

## CHƯƠNG 7 – QUANG HỌC LUONG TU

### III. CÂU HỎI LÝ THUYẾT

1. Định nghĩa bức xạ nhiệt cân bằng.
2. Viết biểu thức và nêu ý nghĩa của các đại lượng: năng suất phát xạ toàn phần, hệ số phát xạ đơn sắc, hệ số hấp thụ đơn sắc của bức xạ nhiệt cân bằng ở nhiệt độ T.
3. Định nghĩa vật đen tuyệt đối.
4. Phát biểu định luật Kirchhoff. Nêu ý nghĩa của hàm phổ biến. Vẽ đồ thị đường đặc trưng phổ phát xạ của vật đen tuyệt đối.
5. Phát biểu các định luật phát xạ của vật đen tuyệt đối.
6. Nêu quan niệm cổ điển về bản chất của bức xạ. Viết công thức của Rayleigh-Jeans. Nêu những khó khăn mà công thức đó gặp phải đối với hiện tượng bức xạ nhiệt.
7. Phát biểu thuyết lượng tử của Planck. Viết công thức Planck. Nêu những thành công của thuyết lượng tử.
8. Định nghĩa hiện tượng quang điện. Phát biểu ba định luật quang điện.
9. Phát biểu thuyết photon của Einstein. Vận dụng thuyết photon để giải thích ba định luật quang điện.
10. Trình bày nội dung hiệu ứng Compton. Trong hiệu ứng này, chùm tia X tán xạ lên electron tự do hay liên kết?
11. Giải thích hiệu ứng Compton.
12. Tại sao coi hiệu ứng Compton là một bằng chứng thực nghiệm xác nhận trọn vẹn tính hạt của ánh sáng.

### IV. BÀI TẬP

**Thí dụ 1:** Một lò luyện kim có cửa sổ quan sát rộng 8cm x 15cm phát xạ với công suất 10887W. Coi bức xạ được phát ra từ một vật đen tuyệt đối. Tìm nhiệt độ của lò và bước sóng ứng với năng suất phát xạ cực đại của lò.

**Bài giải:** Năng suất phát xạ toàn phần của vật đen tuyệt đối:  $R = \sigma T^4$ , R là năng suất do một đơn vị diện tích phát ra trong một đơn vị thời gian, nên R liên hệ với công suất phát xạ là:  $P = R.S$

$$\rightarrow T = \sqrt[4]{\frac{P}{\sigma.S}} = \sqrt[4]{\frac{10887}{5,67.10^{-8}.8.15.10^{-4}}} = 2000 \text{ (K)}$$

Bước sóng ứng với năng suất phát xạ cực đại của lò được xác định theo định luật Wien

$$\lambda_{\max} = \frac{b}{T} = \frac{2,896 \cdot 10^{-3}}{2000} = 1,448 \mu m$$

**Thí dụ 2:** Công thoát của kim loại dùng làm catốt của tế bào quang điện  $A = 5eV$ . Tìm:

1. Giới hạn quang điện của tấm kim loại đó.
2. Vận tốc ban đầu cực đại của các quang electron khi catốt được chiếu bằng ánh sáng đơn sắc bước sóng  $\lambda = 0,2 \mu m$ .
3. Hiệu điện thế hãm để không có một electron nào đến được anốt.

**Bài giải**

$$1. \text{ Giới hạn quang điện của catốt: } \lambda_0 = \frac{hc}{A} = \frac{6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{5 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}} = 2,48 \cdot 10^{-7} m$$

2. Vận tốc ban đầu cực đại của các electron:

$$\frac{hc}{\lambda} = A + \frac{1}{2} m_e v_{0\max}^2 \rightarrow v_{0\max} = \sqrt{\frac{2}{m_e} \left( \frac{hc}{\lambda} - A \right)}$$

$$v_{0\max} = \sqrt{\frac{2}{9,1 \cdot 10^{-31}} \left( \frac{6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{0,2 \cdot 10^{-6}} - 5 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \right)} = 0,65 \cdot 10^6 m/s$$

3. Hiệu điện thế hãm:

$$\frac{hc}{\lambda} = A + eU_h \rightarrow U_h = \left( \frac{hc}{\lambda} - A \right) \frac{1}{e} = \left( \frac{6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{0,2 \cdot 10^{-6}} - 5 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \right) \frac{1}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 1,2 V$$

**Thí dụ 3:** Photon mang năng lượng  $0,15 MeV$  đến tán xạ trên electron tự do. Sau khi tán xạ bước sóng của chùm photon tán xạ tăng thêm  $\Delta\lambda = 0,015 A^0$ . Xác định bước sóng của photon và góc tán xạ của photon.

**Bài giải:**  $\varepsilon = \frac{hc}{\lambda} \rightarrow \lambda = \frac{hc}{\varepsilon} = \frac{6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{0,15 \cdot 1,6 \cdot 10^{-13}} = 8,28 \cdot 10^{-12} m$

$$\Delta\lambda = 2\lambda_c \sin^2 \frac{\theta}{2} \rightarrow \sin^2 \frac{\theta}{2} = \frac{\Delta\lambda}{2\lambda_c} = 0,31 \rightarrow \sin \frac{\theta}{2} = 0,556 \rightarrow \theta = 67^0 33'$$

**Bài tập tự giải**

1. Tìm công suất bức xạ của một lò nung, cho biết nhiệt độ của lò bằng  $t = 727^0 C$ , diện tích của cửa lò bằng  $250 cm^2$ . Coi lò là vật đen tuyệt đối.
2. Tìm nhiệt độ của một lò nung, cho biết mỗi giây lò phát ra một năng lượng bằng  $8,28$  calo qua một lỗ nhỏ có kích thước bằng  $6 cm^2$ . Coi bức xạ được phát ra từ một vật đen tuyệt đối.
3. Vật đen tuyệt đối có dạng một quả cầu đường kính  $d = 10 cm$  ở nhiệt độ  $T$  không đổi. Tìm nhiệt độ  $T$ , cho biết công suất bức xạ ở nhiệt độ đã cho bằng  $12 kcal/phút$ .

4. Nhiệt độ của sợi dây tóc vonfram của 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 bằng  $80^{\circ}$ , nhiệt độ trung bình bằng 2300K. Hỏi công suất bức xạ biến đổi bao nhiêu lần, coi dây tóc bóng đèn là vật đen tuyệt đối.

5. Nhiệt độ của vật đen tuyệt đối tăng từ 1000 K đến 3000 K. Hỏi:

1. Năng suất phát xạ toàn phần của nó tăng bao nhiêu lần?
2. Bước sóng ứng với năng suất phát xạ cực đại thay đổi bao nhiêu lần?

6. Một vật đen tuyệt đối ở nhiệt độ  $T_1 = 2900$  K. Do vật bị nguội đi nên bước sóng ứng với năng suất phát xạ cực đại thay đổi  $\Delta\lambda = 9\mu\text{m}$ . Hỏi vật lạnh đến nhiệt độ bằng bao nhiêu?

7. Một ngôi nhà gạch trát vữa có diện tích mặt ngoài tổng cộng là  $800\text{ m}^2$ , nhiệt độ của mặt bức xạ là  $27^{\circ}\text{C}$  và hệ số hấp thụ khi đó bằng 0,8. Tính

- a. Năng lượng bức xạ trong một ngày đêm từ ngôi nhà đó.
- b. Bước sóng ứng với năng suất phát xạ cực đại của ngôi nhà nếu coi nó là vật đen tuyệt đối.

Cho hằng số Stefan – Boltzman  $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$ , hằng số Wien  $b = 2,898 \cdot 10^{-3} \text{ mK}$

8. Một thỏi thép đúc có nhiệt độ  $727^{\circ}\text{C}$ . Trong một giây, mỗi  $\text{cm}^2$  của nó bức xạ một lượng năng lượng 4J. Xác định hệ số hấp thụ của thỏi thép ở nhiệt độ đó, nếu coi rằng hệ số hấp thụ là như nhau đối với mọi bước sóng.

9. Công suất bức xạ của vật đen tuyệt đối bằng  $10^5 \text{ kW}$ . Tìm diện tích bức xạ của vật đó nếu bước sóng ứng với năng suất phát xạ cực đại của nó bằng  $0,7\mu\text{m}$ . Cho hằng số Stefan – Boltzman  $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$ , hằng số Wien  $b = 2,898 \cdot 10^{-3} \text{ m.K}$ .

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

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

11. Dây tóc vonfram trong bóng đèn có đường kính  $d = 0,03 \text{ cm}$  và dài  $l = 5 \text{ cm}$ . Khi mắc vào mạch điện 127 V, dòng điện chạy qua đèn có cường độ 0,31A. Tìm nhiệt độ của đèn, giả sử ở trạng thái cân bằng nhiệt toàn bộ nhiệt lượng do đèn phát ra đều ở dạng bức xạ. Cho biết tỷ số giữa năng suất phát xạ toàn phần của vonfram với năng suất phát xạ toàn phần của vật đen tuyệt đối ở nhiệt độ cân bằng của dây tóc đèn bằng 0,31.

12. Khi nghiên cứu quang phổ phát xạ của mặt trời, người ta nhận thấy bức xạ mang năng lượng cực đại có bước sóng  $\lambda_m = 0,48\mu\text{m}$ . Coi mặt trời là vật đen lý tưởng. Tìm:

- a. Công suất phát xạ toàn phần của mặt trời.
- b. Mật độ năng lượng nhận được trên mặt trái đất.

Cho biết bán kính mặt trời  $r = 6,5 \cdot 10^5$  km, khoảng cách từ mặt trời đến trái đất  $d = 1,5 \cdot 10^8$  km, hằng số Stefan – Boltzman  $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8}$  W/m<sup>2</sup>K<sup>4</sup>, hằng số Wien  $b = 2,898 \cdot 10^{-3}$  mK.

**13.** Tìm bước sóng ứng với năng suất phát xạ cực đại của

- a. Dây tóc bóng đèn (3000K).
- b. Mặt trời (6000K)
- c. Bom nguyên tử khi nổ ( $10^7$ K)

Coi các nguồn là vật đen tuyệt đối.

**14.** Hỏi cần cung cấp cho một quả cầu kim loại được bôi đen có bán kính 2cm một công suất bằng bao nhiêu để giữ cho nhiệt độ của nó cao hơn nhiệt độ của môi trường 27°C. Cho biết nhiệt độ môi trường bằng 20°C và coi nhiệt độ giảm chỉ do bức xạ.

**15.** Tìm giới hạn quang điện đối với các kim loại có công thoát 2,4eV, 2,3eV, 2eV.

**16.** Giới hạn quang điện của kim loại dùng làm catốt của tế bào quang điện  $\lambda_0 = 0,5\mu\text{m}$ . Tìm:

- a. Công thoát của electron khỏi tấm kim loại đó.
- b. Vận tốc ban đầu cực đại của các quang electron khi catốt được chiếu bằng ánh sáng đơn sắc bước sóng  $\lambda = 0,25\mu\text{m}$ .

**17.** Chiếu một bức xạ điện từ đơn sắc bước sóng  $\lambda = 0,41\mu\text{m}$  lên một kim loại dùng làm catốt của tế bào quang điện thì có hiện tượng quang điện xảy ra. Nếu dùng một hiệu điện thế hãm 0,76V thì các quang electron bắn ra đều bị giữ lại. Tìm:

- a. Công thoát của electron đối với kim loại đó.
- b. Vận tốc ban đầu cực đại của các quang electron khi bắn ra khỏi catốt

**18.** Công thoát của kim loại dùng làm catốt của tế bào quang điện  $A = 2,48\text{eV}$ . Tìm:

- a. Giới hạn quang điện của tấm kim loại đó.
- b. Vận tốc ban đầu cực đại của các quang electron khi catốt được chiếu bằng ánh sáng đơn sắc bước sóng  $\lambda = 0,36\mu\text{m}$ .
- c. Hiệu điện thế hãm để không có một electron nào đến được anốt.

**19.** Khi chiếu một chùm ánh sáng có bước sóng  $\lambda = 0,234\mu\text{m}$  vào một kim loại dùng làm catốt của tế bào quang điện thì có hiện tượng quang điện xảy ra. Biết tần số giới hạn của catốt  $\nu_0 = 6 \cdot 10^{14}\text{Hz}$ . Tìm:

- a. Công thoát của electron đối với kim loại đó.
- b. Hiệu điện thế hãm để không có một electron nào đến được anốt.
- c. Vận tốc ban đầu cực đại của các quang electron.

**20.** Khi chiếu một chùm ánh sáng vào một kim loại dùng làm catốt của tế bào quang điện thì có hiện tượng quang điện xảy ra. Nếu dùng một hiệu điện thế hãm 3V thì các quang electron bắn ra đều bị giữ lại. Biết tần số giới hạn của catốt  $\nu_0 = 6 \cdot 10^{14}\text{Hz}$ . Tìm:

- a. Công thoát của electron đối với tấm kim loại đó.

- b. Tần số của ánh sáng chiếu tới. ra từ catôt.
- 21.** Công thoát của kim loại dùng làm catôt của tế bào quang điện  $A = 2,15\text{eV}$ . Tìm:
- Giới hạn quang điện của tấm kim loại đó.
  - Vận tốc ban đầu cực đại của các quang electron khi catôt được chiếu bằng ánh sáng đơn sắc bước sóng  $\lambda = 0,489\mu\text{m}$ .
  - Hiệu điện thế hãm để không có một electron nào đến được anôt.
- 22.** Khi chiếu vào một kim loại những ánh sáng lần lượt có bước sóng  $2790\text{\AA}$  và  $2450\text{\AA}$  thì có các quang electron bắn ra. Hiệu điện thế hãm để giữ chúng lại lần lượt là  $0,66\text{V}$  và  $1,26\text{V}$ . Cho biết điện tích của electron  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}\text{C}$  và vận tốc ánh sáng  $c = 3 \cdot 10^8\text{ m/s}$ , hãy tính hằng số Planck.
- 23.** Tìm động lượng, khối lượng của photon có tần số  $\nu = 5 \cdot 10^{14}\text{Hz}$ .
- 24.** Tìm năng lượng và động lượng của photon ứng với bước sóng  $\lambda = 0,6\mu\text{m}$ .
- 25.** Tìm năng lượng và động lượng của photon ứng với bước sóng  $\lambda = 10^{-12}\text{m}$ .
- 26.** Xác định vận tốc cực đại của các quang electron bị bứt khỏi mặt kim loại bạc khi chiếu tới mặt kim loại
- Các tia tử ngoại có  $\lambda_1 = 0,155\mu\text{m}$
  - Các tia có  $\lambda_2 = 0,001\text{ nm}$
- Cho công thoát của bạc bằng  $0,75 \cdot 10^{-18}\text{J}$ .
- 27.** Trong hiện tượng tán xạ Compton, bước sóng ban đầu của photon là  $\lambda = 0,03\text{ \AA}$  và vận tốc của electron bắn ra là  $v = \beta c = 0,6c$ . Xác định độ tăng bước sóng  $\Delta\lambda$  và góc tán xạ  $\theta$ . ( $\lambda_c = 2,426 \cdot 10^{-12}\text{m}$ )
- 28.** Photon có năng lượng  $250\text{keV}$  bay đến va chạm với một electron đứng yên và tán xạ Compton theo góc  $120^\circ$ . Xác định năng lượng của photon tán xạ. ( $\lambda_c = 2,426 \cdot 10^{-12}\text{m}$ )
- 29.** Photon ban đầu có năng lượng  $0,8\text{MeV}$  tán xạ trên một electron tự do và thành photon ứng với bức xạ có bước sóng bằng bước sóng Compton. Tính:
- Góc tán xạ.
  - Năng lượng của photon tán xạ.
- 30.** Tính năng lượng và động lượng của photon tán xạ khi photon có bước sóng ban đầu  $\lambda = 0,05 \cdot 10^{-10}\text{m}$  đến va chạm vào electron tự do và tán xạ theo góc  $60^\circ, 90^\circ$ .
- 31.** Trong hiện tượng tán xạ Compton, bức xạ Rongen có bước sóng  $\lambda$  đến tán xạ trên electron tự do. Tìm bước sóng đó, cho biết động năng cực đại của electron bắn ra bằng  $0,19\text{MeV}$ . ( $\lambda_c = 2,426 \cdot 10^{-12}\text{m}$ )
- 32.** Trong hiện tượng Compton, 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  $60^\circ, 90^\circ, 180^\circ$ .
- 33.** Tìm động lượng của electron khi có photon bước sóng  $\lambda = 0,05\text{\AA}$  đến va chạm và tán xạ theo góc  $\theta = 90^\circ$ . Lúc đầu electron đứng yên. ( $\lambda_c = 2,426 \cdot 10^{-12}\text{m}$ )

