

## HƯỚNG DẪN GIẢI BÀI TẬP ĐỊNH HƯỚNG TUẦN 6 - 7

### DẠNG 1: BÀI TOÁN PHÁT XẠ

#### 1. KIẾN THỨC CƠ BẢN:

- Bức xạ: là những sóng điện từ do các vật phát ra
- Nguyên nhân: **tác dụng nhiệt**, tác dụng hóa học, quá trình biến đổi năng lượng trong mạch dao động điện từ.
- Bức xạ nhiệt: dạng bức xạ do các nguyên tử và phân tử bị kích thích bởi tác dụng nhiệt.

- Các quá trình bức xạ:

- Phát ra bức xạ:  $\rightarrow$  năng lượng giảm và nhiệt độ giảm
- Hấp thụ bức xạ:  $\rightarrow$  năng lượng tăng và nhiệt độ tăng
- TH đặc biệt: nếu phần năng lượng của vật bị mất đi do phát xạ bằng phần năng lượng của vật nhận được do hấp thụ  $\rightarrow$  nhiệt độ và năng lượng của vật không đổi  $\rightarrow$  **bức xạ nhiệt cân bằng**.

- Những đại lượng đặc trưng cho quá trình phát xạ cân bằng:

- *Năng suất phát xạ toàn phần của vật ở nhiệt độ  $T$* : là đại lượng về trị số bằng lượng năng lượng bức xạ toàn phần do một đơn vị diện tích của vật đó phát ra trong một đơn vị thời gian ở nhiệt độ  $T$ :

$$R_T = \frac{d\Phi_T}{dS} (W/m^2)$$

Trong đó  $R_T$  là năng suất phát xạ toàn phần ở nhiệt độ  $T$ ,  $d\Phi_T$  là năng lượng bức xạ toàn phần tại nhiệt độ  $T$ .

- *Hệ số phát xạ đơn sắc của vật ở nhiệt độ  $T$* : là đại lượng đặc trưng cho mức độ mang năng lượng nhiều hay ít của mỗi bức xạ đơn sắc.

$$r_{\lambda,T} = \frac{dR_T}{d\lambda}$$

- Mọi quan hệ giữa  $R_T$  và  $r_{\lambda,T}$ :

$$R_T = \int_{\lambda=0}^{\lambda=\infty} r_{\lambda,T} d\lambda$$

- Những đại lượng đặc trưng của quá trình hấp thụ bức xạ

- *Hệ số hấp thụ toàn phần của vật ở nhiệt độ T*: là đại lượng được xác định bằng tỷ số giữa năng lượng bức xạ bị hấp thụ và năng lượng bức xạ gửi tới.

$$a_T = \frac{d\phi'_T}{d\phi_T} < 1$$

- *Hệ số hấp thụ đơn sắc của vật ở nhiệt độ T*: là đại lượng đặc trưng cho mức độ hấp thụ năng lượng của mỗi bức xạ đơn sắc, được xác định bằng công thức:

$$a_{\lambda,T} = \frac{d\phi'_{\lambda,T}}{d\phi_{\lambda,T}}$$

Trong đó  $d\phi_{\lambda,T}$  là năng lượng của chùm bức xạ chiếu tới có bước sóng nằm trong khoảng từ  $\lambda$  đến  $\lambda + d\lambda$ ,  $d\phi'_{\lambda,T}$  là năng lượng của chùm bức xạ bị hấp thụ có bước sóng nằm trong khoảng từ  $\lambda$  đến  $\lambda + d\lambda$ .

- Vật đen tuyệt đối (vật đen lý tưởng):

- **Định nghĩa**: là vật hấp thụ hoàn toàn năng lượng của mọi chùm bức xạ đơn sắc gửi tới nó  $\rightarrow$  hệ số hấp thụ đơn sắc của vật đen tuyệt đối không phụ thuộc vào bước sóng (*cứ tưởng tượng là món gì đưa cũng ăn hết thì hệ số hấp thụ đâu phụ thuộc vào món ăn ☺*)  $\rightarrow a_{\lambda,T} = 1 \rightarrow$  trong thực tế không có vật đen tuyệt đối mà chỉ có vật đen gần tuyệt đối.
- Các công thức liên quan:
  - Định luật Stefan – Boltzmann: năng suất phát xạ toàn phần của vật đen tuyệt đối tỷ lệ thuận với lũy thừa bậc 4 của nhiệt độ tuyệt đối của vật đó:

$$R_T = \sigma T^4$$

Trong đó  $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$  là hằng số Stefan – Boltzmann.

- Bước sóng  $\lambda_{max}$  ứng với cực đại của năng suất phát xạ đơn sắc của vật đen tuyệt đối.

$$\lambda_{max} T = b$$

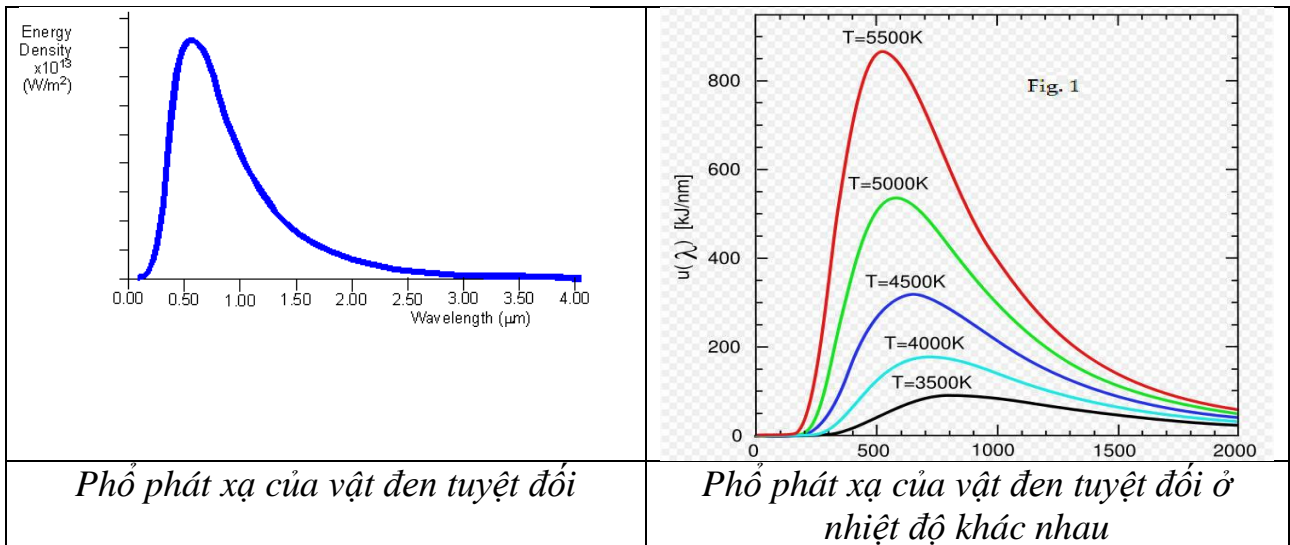
Trong đó  $b = 2,896 \cdot 10^{-3} \text{ mK}$  là hằng số Vin.

- Công thức Plank về hệ số phát xạ đơn sắc của vật đen tuyệt đối

$$\epsilon_{f,T} = \frac{2\pi\nu^2}{c^2} \frac{hf}{e^{hf/kT} - 1} \text{ hoặc } \epsilon_{\lambda,T} = \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5} \frac{1}{e^{hc/\lambda kT} - 1}$$

- Năng suất phát xạ toàn phần của vật đen không tuyệt đối (có hệ số hấp thụ  $\alpha$ ):

$$R'_T = \alpha \sigma T^4$$



## 2. BÀI TẬP VÍ DỤ

**BÀI 4.2.** Tìm nhiệt độ của một lò, nếu một lỗ nhỏ của nó có kích thước  $(2 \times 3) \text{ cm}^2$ , cứ mỗi giây phát ra 8,28 calo. Coi lò như một vật đen tuyệt đối.

**Tóm tắt:**

$$S = (2 \times 3) \text{ cm}^2$$

$$P = 8,28 \text{ calo}$$

$$\alpha = 1$$

Xác định  $T$

\* Nhận xét: Do coi lò như một vật đen tuyệt đối nên ta sẽ sử dụng công thức năng suất phát xạ toàn phần cho vật cho vật đen tuyệt đối. Chú ý mối liên hệ giữa năng suất phát xạ và công suất phát xạ của một vật đen:  $P = R \cdot S$ . Ngoài ra cũng cần quy đổi đơn vị *cal* về đơn vị *J*:  $1 \text{ cal} = 4.187 \text{ J} = 4,187 \text{ W}$

- Ta có:

$$P = RS = \sigma T^4 S \rightarrow T = \sqrt[4]{\frac{P}{\sigma S}} = 1000 \text{ K}$$

**BÀI 4.5.** Tính năng lượng bức xạ trong một ngày đêm từ một ngôi nhà gạch trát vữa, có diện tích mặt ngoài tổng cộng là  $1000 \text{ m}^2$ , biết nhiệt độ bức xạ là  $27^\circ \text{ C}$  và hệ số hấp thụ khi đó bằng 0,8

**Tóm tắt:**

$$S = 1000 \text{ m}^2$$

$$T = 27^\circ \text{ C} = 300 \text{ K}$$

$$\alpha = 0,8$$

$t = 24h$ Xác định $Q$	
---------------------------	--

\* Nhận xét: Bài toán liên quan đến năng suất phát xạ toàn phần của vật đen không tuyệt đối. Từ dữ liệu đề bài, ta dễ dàng xác định được năng suất bức xạ  $\rightarrow$  xác định công suất bức xạ  $\rightarrow$  xác định năng lượng bức xạ trong một ngày đêm.

- Năng suất bức xạ toàn phần của ngôi nhà:

$$R = \sigma T^4$$

- Công suất bức xạ của ngôi nhà:

$$P = R.S = \sigma T^4 S$$

- Năng lượng bức xạ của ngôi nhà trong một ngày đêm:

$$Q = P.t = \sigma T^4 S t = 3,17.10^{10} J$$

**BÀI 4.12.** Dây tóc vonfram của bóng đèn điện có đường kính  $0,3mm$  và có độ dài  $5cm$ . Khi mắc đèn vào mạch điện  $127V$  thì dòng điện chạy qua đèn là  $0,31A$ . Tìm nhiệt độ của đèn, giả sử rằng ở trạng thái cân bằng, tất cả nhiệt do đèn phát ra đều ở dạng bức xạ. Tỉ số giữa các năng suất phát xạ toàn phần của dây tóc vonfram và của vật đen tuyệt đối bằng  $0,31$ .

**Tóm tắt:**

$$d = 0,3mm$$

$$L = 5cm$$

$$U = 127V$$

$$I = 0,31A$$

$$\frac{R'_T}{R_T} = 0,31$$

Xác định  $T$

\* **Nhận xét:** Đây là bài toán kết hợp giữa bài toán bức xạ và bài toán điện một chiều. “Ở trạng thái cân bằng, tất cả nhiệt do đèn phát ra đều ở dạng bức xạ”  $\rightarrow$  công suất tỏa nhiệt của bóng đèn chính là công suất bức xạ của bóng đèn  $\rightarrow$  xác định  $P \rightarrow$  xác định  $T$

- Từ điều kiện:  $\frac{R'_T}{R_T} = 0,31 \rightarrow \alpha = 0,31$

- Năng suất bức xạ toàn phần của bóng đèn điện là:

$$R'_T = \alpha \sigma T^4 \quad (1)$$

- Ngoài ra ta có mối liên hệ giữa  $R'_T$  và  $P$  là:

$$P = R'_T \cdot S \rightarrow R'_T = \frac{P}{S} = \frac{P}{\pi L d} \quad (2)$$

- Từ (1) và (2) ta có:

$$\frac{P}{\pi L d} = \sigma T^4 \rightarrow T = \sqrt[4]{\frac{P}{\pi L d \sigma}} = \sqrt[4]{\frac{UI}{\alpha \pi L d \sigma}} = 2626K$$

**BÀI 4.15.** Tìm hằng số Mặt Trời, nghĩa là lượng quang năng mà trong mỗi phút Mặt Trời gửi đến diện tích  $1m^2$  vuông góc với tia nắng và ở cách Mặt Trời một khoảng bằng khoảng cách từ Mặt Trời đến Trái Đất. Biết nhiệt độ của vỏ Mặt Trời là  $5800K$ . Coi bức xạ của Mặt Trời như bức xạ của vật đen tuyệt đối. Bán kính Mặt Trời  $r = 6,95 \cdot 10^8 m$ , khoảng cách từ Mặt Trời đến Trái Đất  $R = 1,5 \cdot 10^{11} m$

**Tóm tắt:**

$$T = 5800K$$

$$r = 6,95 \cdot 10^8 m$$

$$R = 1,5 \cdot 10^{11} m$$

Xác định  $s$

\* Nhận xét: Bài toán vật đen tuyệt đối. Trong bài này, do mặt trời được coi là vật đen tuyệt đối và ta đã biết được nhiệt độ vỏ mặt trời nên ta có thể xác định được năng suất phát xạ toàn phần  $\rightarrow$  xác định công suất phát xạ toàn phần  $\rightarrow$  xác định mật độ năng lượng nhận được trên bề mặt trái đất (ở đây ta coi mặt trời như là một nguồn điểm phát bức xạ tới bề mặt cầu bán kính bằng khoảng cách từ mặt trời đến trái đất)  $\rightarrow$  xác định hằng số mặt trời.

- Năng suất phát xạ toàn phần của mặt trời là:

$$R_T = \sigma T^4$$

- Công suất phát xạ toàn phần của mặt trời là:

$$P = R_T \cdot S = \sigma T^4 S$$

Trong đó  $S$  là diện tích mặt trời  $\rightarrow P = \sigma T^4 4\pi r^2$

- Mật độ năng lượng nhận được trên bề mặt trái đất là:

$$w = \frac{P}{S'} = \frac{\sigma T^4 4\pi r^2}{4\pi R^2} = \frac{\sigma T^4 r^2}{R^2}$$

- Hằng số mặt trời là:

$$s = w \cdot t = \frac{\sigma T^4 r^2}{R^2} t = 82,65 \text{ kW/m}^2 \cdot \text{ph}$$

**BÀI 4.22.** Nhiệt độ của một vật đen tuyệt đối tăng từ 1000K đến 3000K.

- Năng suất phát xạ toàn phần của nó tăng lên bao nhiêu lần
- Bước sóng ứng với năng suất phát xạ cực đại thay đổi như thế nào?

**Tóm tắt:**

$$T_1 = 1000\text{K}$$

$$T_2 = 3000\text{K}$$

Xác định:  $\frac{R_{T_2}}{R_{T_1}}, \frac{\lambda_{max2}}{\lambda_{max1}}$

\* Nhận xét: Bài toán này khá đơn giản, ta chỉ cần xét công thức năng suất phát xạ, bước sóng cực đại cho vật đen trong hai trường hợp  $T_1$  và  $T_2 \rightarrow$  xác định tỷ số cần tìm.

- Năng suất phát xạ toàn phần trong hai trường hợp là:

$$R_{T_1} = \sigma T_1^4; R_{T_2} = \sigma T_2^4 \rightarrow \frac{R_{T_2}}{R_{T_1}} = \frac{T_2^4}{T_1^4} = 3^4 = 81$$

- Bước sóng ứng với năng suất phát xạ cực đại ứng với nhiệt độ 1000K:

$$\lambda_{max1} = \frac{b}{T_1} = 2,896 \mu\text{m}$$

- Bước sóng ứng với năng suất phát xạ cực đại ứng với nhiệt độ 3000K:

$$\lambda_{max2} = \frac{b}{T_2} = 0,965 \mu\text{m}$$

$\rightarrow$  Bước sóng sẽ giảm dần từ  $2,896 \mu\text{m}$  đến  $0,965 \mu\text{m}$

## DẠNG 2: BÀI TOÁN HIỆN TƯỢNG QUANG ĐIỆN

### 1. KIẾN THỨC CƠ BẢN

- Năng lượng của photon ứng với bức xạ điện từ đơn sắc tần số  $f$ :

$$E = hf = \frac{hc}{\lambda}$$

- Khối lượng của photon:

$$m = \frac{E}{c^2} = \frac{hf}{c^2} = \frac{h}{\lambda c}$$

- Động lượng của photon:

$$p = mc = \frac{h}{\lambda}$$

- Hiện tượng quang điện:

- Giới hạn quang điện:  $\lambda_0 = \frac{hc}{A}$  trong đó A là công thoát, h là hằng số Plank có giá trị là  $6.62 \cdot 10^{-34} Js$
- Phương trình Anhtan:  $hf = \frac{hc}{\lambda} = A + W_{đmax} = A + \frac{1}{2}mv_{0max}^2$
- Hiệu điện thế hãm:  $eU_h = \frac{1}{2}mv_{0max}^2$

**BÀI 4.32.** Khi chiếu một chùm sáng vào một kim loại có hiện tượng quang điện xảy ra. Nếu dùng một hiệu điện thế hãm là 3V thì các quang electron bị bắn ra khỏi kim loại bị giữ lại cả không bay sang anot được. Biết tần số giới hạn đỏ của kim loại đó là  $f_0 = 6 \cdot 10^{14} s^{-1}$ . Hãy tính:

- Công thoát của electron đối với kim loại đó
- Tần số của chùm sáng tới

**Tóm tắt:**

$$U_h = 3V$$

$$f_0 = 6 \cdot 10^{14} s^{-1}$$

Xác định A, f

\* Nhận xét: Đây là bài toán cơ bản về hiện tượng quang điện rất quen thuộc trong chương trình phổ thông  $\rightarrow$  sử dụng các công thức liên quan tới hiện tượng quang điện ta dễ dàng xác định được các đại lượng cần tìm

- Công thoát của electron đối với kim loại đó là:

$$A = \frac{hc}{\lambda_0} = hf_0 = 2,48eV$$

- Tần số của chùm sáng tới:

$$hf = A + W_{\text{đmax}} = A + eU_h \rightarrow f = \frac{A}{h} + \frac{eU_h}{h} = f_0 + \frac{eU_h}{h} = 12,3 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

**BÀI 4.37.** Chùm photon của bức xạ đơn sắc  $\lambda = 0,232 \mu\text{m}$  đập thẳng vào mặt điện cực platin và làm bắn theo phương pháp tuyến các quang electron chuyển động với vận tốc cực đại, hãy tính tổng động lượng đã truyền cho điện cực đối với mỗi photon đập vào và làm bắn ra một electron.

**Tóm tắt:**

$$\lambda = 0,232 \mu\text{m}$$

$$A = 4,09 \text{ eV}$$

Xác định  $p_{KL}$

\* Nhận xét: Đây là bài toán bảo toàn động lượng, động lượng truyền cho điện cực bằng động lượng của photon chiếu tới trừ đi động lượng của electron bật ra

$$\vec{p}_\lambda = \vec{p}_e + \vec{p}_{KL} \rightarrow \vec{p}_{KL} = \vec{p}_\lambda - \vec{p}_e \rightarrow p_{KL} = p_\lambda + p_e$$

→ mục tiêu của bài toán là xác định động lượng của photon và động lượng của electron.

- Động lượng của photon là:  $p_\lambda = \frac{h}{\lambda}$

- Động lượng của electron là:  $p_e = \sqrt{2m_e W_{\text{đmax}}} = \sqrt{2m_e \left( \frac{hc}{\lambda} - A \right)}$

- Động lượng mà photon đã truyền cho điện cực là:

$$p_{KL} = \frac{h}{\lambda} + \sqrt{2m_e \left( \frac{hc}{\lambda} - A \right)} = 1,31 \cdot 10^{-25} \text{ kgm/s}$$

**BÀI 4.40.** Tính bước sóng và động lượng của photon có năng lượng bằng năng lượng nghỉ của electron.

**Tóm tắt:**

$$E_\lambda = E_e$$

Xác định  $\lambda, p$

\* Nhận xét: Bài toán liên quan đến năng lượng nghỉ của electron:  $E_e = m_e c^2$ . Từ điều kiện đề bài ta dễ dàng xác định bước sóng  $\lambda$  và động lượng  $p$ .



- Từ điều kiện đề bài ta có:

$$E_\lambda = E_e \leftrightarrow \frac{hc}{\lambda} = m_e c^2 \rightarrow \lambda = \frac{h}{m_e c} = 2,425 \cdot 10^{-12} \text{m}$$

- Động lượng của photon là:

$$p = \frac{h}{\lambda} = 2,73 \cdot 10^{-22} \text{kgm/s}$$

### DẠNG 3: BÀI TOÁN COMPTON

#### 1. KIẾN THỨC CƠ BẢN

- Hiệu ứng Compton: Thí nghiệm khi chiếu chùm tia X có bước sóng  $\lambda$  vào bề mặt các chất như grafin, parafin thì phổ tán xạ tia X thu được gồm những vạch có bước sóng bằng  $\lambda$  và những vạch có bước sóng bằng  $\lambda'$   $\rightarrow \lambda'$  chỉ phụ thuộc vào góc tán xạ  $\theta$  mà không phụ thuộc vào bản chất của chất được chiếu tia X  $\rightarrow$  kết quả của sự tán xạ đàn hồi của tia X lên các electron trong khối chất.

- Vạch ứng với  $\lambda$ : tán xạ của chùm tia X lên các electron nằm sâu trong nguyên tử, liên kết mạnh với hạt nhân.
- Vạch ứng với  $\lambda'$ : tán xạ của chùm tia X lên các electron liên kết yếu với nguyên tử.h

*(để dễ tưởng tượng ta hãy hình dung hai quả cầu: một quả gắn cố định với sàn (liên kết mạnh), một quả không gắn cố định với sàn (liên kết yếu)  $\rightarrow$  khi một quả cầu lao tới và va chạm vào hai quả cầu trên thì động năng của quả cầu sau khi va chạm vào quả cầu gắn chặt trên sàn chắc chắn sẽ lớn hơn động năng của quả cầu va chạm với quả cầu không gắn cố định với sàn  $\rightarrow$  mà năng lượng thấp có nghĩa là bước sóng sẽ dài ra  $\rightarrow$  lý do  $\lambda' > \lambda$*

- Công thức liên quan:

- Bước sóng Compton:  $\Lambda_C = \frac{h}{m_e c} = 2,4 \cdot 10^{-12} \text{m}$
- Hiệu giữa bước sóng của tia tán xạ và tia tới:

$$\Delta\lambda = \lambda' - \lambda = 2\Lambda_C \sin^2 \frac{\theta}{2}$$

Hạt	Động lượng		Năng lượng	
	Trước va chạm	Sau va chạm	Trước va chạm	Sau va chạm
Photon $\gamma$	$p_\gamma = mc = \frac{hf}{c} = \frac{h}{\lambda}$	$p'_\gamma = \frac{hf'}{c}$	$hf$	$hf'$
Electron	0	$p'_e = \frac{m_{oe}v}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$	$m_{oe}c^2$	$\frac{m_{oe}c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$

## 2. BÀI TẬP VÍ DỤ

**BÀI 4.51.** Xác định bước sóng của bức xạ Ronghen. Biết rằng trong hiện tượng Compton cho bởi bức xạ đó, động năng cực đại của electron bắn ra là  $0,19MeV$ .

**Tóm tắt:**

$$W_{đmax} = 0,19eV$$

Xác định  $\lambda$

\* **Nhận xét:** Đối với bài toán Compton ta cần chú ý tới định luật bảo toàn năng lượng và định luật bảo toàn động lượng. Ngoài ra cần phải nắm được năng lượng và động lượng của photon và electron trước và sau va chạm.

- Từ bảng trên + kết hợp với hai định luật bảo toàn ta có:

$$\frac{m_{oe}c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} + hf' = m_{oe}c^2 + hf$$

- Động năng của electron là:

$$W_{đe} = \frac{m_{oe}c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - m_{oe}c^2 = hf - hf' = \frac{hc}{\lambda} - \frac{hc}{\lambda'} = \frac{hc}{\lambda} - \frac{hc}{\lambda + \Delta\lambda}$$

Mặt khác theo công thức tán xạ Compton:  $\Delta\lambda = \lambda' - \lambda = 2\Lambda_C \sin^2 \frac{\theta}{2}$ , thay vào ta có:

$$W_{đe} = \frac{hc}{\lambda} \frac{2\Lambda_C \sin^2 \frac{\theta}{2}}{\lambda + 2\Lambda_C \sin^2 \frac{\theta}{2}}$$

Động năng cực đại  $\rightarrow \sin^2 \frac{\theta}{2} = 1 \rightarrow \theta = \pi \rightarrow W_{đe} = \frac{hc}{\lambda} \frac{2\Lambda_C}{\lambda + 2\Lambda_C}$

- Động năng và bước sóng Compton đã biết nên ta dễ dàng xác định bước sóng  $\lambda$

$$\lambda = 0,037 \cdot 10^{-10} m$$

**BÀI 4.54.** Trong hiện tượng Compton, bước sóng của chùm photon bay tới là  $0,03 \cdot 10^{-10} m$ . Tính phần năng lượng truyền cho electron đối với photon tán xạ dưới những góc  $60^\circ, 90^\circ, 180^\circ$ .

**Tóm tắt:**

$$\lambda = 0,03 \cdot 10^{-10} m$$

$$\theta = 60^\circ, 90^\circ, 180^\circ$$

Xác định  $\Delta E$

\* **Nhận xét:** Ở bài toán này ta cần phải hiểu được thế nào là phần năng lượng truyền cho electron đối với photon tán xạ. Như ta đã biết photon chiếu tới mang năng lượng  $hf$  và photon tán xạ mang năng lượng  $hf'$   $\rightarrow$  phần năng lượng đã truyền cho electron là:

$$\Delta E = hf - hf' = \frac{hc}{\lambda} - \frac{hc}{\lambda'} = \frac{hc}{\lambda} - \frac{hc}{\lambda + \Delta\lambda} = hc \left( \frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda + 2\Lambda_C \sin^2 \frac{\theta}{2}} \right)$$

Thay  $\Lambda_C = 2,4 \cdot 10^{-12} m, \lambda, \theta$  ta có thể xác định được năng lượng truyền cho electron trong từng trường hợp:

$\theta$	$60^\circ$	$90^\circ$	$180^\circ$
$\Delta E$	$120 keV$	$186 keV$	$256 keV$

**BÀI 4.55.** Tính động lượng của electron khi có photon có bước sóng ban đầu là  $0,05 \cdot 10^{-10} m$  va chạm vào và tán xạ theo góc  $90^\circ$ .

**Tóm tắt:**

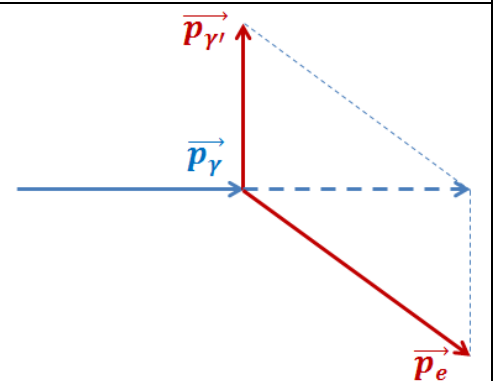
$$\lambda = 0,05 \cdot 10^{-10} m$$

$$\theta = 90^\circ$$

Xác định  $p_e$

\* **Nhận xét:** Đây là bài toán áp dụng định luật bảo toàn động lượng của electron. Chú ý là động lượng ban đầu của electron bằng không

$$\vec{p}_\gamma = \vec{p}_{\gamma'} + \vec{p}_e$$



- Động lượng của photon trước va chạm:  $p_\gamma = \frac{h}{\lambda}$

- Động lượng của photon sau va chạm:  $p_{\gamma'} = \frac{h}{\lambda'} = \frac{h}{\lambda + 2\Lambda_C \sin^2 \frac{\theta}{2}} = \frac{h}{\lambda + \Lambda_C}$

- Từ giản đồ vector ta có:

$$p_e = \sqrt{p_{\gamma}^2 + p_{\gamma'}^2} = h \sqrt{\frac{1}{\lambda^2} + \frac{1}{(\lambda + \Lambda_c)^2}} = 1,6 \cdot 10^{-22} \text{ kgm/s}$$