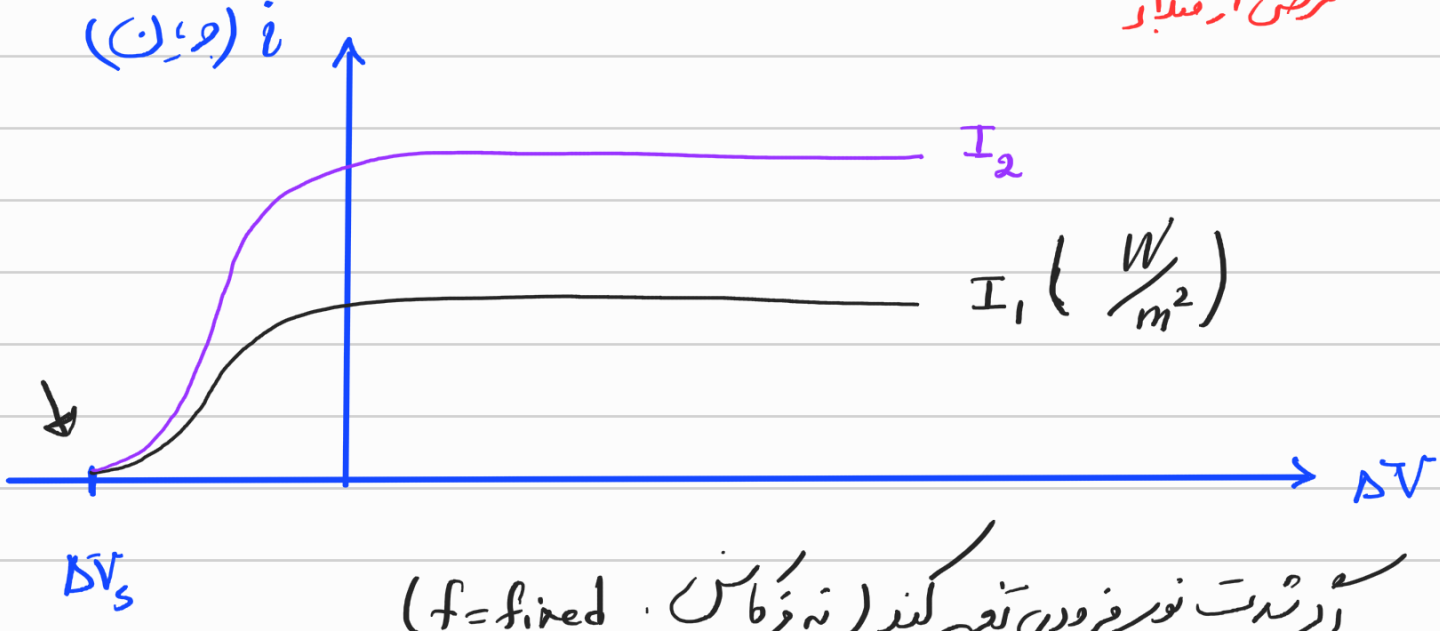
بسم الله الرحمن الرحیم

3.2 - Photo-Electric Phenomena

اثر فوتوالکتریک

$$e\Delta V_s = K^{max} = hf - \phi$$





اگر شدت نور فرودی تغییر کند (نه فرکانس . f = fixed)

$$I_2 > I_1$$

فقط تعداد بسته های انرژی زیاد شده و در نتیجه تعداد بیشتری الکترون کنده می شوند پس جریان اضافه می شود. هرکدام از الکترون ها در رابطه زیر

صدق می‌کند

$$e\Delta V_s = hf - \phi$$

ثابت ← ثابت بوده و I (شدت نور) زیاد شود

N_e زیاد می‌شود پس

جریان الکترون‌ها زیاد می‌شود ← i افزایش می‌یابد

Ex 3.4

$\phi = 4.52\ eV$

(a) ΔV_s ← رهنما → $\lambda_{cut-off} = ?$

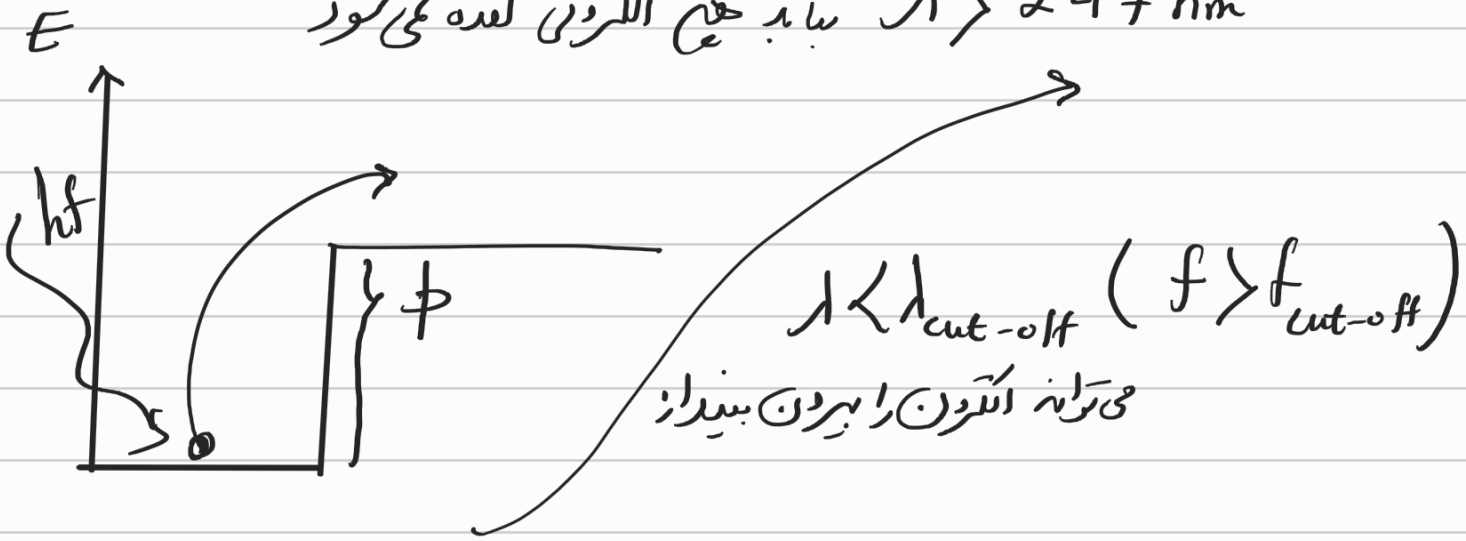
$hf - \phi = 0 \rightarrow$

$f = c/\lambda$

$$\lambda_{cut-off} = \frac{hc}{\phi} = 247\ nm$$

اگر نوری با طول موج بزرگ‌تر از

$\lambda > 247\ nm$ نباید هیچ الکترونی کنده نمی‌شود



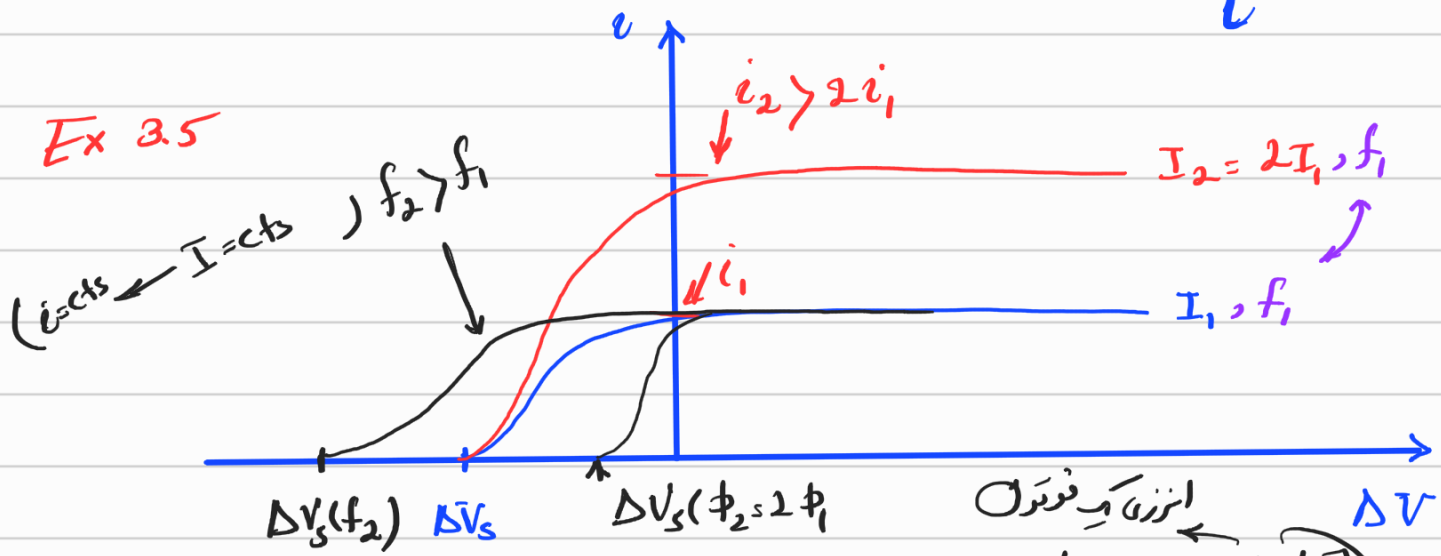
(b) $K_{max}\ (\lambda = 148nm)$

$$K_{max} = \frac{hc}{\lambda} - \phi = 4.52\ eV$$

© $\Delta V_s = \frac{K_{max}}{e} = 4.52\ V$

$i : \frac{\text{تعداد الکترون} \times e}{t}$

Ex 35



$[I] = \left[\frac{W}{m^2}\right] = \left[\frac{EN}{m^2 t}\right]$ تعداد فوتون

ⓐ If $I_1 \longrightarrow I_2 = 2I_1$

↑ انرژی تغییر نکرد

ⓑ If $f_2 > f_1$ ($I_1 = cts$) فرض

$$\Delta V_s = \frac{hf}{e} - \frac{\phi}{e}$$

$$\Delta V_s(f=f_1) = \frac{hf_1}{e} - \frac{\phi}{e}$$

$$\Delta V_s(f=f_2=2f_1) = \frac{hf_2}{e} - \frac{\phi}{e} = \frac{h2f_1}{e} - \frac{\phi}{e}$$

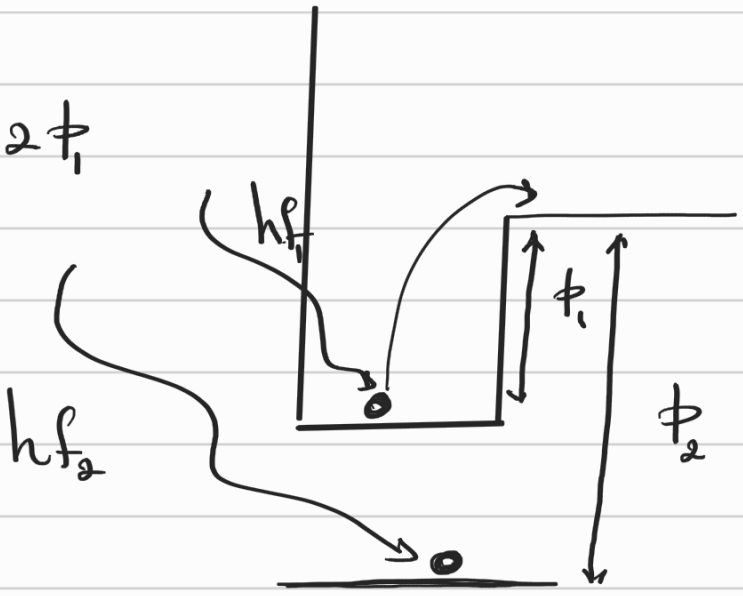
$$\Delta V_s(f_2) = 2\frac{hf_1}{e} - \frac{\phi}{e}$$

$$= \left(\frac{hf_1}{e} - \frac{\phi}{e}\right) + \frac{hf_1}{e}$$

$$\Delta V_s(f_2) = \Delta V_s(f_1) + \frac{hf_1}{e}$$

$$\Delta V_s(f_2) - \Delta V_s(f_1) = \frac{hf_1}{e} > 0$$

ⓒ $\phi_1 \rightarrow \phi_2 = 2\phi_1$



$$K_{max}(f_1, \phi_1) > K_{max}(f_1, 2\phi_1)$$

$$\downarrow$$

$$|\Delta V_s(f_1, \phi_1)| > |\Delta V_s(f_1, 2\phi_1)|$$

Ex: Time delay for photo-electric emission

ⓐ $\lambda = 400\,nm$

$I = 10^{-2}\ W/m^2$ $\longrightarrow$

$\phi = 2.22\,eV$

$r = 10^{-10}\,m$ شعاع اتم

کل انرژی واصل شده به یک اتم را محاسبه کنیم:

$$E = I \times \pi r^2 \times t$$

$$= 10^{-2}\ W/m^2 \times \pi (10^{-10})^2 \times t$$

$$E(t) = \left(3.14 \times 10^{-22}\ J/s\right) t = \Phi$$

(برای یک نقطه روی صفحه) $$t = \frac{\Phi}{3.14 \times 10^{-22}\ J/s} = 18.08\ min$$

زمانی که در آن شیء تقریباً آنی الکترون گسیل می‌کند.

(b) تعداد فوتون‌های حادثه:

$$E = hf = \frac{hc}{\lambda} = 4.96 \times 10^{-19}\ J$$

$$I = 10^{-2}\ W/m^2 = \frac{NE}{m^2 s}$$

$$N = \frac{I[W/m^2]}{E[J/photon]} = 2.02 \times 10^{16}\ \frac{photons}{s \cdot m^2}$$

تعداد فوتون‌های برخورد کننده به یک الکترون

$$2.02 \times 10^{16}\ \frac{photons}{s\,m^2} \times \pi r^2 = 6.3 \times 10^{-4}\ photons/s$$

تقریباً یک فوتون در هر ثانیه

در حوالی یک فوتون با $\lambda = 1000$ nm

3.3. Thermal Radiation (Black-Body)

تابش حرارتی

☆ دومین آزمایشی است که بر اساس نظریه موجی قابل توصیف نیست

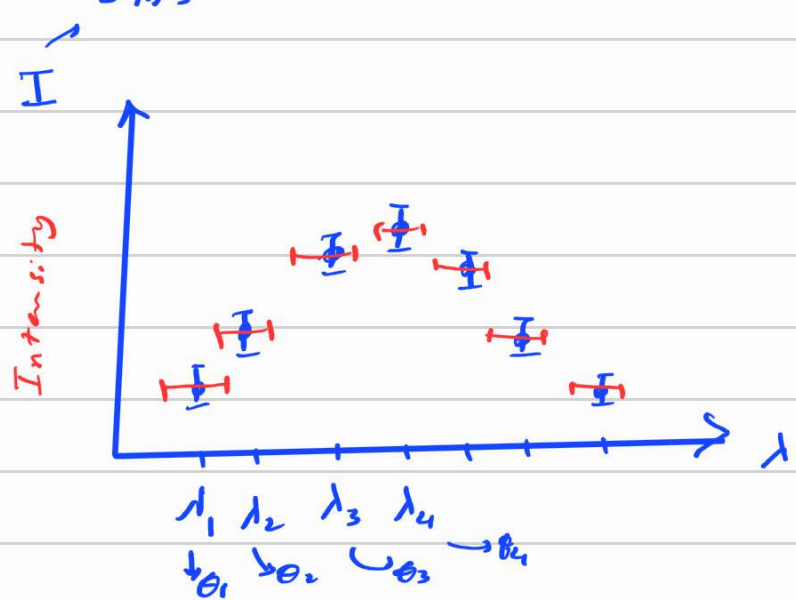
☆ تابش فوتون از اجسامی که دارای انرژی حرارتی هستند (دما دارند)

تابش حرارتی

☆ تمام تابش اجسام دارای دما (معمولاً در آزمایش‌های معمولی) در بازه مادون قرمز

با افزایش دما طیف نور تابش شده به ناحیه مرئی منتقل می‌شود

☆ صورت آزمایش



$d\Omega\theta s\lambda$

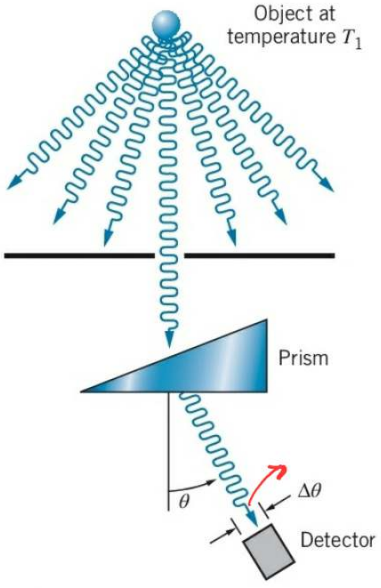


FIGURE 3.12 Measurement of the spectrum of thermal radiation. A device such as a prism is used to separate the wavelengths emitted by the object.

$I(\lambda) = ?$ → Theory

$I(f) = ?$

$I : \left[\frac{d^2 E_{tot}}{dA dt} \right]$

در صورتی که جسم مورد نظر قابلیت تابش مثل یک جسم سیاه تقلی می شود

$T_2 > T_1$

$\lambda_{max}(T_2) < \lambda_{max}(T_1)$ (۱)

$f_{max}(T_2) > f_{max}(T_1)$ (۲)

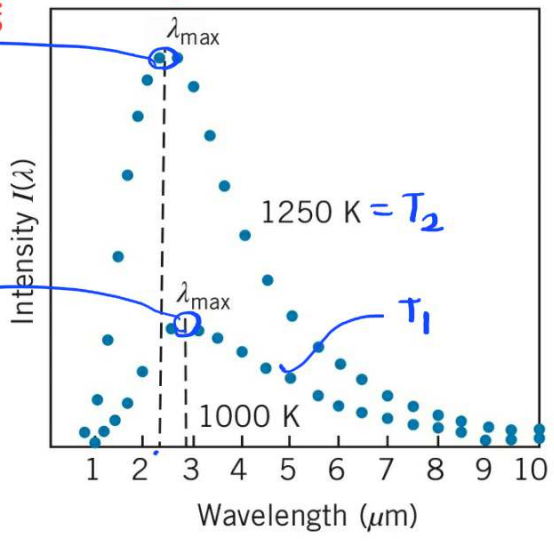


FIGURE 3.13 A possible result of the measurement of the radiation intensity over many different wavelengths. Each different temperature of the emitting body gives a different peak λ_{max}.

$\int d\lambda\, I(\lambda) = \sigma T^4$ (۳)

جسم سیاه ایده آل

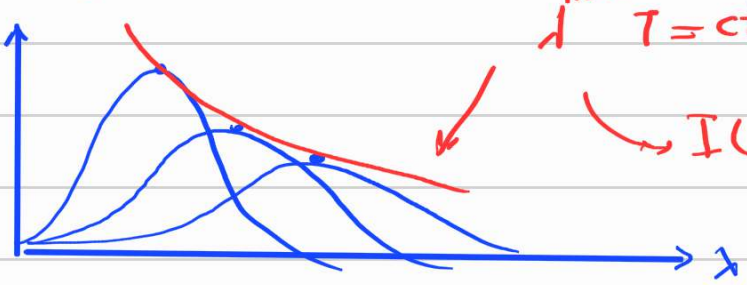
$\sigma = 5.67037 \times 10^{-8} \frac{W}{m^2 K^4}$

$\lambda^{max} T = 2.8978 \times 10^{-3}\ m.K = cts$

قانون جابه جایی وین

$\lambda^{max} T = cts$

$I(\lambda = \lambda^{(max)}) = I_{max}$



$I(\lambda)$?

$I(f)$ = ?

شکل شناسی از جسم سیاه ایده‌آل

یعنی همه طول موج‌ها را جذب می‌کند.

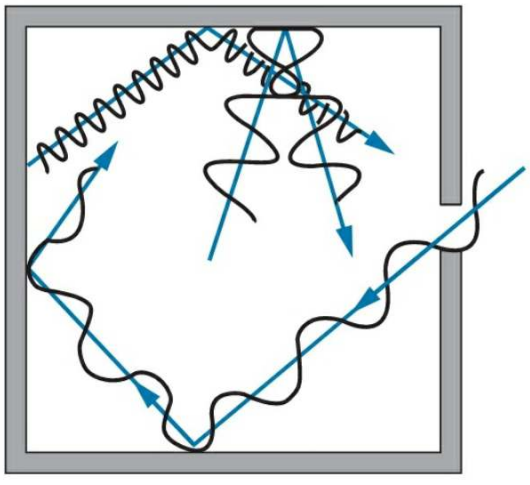


FIGURE 3.14 A cavity filled with electromagnetic radiation in thermal equilibrium with its walls at temperature T. Some radiation escapes through the hole, which represents an ideal blackbody.