

A - BỨC XẠ NHIỆT

Bài 4.1: Một lò nung có nhiệt độ nung 1000K. Cửa sổ quan sát có diện tích 250cm^2 . Xác định công suất bức xạ của cửa sổ đó nếu coi là vật đen tuyệt đối.

Bài giải

Theo Stefan- Boltzmann:

$$R = \sigma T^4$$

Công suất bức xạ của cửa sổ đó là:

$$P = RS = \sigma T^4 S = 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot 1000^4 \cdot 250 \cdot 10^{-4}$$

$$\text{Đ} \quad P = 1417,5\text{W}$$

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

Bài giải

Theo Stefan- Boltzmann:

$$R = \sigma T^4$$

$$P = RS = \sigma T^4 S$$

Đ Nhiệt độ của lò là:

$$T = \sqrt[4]{\frac{P}{\sigma S}} = \sqrt[4]{\frac{4,18 \cdot 8,28}{5,67 \cdot 10^{-8} \cdot (2'3)10^{-4}}} = 1004\text{K}$$

Bài 4.3: Vật đen tuyệt đối có hình dạng một quả cầu đường kính $d=10\text{cm}$, ở một nhiệt độ không đổi. Tìm nhiệt độ của nó, biết công suất bức xạ ở nhiệt độ đã cho là 12kcal/phút.

Bài giải

Theo Stefan- Boltzmann:

$$R = \sigma T^4$$

$$W = RSt = \sigma T^4 \pi d^2 t$$

Đ Nhiệt độ của lò là:

$$T = \sqrt[4]{\frac{W}{\sigma \pi d^2 t}} = \sqrt[4]{\frac{4,18 \cdot 12 \cdot 10^3}{5,67 \cdot 10^{-8} \cdot \pi (10 \times 10^{-2})^2 \cdot 60}} = 828\text{K}$$

Bài 4.4: Nhiệt độ của sợi dây tóc bóng đèn điện luôn biến đổi vì được đốt nóng bằng dòng điện xoay chiều. Hiệu số giữa nhiệt độ cao nhất và thấp nhất là 80K, nhiệt độ trung bình là 2300K.

Hỏi công suất bức xạ của sợi dây tóc biến đổi bao nhiêu lần?

Bài giải

Ta có:

$$\begin{cases} T_{\max} - T_{\min} = 80K \\ T_{\text{tb}} = \frac{T_{\max} + T_{\min}}{2} = 2300 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} T_{\max} = 2340K \\ T_{\min} = 2260K \end{cases}$$

Áp dụng Stefan- Boltmann ta có:

$$\frac{P_{\max}}{P_{\min}} = \frac{\sigma T_{\max}^4}{\sigma T_{\min}^4} = \left(\frac{T_{\max}}{T_{\min}} \right)^4 = \left(\frac{2340}{2260} \right)^4 = 1,15$$

Vậy, công suất bức xạ của sợi dây tóc biến đổi 1,15 lần.

Bài 4.5: Tính lượng bức xạ trong một ngày đêm từ một ngôi nhà gạch trát vữa, có diện tích mặt ngoài tổng cộng là 1000m². Biết nhiệt độ của mặt bức xạ là 27°C và hệ số hấp thụ khi đó bằng 0,8.

Bài giải

Áp dụng Stefan- Boltmann, ta có năng lượng bức xạ trong một ngày đêm của ngôi nhà là:

$$W = RSt = a \sigma T^4 St = 0,8 \cdot 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot (27 + 273)^4 \cdot 1000 \cdot 60^2 \cdot 24$$

$$\Rightarrow W = 3,17 \cdot 10^{10} \text{ J}$$

Bài 4.6: Một thỏi thép đúc có nhiệt độ 727°C. Trong một giây, mỗi cm² của nó bức xạ một lượng năng lượng là 4J. Xác định hệ số hấp thụ của thỏi thép ở nhiệt độ đó nếu coi rằng hệ số đó là như nhau đối với mọi bước sóng.

Bài giải

$$R = 4 \text{ J} / \text{cm}^2 \text{ s} = 4 \cdot 10^4 \text{ J} / \text{m}^2 \text{ s}$$

Theo Stefan- Boltmann, ta có:

$$R = a \sigma T^4$$

\Rightarrow Hệ số hấp thụ của thỏi thép là:

$$a = \frac{R}{\sigma T^4} = \frac{4 \cdot 10^4}{5,67 \cdot 10^{-8} (727 + 273)^4} = 0,71$$

Bài 4.7: Tính bước sóng ứng với năng suất phát xạ cực đại của:

- Vật đen tuyệt đối có nhiệt độ bằng nhiệt độ cơ thể ($T = 37^\circ \text{C}$).
- Dây tóc bóng đèn điện $T = 3000 \text{K}$.

c) Vỏ Mặt trời $T = 6000\text{K}$.

d) Bom nguyên tử khi nổ $T = 10^7\text{K}$.

Coi các nguồn sáng mạnh trên đều là vật đen tuyệt đối.

Bài giải

Theo Wien: $\lambda_{\max} T = b \Rightarrow \lambda_{\max} = \frac{b}{T} = \frac{2,896 \cdot 10^{-3}}{T}$

a) $\lambda_{\max} = \frac{2,896 \cdot 10^{-3}}{T} = \frac{2,896 \cdot 10^{-3}}{37 + 273} = 9,34 \cdot 10^{-6}\text{m}$

b) $\lambda_{\max} = \frac{2,896 \cdot 10^{-3}}{T} = \frac{2,896 \cdot 10^{-3}}{3000} = 9,65 \cdot 10^{-7}\text{m}$

c) $\lambda_{\max} = \frac{2,896 \cdot 10^{-3}}{T} = \frac{2,896 \cdot 10^{-3}}{6000} = 0,48 \cdot 10^{-6}\text{m}$

d) $\lambda_{\max} = \frac{2,896 \cdot 10^{-3}}{T} = \frac{2,896 \cdot 10^{-3}}{10^7} = 2,896 \cdot 10^{-10}\text{m}$

Bài 4.8: Công suất bức xạ của vật đen tuyệt đối bằng 10^5kW . Tính diện tích bức xạ của vật đó nếu bước sóng ứng với năng suất phát xạ cực đại của nó bằng $7 \cdot 10^{-7}\text{m}$.

Bài giải

Theo Stefan- Boltzmann:

$$R = \sigma T^4$$

$$P = RS = \sigma T^4 S$$

Mặt khác, theo Wien:

$$\lambda_{\max} T = b \Rightarrow T = \frac{b}{\lambda_{\max}} = \frac{2,896 \cdot 10^{-3}}{\lambda_{\max}}$$

Vậy diện tích bức xạ của vật là:

$$S = \frac{P}{\sigma T^4} = \frac{P}{\sigma \left(\frac{b}{\lambda_{\max}} \right)^4} = \frac{10^5 \cdot 10^3}{5,67 \cdot 10^{-8} \cdot \frac{(2,896 \cdot 10^{-3})^4}{(7 \cdot 10^{-7})^4}} = 6,02\text{m}^2$$

Bài 4.9: Tính năng lượng do 1cm^2 chì đông đặc trong 1 giây. Tỉ số giữa các năng suất phát xạ toàn phần của bề mặt chì và của vật đen tuyệt đối ở nhiệt độ đó bằng 0,6. Cho biết nhiệt độ nóng chảy của chì là 327°C .

Bài giải

Theo Stefan- Boltzmann:

$$R = a \sigma T^4$$

Vậy, năng lượng do 1cm^2 chì đông đặc phát ra trong 1s là:

$$W = RSt = a\sigma T^4 St = 0,65,67 \cdot 10^{-8} (327 + 273)^4 10^{-4} \cdot 1 = 0,44\text{J}$$

Bài 4.10: Tìm năng lượng do 1cm^2 bề mặt của vật đen tuyệt đối phát ra trong một giây nếu bước sóng ứng với năng suất phát xạ cực đại của nó bằng $0,4840 \cdot 10^{-6}\text{m}$.

Bài giải

Theo Stefan- Boltzmann:

$$R = \sigma T^4$$

$$W = RSt = \sigma T^4 St$$

Mặt khác, theo Wien:

$$\lambda_{\max} T = b \Rightarrow T = \frac{b}{\lambda_{\max}} = \frac{2,896 \cdot 10^{-3}}{\lambda_{\max}}$$

Vậy, năng lượng do 1cm^2 bề mặt vật phát ra trong 1s là:

$$W = \sigma \frac{b^4}{\lambda_{\max}^4} S = 5,67 \cdot 10^{-8} \frac{(2,896 \cdot 10^{-3})^4}{(0,4840 \cdot 10^{-6})^4} 10^{-4} = 7367,6808\text{J}$$

Bài 4.11: Bề mặt kim loại nóng chảy có diện tích 100cm^2 mỗi phút bức xạ một lượng năng lượng bằng $4 \cdot 10^4\text{J}$. Nhiệt độ bề mặt là 2500K , tìm:

- Năng lượng bức xạ của mặt đó, nếu coi vật là vật đen tuyệt đối.
- Tỉ số giữa các năng suất phát xạ toàn phần của vật đó và vật đen tuyệt đối ở cùng một nhiệt độ?

Bài giải

- Coi vật là vật đen tuyệt đối, theo Stefan- Boltzmann:

$$R = \sigma T^4$$

Năng lượng bức xạ của vật đó là:

$$W = RSt = \sigma T^4 St = 5,67 \cdot 10^{-8} 2500^4 \cdot 10^{-4} \cdot 60 = 1,33 \cdot 10^5\text{J}$$

- Ta có:

$$\frac{W}{W_0} = \frac{R}{R_0}$$

Tỉ số giữa năng suất phát xạ toàn phần của vật và vật đen tuyệt đối cùng nhiệt độ là:

$$\frac{R}{R_0} = \frac{W}{W_0} = \frac{4 \cdot 10^4}{1,33 \cdot 10^5} = 0,3$$

Bài 4.12: Dây tóc 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.

Bài giải

Theo Stefan- Boltmann:

$$P =$$

$$P = a \sigma T^4 S = a \sigma T^4 \pi d l$$

$$P = UI$$

Nhiệt độ của đèn là:

$$T = \sqrt[4]{\frac{UI}{a \sigma \pi d l}} = \sqrt[4]{\frac{127 \cdot 0,31}{0,31 \cdot 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot \pi \cdot 0,3 \cdot 10^{-3} \cdot 5 \cdot 10^{-2}}}$$

$$T = 2626K$$

Bài 4.13: Nhiệt độ của sợi dây tóc vonfram trong bóng đèn 25W bằng 2450K. Tỉ số giữa năng suất phát xạ toàn phần của vật đen tuyệt đối ở cùng một nhiệt độ bằng 0,3. Tìm diện tích bề mặt bức xạ của sợi dây tóc?

Bài giải

Theo Stefan- Boltmann:

$$P = a \sigma T^4 S$$

Vậy diện tích bức xạ của vật là:

$$S = \frac{P}{a \sigma T^4} = \frac{25}{0,3 \cdot 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot 2450^4} = 4 \cdot 10^{-5} m^2$$

Bài 4.14: Diện tích bề mặt sợi dây tóc vonfram trong bóng đèn 100W bằng 1,6cm² và nhiệt độ của nó bằng 2177°C. Hỏi năng lượng bức xạ của nó nhỏ hơn năng lượng của vật đen tuyệt đối có cùng diện tích và nhiệt độ bao nhiêu lần? Giả sử rằng khi ở trạng thái cân bằng toàn bộ nhiệt do tóc phát ra đều ở dạng bức xạ.

Bài giải

Với vật đen tuyệt đối cùng điều kiện, theo Stefan- Boltmann:

$$P_0 = \sigma T^4 S = 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot (2177 + 273)^4 \cdot 1,6 \cdot 10^{-4} = 327W$$

Vậy, năng lượng bức xạ của vật nhỏ hơn năng lượng bức xạ của vật đen tuyệt đối cùng điều kiện là:

$$\frac{P_0}{P} = \frac{327}{100} = 3,27 \text{ lần}$$

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. Lấy nhiệt độ của Mặt Trời là 5800K . Coi bức xạ Mặt Trời như bức xạ của vật đen tuyệt đối. Bán kính Mặt Trời $r = 6,95 \cdot 10^8 \text{ m}$. Khoảng cách từ Mặt Trời đến Trái Đất: $R = 1,5 \cdot 10^{11} \text{ m}$.

Bài giải

Theo Stefan- Boltmann:

$$R = \sigma T^4$$

$$W = RSt = \sigma T^4 \pi d^2 t$$

Quang năng trong 1 phút Mặt Trời gửi đến diện tích 1m^2 vuông góc với tia nắng và ở cách Mặt Trời một khoảng d là:

$$\begin{aligned} W_0 = \frac{W}{S} &= \frac{\sigma T^4 4\pi r_{\text{MT}}^2}{4\pi d^2} = \frac{\sigma T^4 r_{\text{MT}}^2}{d^2} \\ &= \frac{5,67 \cdot 10^{-8} \cdot 5800^4 \cdot (6,95 \cdot 10^8)^2}{(1,5 \cdot 10^{11})^2} \cdot 60 = 82,65 \cdot 10^3 \text{ J/m}^2 \cdot \text{phút} \end{aligned}$$

Vậy, hằng số Mặt Trời là $82,65 \cdot 10^3 \text{ J/m}^2 \cdot \text{phút}$

Bài 4.16: Biết giá trị của hằng số Mặt Trời đối với Trái Đất. Tìm giá trị của hằng số Mặt Trời đối với Sao Hỏa, cho biết khoảng cách trung bình từ Mặt Trời đến Sao Hỏa bằng $227,8$ triệu km.

Bài giải

$$\begin{aligned} W_0 &= \frac{P}{S} = \frac{\sigma T^4 4\pi r_{\text{MT}}^2}{4\pi d^2} = \frac{\sigma T^4 r_{\text{MT}}^2}{d^2} \\ W &= \frac{P}{S'} = \frac{\sigma T^4 r_{\text{MT}}^2}{d'^2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P \quad W &= \frac{W_0 d^2}{d'^2} = \frac{82,65 \cdot 10^3 \cdot (1,5 \cdot 10^{11})^2}{(227,8 \cdot 10^9)^2} = 35836 \text{ J / m}^2 \cdot \text{phút} \\ &= 0,85 \text{ cal / cm}^2 \cdot \text{phút} \end{aligned}$$

Vậy, hằng số Mặt Trời đối với Sao Hỏa là: $0,85 \text{ cal / cm}^2 \cdot \text{phút}$

Bài 4.17: Tính trung bình cứ 1cm^2 mặt đất tỏa ra một lượng nhiệt $0,13 \text{ cal}$ vì bức xạ. Nếu vật đen tuyệt đối bức xạ một lượng năng lượng như vậy thì nhiệt độ của nó bằng bao nhiêu?

Bài giải

Theo Stefan- Boltmann:

$$R = \sigma T^4$$

$$W = RSt = \sigma T^4 St$$

↳ Nhiệt độ của vật là:

$$T = \sqrt[4]{\frac{W}{\sigma St}} = \sqrt[4]{\frac{0,13.4,18}{5,67.10^{-8}.10^{-4}.60}} = 200K$$

Bài 4.18: Một bản mỏng đen tuyệt đối ở ngoài bầu khí quyển và gần Trái Đất, nhận được ánh nắng chiếu vuông góc với nó. Xác định nhiệt độ của bản mỏng nếu hằng số Mặt trời là $1,35 \text{ kW/m}^2$.

Bài giải

Theo Stefan- Boltmann:

$$R = \sigma T^4$$

$$W = RSt = \sigma T^4 St = W_0 St$$

↳ Nhiệt độ của vật là:

$$T = \sqrt[4]{\frac{W_0}{\sigma}} = \sqrt[4]{\frac{1,35.10^3}{5,67.10^{-8}}} = 393K$$

Bài 4.19: Bầu khí quyển hấp thụ 10% năng lượng bức xạ của Mặt Trời. Tính công suất do Mặt Trời bức xạ tới diện tích $0,5 \text{ hecta}$ của mặt đất nằm ngang. Độ cao của Mặt Trời so với mặt ngang là 30° ; coi bức xạ của Mặt Trời là bức xạ của vật đen tuyệt đối.

Bài giải

Phần diện tích vuông góc với tia nắng Mặt Trời bằng: $S' = S \cdot \sin 30^\circ$

Công suất từ Mặt Trời bức xạ đến diện tích S' bằng:

$$P_0 = W_0 S' = W_0 S \cdot \sin 30^\circ$$

Trong đó, W_0 là mật độ năng lượng nhận được trên Trái Đất. Bầu khí quyển hấp thụ 10% năng lượng bức xạ của Mặt Trời do đó, công suất P từ Mặt Trời gửi tới diện tích S' bằng:

$$P = 90\% P_0 = 0,9 W_0 S \cdot \sin 30^\circ = 0,9 \cdot 1,37.10^3 \cdot 0,5 \cdot 10^4 \cdot 0,5 = 3,1.10^3 \text{ W}$$

Bài 4.20: Trong quang phổ phát xạ của Mặt Trời bức xạ mang năng lượng cực đại có bước sóng $\lambda = 0,48 \mu\text{m}$. Coi Mặt Trời là vật đen tuyệt đối. Hãy xác định:

a) Công suất phát xạ toàn phần của Mặt Trời.

b) Mật độ năng lượng do mặt đất hấp thụ được của Mặt Trời.
 Biết rằng bầu khí quyển hấp thụ 10% năng lượng bức xạ của Mặt Trời, 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.

Bài giải

a) Theo Stefan- Boltmann:

$$R = \sigma T^4$$

$$P = RS = \sigma T^4 4\pi r^2$$

Mặt khác, theo Wien:

$$\lambda_{\max} T = b \quad T = \frac{b}{\lambda_{\max}} = \frac{2,896 \cdot 10^{-3}}{\lambda_{\max}}$$

P Công suất phát xạ toàn phần của Mặt Trời là:

$$P = \sigma \frac{b^4}{15 \pi^5} S = 5,67 \cdot 10^{-8} \frac{(2,896 \cdot 10^{-3})^4}{0,48 \cdot 10^{-6}} 4\pi (6,95 \cdot 10^8)^2 = 4,6 \cdot 10^{26} \text{ W}$$

b) Mật độ năng lượng do Trái Đất nhận được của Mặt trời là:

$$W = \frac{P}{S'} = \frac{P}{4\pi d^2} = \frac{4,6 \cdot 10^{26}}{4\pi (1,5 \cdot 10^{11})^2} = 1,61 \cdot 10^3 \text{ W / m}^2$$

Bài 4.21: Công suất bức xạ của vật đen tuyệt đối tăng bao nhiêu lần nếu trong quá trình nung nóng bước sóng ứng với năng suất phát xạ cực đại dịch chuyển từ 0,7mm đến 0,6mm ?

Bài giải

Theo Stefan- Boltmann:

$$R = \sigma T^4$$

$$P = RS = \sigma T^4 4\pi r^2$$

$$\text{Mặt khác, theo Wien: } \lambda_{\max} T = b \quad T = \frac{b}{\lambda_{\max}} = \frac{2,896 \cdot 10^{-3}}{\lambda_{\max}}$$

$$P \quad \frac{P_2}{P_1} = \frac{\sigma \frac{b^4}{15 \pi^5} \frac{1}{\lambda_{\max 2}^4}}{\sigma \frac{b^4}{15 \pi^5} \frac{1}{\lambda_{\max 1}^4}} = \frac{\lambda_{\max 1}^4}{\lambda_{\max 2}^4} = \frac{0,7^4}{0,6^4} = 1,9$$

Vậy, năng suất phát xạ toàn phần của vật tăng lên 1,9 lần.

Bài 4.22: Nếu nhiệt độ của 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?

Bài giải

- Theo Stefan- Boltmann:

$$R = \sigma T^4$$

$$\text{P} \quad \frac{R_2}{R_1} = \frac{\sigma T_2^4}{\sigma T_1^4} = \frac{3000^4}{1000^4} = 81$$

Vậy, công suất phát xạ toàn phần của vật tăng lên 81 lần.

- Theo Wien: $\lambda_{\max} T = b \Rightarrow \lambda_{\max} = \frac{b}{T} = \frac{2,896.10^{-3}}{T}$

$$\text{P} \quad \begin{aligned} \lambda_{\max 1} &= \frac{2,896.10^{-3}}{T_1} = \frac{2,896.10^{-3}}{1000} = 2,986.10^{-6} \text{ m} \\ \lambda_{\max 2} &= \frac{2,896.10^{-3}}{T_2} = \frac{2,896.10^{-3}}{3000} = 0,97.10^{-6} \text{ m} \end{aligned}$$

Vậy, λ thay đổi từ $2,986.10^{-6} \text{ m}$ đến $0,97.10^{-6} \text{ m}$

Bài 4.23: Một vật đen tuyệt đối ở nhiệt độ $T_1 = 2900\text{K}$. Do vật bị nguội đi, bước sóng ứng với năng suất phát xạ cực đại thay đổi $D\lambda = 9\text{nm}$. Hỏi vật lạnh đến nhiệt độ T_2 bằng bao nhiêu?

Bài giải

$$\text{Theo Wien: } \lambda_{\max} T = b \Rightarrow \lambda_{\max} = \frac{b}{T} = \frac{2,896.10^{-3}}{T}$$

Vật nguội đi nên bước sóng ứng với năng suất phát xạ cực đại tăng thêm một lượng $D\lambda = 9\text{nm}$:

$$\lambda_{\max 2} = \lambda_{\max 1} + D\lambda \Rightarrow \frac{b}{T_2} = \frac{b}{T_1} + D\lambda$$

- Vật lạnh đến nhiệt độ:

$$T_2 = \frac{b}{\frac{b}{T_1} + D\lambda} = \frac{T_1 b}{b + T_1 D\lambda} = \frac{2900 \cdot 2,896.10^{-3}}{2,896.10^{-3} + 2900 \cdot 9.10^{-6}} = 290\text{K}$$

Bài 4.24: Nhiệt độ bề mặt của một ngôi sao là $T = 12000\text{K}$. Hỏi có thể xác định nhiệt độ trên bằng định luật Wien được không? Nếu bầu khí quyển của Trái Đất hấp thụ mọi tia có bước sóng ngắn hơn $0,29\mu\text{m}$.

Bài giải

Theo định luật Wien:

$$\lambda_{\max} T = b \Rightarrow \lambda_{\max} = \frac{b}{T} = \frac{2,896 \cdot 10^{-3}}{12000} = 0,241\mu\text{m}$$

Vậy, bước sóng ứng với cực đại của năng suất phát xạ của ngôi sao nhỏ hơn $0,29\mu\text{m}$, nên sẽ bị bầu khí quyển hấp thụ. Không thể xác định bằng định luật Wien.

Bài 4.25: Bề mặt của một vật được nung nóng đến 1000K . Sau đó, một nửa mặt ấy được nung nóng thêm 100K còn nửa mặt kia nguội đi 100K . Hỏi năng suất phát xạ toàn phần của bề mặt vật đó thay đổi như thế nào?

Bài giải

Theo Stefan- Boltzmann:

$$R = \sigma T^4$$

$$R' = \frac{R_1 + R_2}{2} = \frac{\sigma(T_{0,5-}^4 + T_{0,5+}^4)}{2}$$

$$\Rightarrow \frac{R'}{R} = \frac{\frac{\sigma(T_{0,5-}^4 + T_{0,5+}^4)}{2}}{\sigma T^4} = \frac{(T_{0,5-}^4 + T_{0,5+}^4)}{2T^4} = \frac{(1100^4 + 900^4)}{2 \cdot 1000^4} = 1,06$$

Vậy, năng suất phát xạ toàn phần của bề mặt vật tăng 1,06 lần.

Bài 4.26: Hỏi cần cung cấp cho một quả cầu kim loại được bôi đen có bán kính $r = 2\text{cm}$ một công suất bằng bao nhiêu để giữ nhiệt độ của nó cao hơn nhiệt độ của ngoài môi trường 27°C . Biết nhiệt độ của môi trường là 20°C và coi rằng nhiệt độ mất đi chỉ do bức xạ.

Bài giải

Theo Stefan- Boltzmann:

$$R = \sigma T^4$$

Vậy, công suất cần cung cấp cho quả cầu là:

$$P = RS = \sigma T^4 4\pi r^2 = 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot (20 + 27 + 273)^4 \cdot 4\pi \cdot 0,02^2 = 2,987\text{W}$$

Bài 4.27: Một sợi dây vonfram có đường kính $0,1\text{mm}$ được nối tiếp với một sợi dây vonfram khác có cùng độ dài. Chúng được dòng điện đốt nóng trong

chân không, sợi thứ nhất có nhiệt độ 2000K, sợi thứ hai có nhiệt độ 3000K.
Tìm đường kính sợi thứ hai.

Bài giải

Theo Stefan- Boltmann:

$$R = \sigma T^4$$

$$P = RS = \sigma T^4 \pi dl$$

Do 2 dây mắc nối tiếp nên:

$$P_1 = P_2$$

$$\Leftrightarrow \sigma T_1^4 \pi \cdot d_1 \cdot l_1 = \sigma T_2^4 \pi \cdot d_2 \cdot l_2$$

\Rightarrow Đường kính của dây thứ 2 là:

$$d_2 = \frac{T_1^4 d_1}{T_2^4} = \frac{2000^4 \cdot 0,1}{3000^4} = 0,02\text{mm}$$

B - BẢN CHẤT HẠT CỦA BỨC XẠ ĐIỆN TỪ

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 kháng điện là 3V thì các quang electron bị bắn ra khỏi kim loại bị giữ lại cả, không bay sang anốt được. Biết tần số giới hạn đỏ của kim loại đó là $6 \cdot 10^{14} \text{ s}^{-1}$, hãy tính:

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

Bài giải

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

$$A = \frac{hc}{\lambda_0} = h\nu_0 = \frac{6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 6 \cdot 10^{14}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 2,48 \text{ eV}$$

- Ta có:

$$eU = \frac{mv_{\max}^2}{2} = h\nu - A$$

\Rightarrow Tần số của chùm sáng tới là:

$$\nu = \frac{A + eU}{h} = \nu_0 + \frac{eU}{h} = 6 \cdot 10^{14} + \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 3}{6,625 \cdot 10^{-34}} = 13,2 \cdot 10^{14} \text{ s}^{-1}$$

Bài 4.37: Chùm photon của bức xạ đơn sắc: $\lambda = 0,232 \mu\text{m}$ đập thẳng vào một 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 1 electron.

Bài giải

Ta có: $p_1 = \frac{h}{\lambda}$

$$p_2 = mv$$

Mà: $\frac{hc}{\lambda} = A + \frac{mv^2}{2}$

$$p \cdot \frac{p_2^2}{2m_e} = \frac{hc}{\lambda} - A$$

$$p \cdot p_2 = \sqrt{2m_e \left(\frac{hc}{\lambda} - A \right)}$$

Động lượng đã truyền cho điện cực: $\vec{p} = \vec{p}_1 - \vec{p}_2$

Độ lớn:

$$\begin{aligned}
 p &= p_1 + p_2 = \frac{h}{\lambda} + \sqrt{2m_e \frac{hc}{\lambda} - A \frac{h}{\lambda}} \quad (\text{do } \vec{p}_1; \vec{p}_2 \text{ ngược chiều}) \\
 &= \frac{6,625 \cdot 10^{-34}}{0,232 \cdot 10^{-6}} + \sqrt{2 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \frac{6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{0,232 \cdot 10^{-6}} - 4,09 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \frac{h}{\lambda}} \\
 &= 1,31 \cdot 10^{-25} \text{ (kg.m / s)}
 \end{aligned}$$

Bài 4.40: Tính bước sóng và động năng của photon có năng lượng bằng năng lượng nghỉ của electron.

Bài giải

Photon có năng lượng bằng năng lượng nghỉ của electron nên:

$$\begin{aligned}
 E &= m_e c^2 \hat{=} \frac{hc}{\lambda} = m_e c^2 \\
 \textcircled{R} \quad \lambda &= \frac{h}{mc} = \frac{6,625 \cdot 10^{-34}}{9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 3 \cdot 10^8} = 2,43 \cdot 10^{-12} \\
 p &= \frac{h}{\lambda} = \frac{6,625 \cdot 10^{-34}}{2,43 \cdot 10^{-12}} = 2,73 \cdot 10^{-22} \text{ (kg.m / s)}
 \end{aligned}$$

Bài 4.50: Xác định độ tăng bước sóng và góc tán xạ trong hiện tượng Komton, biết bước sóng ban đầu của photon là $\lambda = 0,03 \cdot 10^{-10} \text{ m}$ và vận tốc của electron bắn ra là $v = \beta \cdot c = 0,6c$

Bài giải

Theo định luật bảo toàn năng lượng, động năng của e bằng độ biến thiên năng lượng của e trước và sau khi tán xạ:

$$E_0 = \frac{m_e c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - m_e c^2 = m_e c^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}} - 1 \right)$$

Động năng đó bằng độ giảm năng lượng của photon sau khi tán xạ:

$$hv - hv' = \frac{hc}{\lambda} - \frac{hc}{\lambda'} = m_e c^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}} - 1 \right)$$

$$\Rightarrow \lambda = \frac{1}{\frac{1}{\lambda} - \frac{m_e c}{h} \left(\frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}} - 1 \right)}$$

$$= \frac{1}{\frac{1}{0,03 \cdot 10^{-10}} - \frac{9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 3 \cdot 10^8}{6,625 \cdot 10^{-34}} \left(\frac{1}{\sqrt{1-0,6^2}} - 1 \right)} = 0,04343 \cdot 10^{-10} \text{ m}$$

Vậy, góc tán xạ:

$$\sin^2 \frac{\theta}{2} = \frac{\Delta \lambda}{2 \Lambda_c} = \frac{\lambda' - \lambda}{2 \Lambda_c} = \frac{0,04343 \cdot 10^{-10} - 0,03 \cdot 10^{-10}}{2 \cdot 2,4 \cdot 10^{-12}}$$

$$\Rightarrow \theta = 63^{\circ} 52'$$

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

Bài giải

Năng lượng toàn phần	Trước tán xạ	Sau tán xạ
Photon	$\frac{hc}{\lambda}$	$\frac{hc}{\lambda'}$
Electron	$m_e c^2$	$\frac{m_e c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$

Theo định luật bảo toàn năng lượng:

$$\frac{hc}{\lambda} + m_e c^2 = \frac{hc}{\lambda'} + \frac{m_e c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Như vậy, động năng electron bắn ra:

$$E_D = \frac{m_e c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - m_e c^2 = \frac{hc}{\lambda} - \frac{hc}{\lambda'}$$

$$E_D = \frac{hc}{\lambda} - \frac{hc}{\lambda + D\lambda}$$

Theo công thức tán xạ Komton: $D\lambda = 2\Lambda_c \sin^2 \frac{\theta}{2}$

$$\textcircled{R} E_D = \frac{hc}{\lambda} \times \frac{2L_c \sin^2 \frac{\theta}{2}}{\lambda + 2L_c \sin^2 \frac{\theta}{2}}$$

Mặt khác, $E_{D \max}$ nên $\sin^2 \frac{\theta}{2} = 1$

$$\textcircled{R} E_D = \frac{hc}{\lambda} \times \frac{2L_c}{\lambda + 2L_c}$$

$$\hat{U} \frac{6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{\lambda} \times \frac{2,2 \cdot 4 \cdot 10^{-2}}{\lambda + 2,2 \cdot 4 \cdot 10^{-2}} = 0,19 \cdot 10^3 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}$$

Giải phương trình bậc 2 lấy nghiệm dương ta được:

$$\lambda = \frac{h}{mc} \times \sqrt{1 + \frac{2mc^2}{E_{D \max}}} - \frac{h}{E_D} = 0,037 \cdot 10^{-10} \text{ m}$$

Bài 4.52: Photon có năng lượng 250keV bay đến va chạm với một electron đứng yên và tán xạ theo góc 120° (tán xạ Komton). Xác định năng lượng của electron tán xạ.

Bài giải

Ta có:

$$\left. \begin{aligned} E' &= \frac{hc}{\lambda'} \\ \lambda' &= \lambda + \Delta\lambda = \lambda + 2\Lambda_c \sin^2 \frac{\theta}{2} \end{aligned} \right\} \Rightarrow E' = \frac{1}{\frac{1}{E} + 2 \frac{\Lambda_c}{hc} \sin^2 \frac{\theta}{2}}$$

Vậy, năng lượng của photon tán xạ là:

$$\begin{aligned} E' &= \frac{1}{1,6 \cdot 10^{-19}} \cdot \frac{1}{\frac{1}{250 \cdot 10^3 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}} + 2 \frac{2,4 \cdot 10^{-12}}{6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8} \sin^2 \frac{120^\circ}{2}} \\ &= 145 \cdot 10^3 \text{ eV} = 0,145 \text{ MeV} \end{aligned}$$

Bài 4.53: Photon ban đầu có năng lượng 0,8MeV tán xạ trên một electron tự do và trở thành photon ứng với bức xạ có bước sóng bằng bước sóng Komton. Tính góc tán xạ.

Bài giải

$$\text{Ta có: } \lambda = \frac{hc}{E}$$

$$\begin{aligned}\Delta\lambda &= \Lambda_c - \lambda = 2\Lambda_c \sin^2 \frac{\theta}{2} \\ \Rightarrow \sin^2 \frac{\theta}{2} &= \frac{\Lambda_c - \lambda}{2\Lambda_c} = \frac{\Lambda_c - \frac{hc}{E}}{2\Lambda_c} = \frac{1}{2} \left(1 - \frac{hc}{E \frac{h}{m_e c}} \right) \\ &= \frac{1}{2} \left(1 - \frac{m_e c^2}{E} \right) = \frac{1}{2} \left(1 - \frac{9,1 \cdot 10^{-31} \cdot (3 \cdot 10^8)^2}{0,8 \cdot 10^{-6} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}} \right) = 0,18 \\ \Rightarrow \theta &= 50^\circ\end{aligned}$$

Bài 4.54: Trong hiện tượng Komton, bước sóng của chùm photon bay tới là $0,03 \text{ \AA}$. Tính phần năng lượng truyền cho electron đối với photon tán xạ dưới những góc: 60° ; 90° ; 180° .

Bài giải:

Phần năng lượng truyền cho electron bằng độ giảm năng lượng của photon:

$$\Delta E = \frac{hc}{\lambda} - \frac{hc}{\lambda'} = \frac{hc}{\lambda} \times \frac{2\Lambda_c \sin^2 \frac{q}{2}}{\lambda + 2\Lambda_c \sin^2 \frac{q}{2}}$$

- $q = 60^\circ$

$$\begin{aligned}\Delta E &= \frac{hc}{\lambda} \times \frac{2\Lambda_c \sin^2 \frac{q}{2}}{\lambda + 2\Lambda_c \sin^2 \frac{q}{2}} = \frac{6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{0,03 \cdot 10^{-10}} \times \frac{2,2,4 \cdot 10^{-2} \sin^2 \frac{60^\circ}{2}}{0,03 \cdot 10^{-10} + 2,2,4 \cdot 10^{-2} \sin^2 \frac{60^\circ}{2}} \\ &= 1,89 \cdot 10^{-14} \text{ J}\end{aligned}$$

- $q = 90^\circ$

$$DE = \frac{hc}{\lambda} \times \frac{2L_c \sin^2 \frac{q}{2}}{\lambda + 2L_c \sin^2 \frac{q}{2}} = \frac{6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{0,03 \cdot 10^{-10}} \times \frac{2,2 \cdot 4 \cdot 10^{-2} \sin^2 \frac{90^\circ}{2}}{0,03 \cdot 10^{-10} + 2,2 \cdot 4 \cdot 10^{-2} \sin^2 \frac{90^\circ}{2}}$$

$$= 2,94 \cdot 10^{-14} \text{ J}$$

- $q = 180^\circ$

$$DE = \frac{hc}{\lambda} \times \frac{2L_c \sin^2 \frac{q}{2}}{\lambda + 2L_c \sin^2 \frac{q}{2}} = \frac{6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{0,03 \cdot 10^{-10}} \times \frac{2,2 \cdot 4 \cdot 10^{-2} \sin^2 \frac{180^\circ}{2}}{0,03 \cdot 10^{-10} + 2,2 \cdot 4 \cdot 10^{-2} \sin^2 \frac{180^\circ}{2}}$$

$$= 4,08 \cdot 10^{-14} \text{ J}$$

Bài 4.55: Tính động lượng của electron khi có photon bước sóng ban đầu $0,05 \text{ Å}$ va chạm vào và tán xạ $q = 90^\circ$.

Bài giải:

Trước tán xạ: $\vec{p} = \vec{p}_e$

Sau tán xạ: $\vec{p}' = \vec{p}_e' + \vec{p}_e''$

$\vec{p} = \vec{p}'$

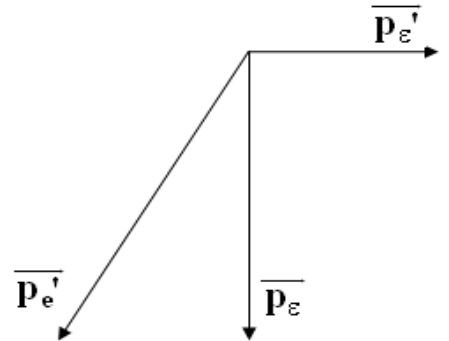
® $\vec{p}_e'' = \vec{p}_e - \vec{p}_e'$

® $(p_e'')^2 = p_e^2 + (p_e')^2$ (do $q = 90^\circ$)

$$p_e' = \sqrt{\frac{hc}{\lambda}^2 + \frac{hc}{\lambda'}^2} = h \sqrt{\frac{1}{\lambda^2} + \frac{1}{\lambda + 2L_c \sin^2 \frac{q}{2}}^2}$$

$$p_e' = 6,625 \cdot 10^{-34} \sqrt{\frac{1}{(0,05 \cdot 10^{-10})^2} + \frac{1}{(0,05 \cdot 10^{-10} + 2,2 \cdot 4 \cdot 10^{-12} \sin^2 \frac{90^\circ}{2})^2}}$$

$$= 1,6 \cdot 10^{-22} \text{ kg.m / s}$$



Bài 4.56: Photon có năng lượng ban đầu $0,15 \text{ MeV}$ tán xạ Komton trên một electron đứng yên. Kết quả sau khi tán xạ, bước sóng của chùm tia tán xạ

tăng thêm $\Delta\lambda = 0,015 \text{ \AA}$ so với bước sóng ban đầu. Tính góc bay ra của electron?

Bài giải

Gọi \vec{p} , \vec{p}' là động lượng của photon trước và sau tán xạ. \vec{p}_e là động lượng của electron bắn ra (ban đầu electron đứng yên). Theo định luật bảo toàn động

lượng: $\vec{p} = \vec{p}' + \vec{p}_e$.

Góc giữa \vec{p} và \vec{p}' là θ , \vec{p} và \vec{p}_e là φ .

Từ hình vẽ bên ta có:

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{p' \sin \theta}{p - p' \cos \theta}$$

Mà:

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

$$p' = \frac{h}{\lambda'} = \frac{h}{\lambda + 2\Lambda_c \sin^2 \frac{\theta}{2}}$$

$$\Rightarrow \operatorname{tg}\varphi = \frac{\frac{h \sin \theta}{\lambda + 2\Lambda_c \sin^2 \frac{\theta}{2}}}{\frac{h}{\lambda} - \frac{h \cos \theta}{\lambda + 2\Lambda_c \sin^2 \frac{\theta}{2}}} = \frac{\lambda \sin \theta}{(\lambda + \Lambda_c)(1 - \cos \theta)} = \frac{\cot g \frac{\theta}{2}}{1 + \frac{\Lambda_c}{\lambda}}$$

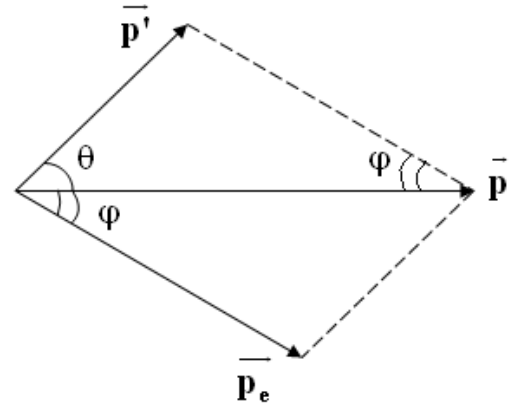
Mặt khác:

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

$$\cot g \frac{\theta}{2} = \sqrt{\frac{1}{\sin^2 \frac{\theta}{2}} - 1} = \sqrt{\frac{2\Lambda_c}{\Delta\lambda} - 1}$$

$$\Rightarrow \operatorname{tg}\varphi = \frac{\sqrt{\frac{2\Lambda_c}{\Delta\lambda} - 1}}{1 + \frac{\Lambda_c E}{hc}} = \frac{\sqrt{\frac{2.2,4.10^{-12}}{0,015.10^{-10}} - 1}}{1 + \frac{2,4.10^{-12}.0,15.10^6.1,6.10^{-19}}{6,625.10^{-34}.3.10^8}} = 1,15$$

$$\Rightarrow \varphi = 49^\circ$$



Bài 4.57: Dùng định luật bảo toàn động lượng và công thức tán xạ Komton, tìm hệ thức liên hệ giữa góc tán xạ θ và góc φ , xác định phương bay của electron.

Bài giải

Gọi \vec{p} , \vec{p}' là động lượng của photon trước và sau tán xạ. \vec{p}_e là động lượng của electron bắn ra (ban đầu electron đứng yên). Theo định luật bảo toàn động

lượng: $\vec{p} = \vec{p}' + \vec{p}_e$.

Góc giữa \vec{p} và \vec{p}' là θ , \vec{p} và \vec{p}_e là φ .

Từ hình vẽ bên ta có:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{p' \sin \theta}{p - p' \cos \theta}$$

Mà:

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

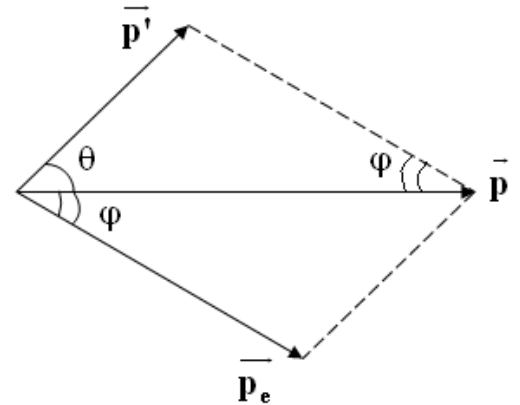
$$p' = \frac{h}{\lambda'} = \frac{h}{\lambda + 2\Lambda_c \sin^2 \frac{\theta}{2}}$$

Nên:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\frac{h \sin \theta}{\lambda + 2\Lambda_c \sin^2 \frac{\theta}{2}}}{\frac{h}{\lambda} - \frac{h \cos \theta}{\lambda + 2\Lambda_c \sin^2 \frac{\theta}{2}}} = \frac{\lambda \sin \theta}{\lambda + \Lambda_c (1 - \cos \theta) - \lambda \cos \theta}$$

$$= \frac{\lambda \sin \theta}{(\lambda + \Lambda_c)(1 - \cos \theta)} = \frac{\cot g \frac{\theta}{2}}{1 + \frac{\Lambda_c}{\lambda}}$$

$$\text{Vậy ta có công thức: } \operatorname{tg} \varphi = \frac{\cot g \frac{\theta}{2}}{1 + \frac{\Lambda_c}{\lambda}}$$



Bài 4.58: Photon có bước sóng ban đầu $\lambda = 0,11 \text{ Å}$, bay đến va chạm vào electron, bị tán xạ theo góc $\theta = 110^\circ$; electron bắn ra theo góc $\varphi = 30^\circ$. Coi như đã biết khối lượng electron và vận tốc ánh sáng. Tính hằng số Plăng.

Bài giải

Áp dụng công thức: $\text{tg}\varphi = \frac{\cot g \frac{\theta}{2}}{1 + \frac{\Lambda_c}{\lambda}}$ ở bài tập trên. Ta có:

$$\text{tg}\varphi = \frac{\cot g \frac{\theta}{2}}{1 + \frac{\Lambda_c}{\lambda}} = \frac{\cot g \frac{\theta}{2}}{1 + \frac{h}{m_e c \lambda}}$$

$$\Rightarrow h = m_e c \lambda \left(\frac{\cot g \frac{\theta}{2}}{\text{tg}\varphi} - 1 \right)$$

$$= 9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 3 \cdot 10^8 \cdot 0,11 \cdot 10^{-10} \left(\frac{\cot g \frac{110^\circ}{2}}{\text{tg} 30^\circ} - 1 \right)$$

$$= 6,39 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$$

Bài 4.59: Tìm bước sóng của một photon biết rằng trong hiện tượng tán xạ Komton, năng lượng photon tán xạ và động năng electron bằng nhau khi góc giữa 2 phương chuyển động của chúng bằng 90° .

Bài giải

Năng lượng truyền cho electron bằng độ giảm năng lượng của photon:

$$\Delta E = \frac{hc}{\lambda} - \frac{hc}{\lambda'} = \frac{hc}{\lambda'}$$

$$\Rightarrow \lambda = \frac{\lambda'}{2}$$

Theo công thức Komton:

$$\Delta\lambda = \lambda' - \lambda = 2\Lambda_c \sin^2 \frac{\theta}{2}$$
$$\Rightarrow \lambda = 2\Lambda_c \sin^2 \frac{\theta}{2} \Leftrightarrow \frac{\lambda}{2\Lambda_c} = \sin^2 \frac{\theta}{2}$$

Sử dụng kết quả của bài 4.57:

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{\cotg \frac{\theta}{2}}{1 + \frac{\Lambda_c}{\lambda}}$$

Với điều kiện của đề bài: $\theta + \varphi = 90^\circ$, ta có:

$$\cotg\theta = \frac{\cotg \frac{\theta}{2}}{1 + \frac{\Lambda_c}{\lambda}} \Rightarrow \operatorname{tg} \frac{\theta}{2} \left(1 + \frac{\Lambda_c}{\lambda} \right) = \operatorname{tg}\theta \Leftrightarrow 1 + \frac{\Lambda_c}{\lambda} = \frac{2}{1 + \operatorname{tg}^2 \frac{\theta}{2}}$$
$$\Leftrightarrow 1 + \frac{1}{2 \sin^2 \frac{\theta}{2}} = 2 \left(1 - \sin^2 \frac{\theta}{2} \right) \Rightarrow \frac{\lambda}{2\Lambda_c} = \sin^2 \frac{\theta}{2} = \frac{1}{4}$$
$$\Rightarrow \lambda = \frac{\Lambda_c}{2} = 1,2 \cdot 10^{-12} \text{ m}$$

Vậy bước sóng cần tìm là: $\lambda = 1,2 \cdot 10^{-12} \text{ m}$