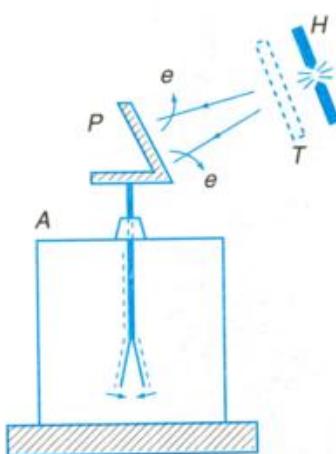


# 43

## HIỆN TƯỢNG QUANG ĐIỆN NGOÀI CÁC ĐỊNH LUẬT QUANG ĐIỆN

Một hành khách đi về phía cửa vào nhà ga Cảng Hàng không quốc tế Nội Bài nhìn thấy hai tấm cửa kính đang khép lại. Nhưng khi anh ta lai gần thì lạ thay (!), hai tấm cửa kính tự động tách xa nhau, và khi anh ta đi vào trong nhà ga thì hai tấm cửa kính lại khép lại như cũ.

Thiết bị tự động đóng - mở cửa nhà ga hoạt động dựa trên hiện tượng quang điện.



Hình 43.1 Thí nghiệm phát hiện hiện tượng quang điện.

P là tấm kẽm ; H là đèn hồ quang ; A là điện nghiệm ; T là tấm thuỷ tinh không màu.

Chiếu ánh sáng hồ quang vào tấm kẽm P ban đầu tích điện âm thì hai lá của điện nghiệm khép lại : tấm kẽm mất điện tích âm.

Chắn chùm tia hồ quang bằng tấm thuỷ tinh không màu (có tác dụng hấp thụ tia tử ngoại) thì hai lá của điện nghiệm không bị khép lại : tấm kẽm không mất điện tích âm.

C1 Nếu chiếu tia tử ngoại vào một tấm kẽm ban đầu tích điện dương thì hiện tượng sẽ xảy ra như thế nào ?

### 1. Hiện tượng quang điện ngoài

Năm 1887, nhà vật lí người Đức, Héc (Heinrich Rudolf Hertz, 1857 – 1894) đã làm thí nghiệm chiếu tia tử ngoại vào một tấm kẽm ban đầu tích điện âm (sơ đồ thí nghiệm tương tự như ở Hình 43.1). Kết quả thí nghiệm cho thấy tấm kẽm bị mất điện tích âm.

Héc cho rằng, tia tử ngoại (có bước sóng ngắn) khi chiếu vào tấm kẽm, đã làm bật các electron ra khỏi tấm đó.

Làm thí nghiệm với các tấm kim loại khác (như đồng, nhôm, bạc, niken...), người ta cũng thấy hiện tượng tương tự xảy ra.

**Hiện tượng ánh sáng làm bật các electron ra khỏi bề mặt kim loại gọi là hiện tượng quang điện ngoài**, thường gọi tắt là **hiện tượng quang điện**.

Các electron bị bật ra khỏi bề mặt kim loại bị chiếu sáng gọi là *quang electron*, còn gọi là *electron quang điện*.

### 2. Thí nghiệm khảo sát định lượng hiện tượng quang điện

Để khảo sát hiện tượng quang điện một cách đầy đủ, người ta dùng tế bào quang điện (Hình 43.2).

Tế bào quang điện là một bình bằng thạch anh đã hút hết không khí (tế bào quang điện chân không), bên trong có hai điện cực : anôt là một vòng dây kim loại ; catôt có dạng một chỏm cầu bằng kim loại mà ta cần khảo sát (hoặc một lá kim loại mỏng uốn thành nửa hình trụ).

### a) Thí nghiệm

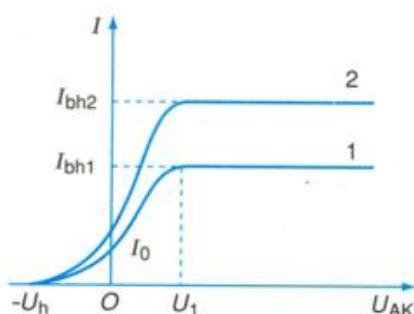
Sơ đồ thí nghiệm được vẽ trên Hình 43.3.

### b) Kết quả thí nghiệm và nhận xét

- Đóng khoá  $C$  và di chuyển con chạy  $B$  để  $U_{AK} > 0$ . Chiếu chùm ánh sáng có bước sóng ngắn vào catôt, thì xảy ra hiện tượng quang điện và trong mạch xuất hiện dòng điện gọi là *dòng quang điện*, tạo nên bởi các electron bị bật ra từ catôt.

Dùng các kính lọc sắc  $F$  khác nhau thì thấy dòng quang điện chỉ xuất hiện khi ánh sáng chiếu vào catôt có bước sóng nhỏ hơn hoặc bằng trị số  $\lambda_0$ .

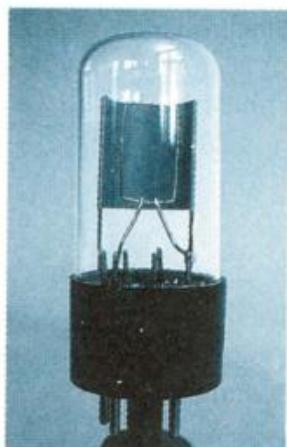
- Như vậy hiện tượng quang điện chỉ xảy ra khi  $\lambda \leq \lambda_0$ . Giá trị  $\lambda_0$  được gọi là *giới hạn quang điện*. Các khảo sát chi tiết còn cho thấy với các catôt làm bằng các kim loại khác nhau thì  $\lambda_0$  có các trị số khác nhau.
- Với một chùm sáng đơn sắc có bước sóng  $\lambda \leq \lambda_0$  và có cường độ sáng nhất định thì sự phụ thuộc của cường độ dòng quang điện  $I$  vào hiệu điện thế  $U_{AK}$  giữa anôt và catôt được mô tả như đồ thị 1 trên Hình 43.4.



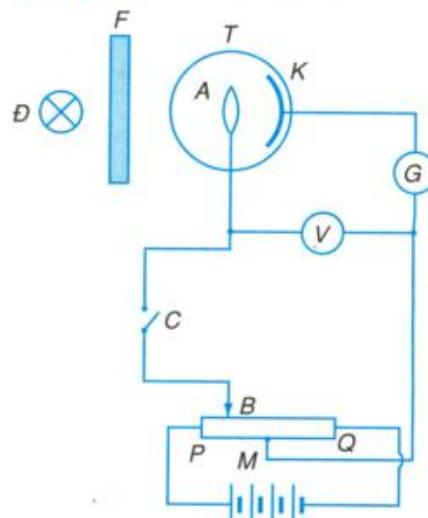
Hình 43.4 Đặc tuyến vôn – ampe của tế bào quang điện.

- Từ đồ thị, ta thấy :

+ Khi  $U_{AK} \leq -U_h$  thì dòng quang điện bị triệt tiêu hoàn toàn ( $I = 0$ ). Sở dĩ như vậy là vì : electron bị bật ra từ catôt, với tốc độ ban đầu  $v_{0\max}$  và động năng ban đầu  $W_{d\max}$ , đã chịu tác dụng của lực điện trường hướng về catôt (do  $U_h$  gây ra) ; lực này đã ngăn không cho electron tới anôt để gây ra dòng quang điện.



Hình 43.2 Tế bào quang điện.



Hình 43.3 Sơ đồ thí nghiệm với tế bào quang điện.

Catôt  $K$  nối vào điểm giữa  $M$  của biến trở  $PQ$ . Anôt  $A$  mắc với con chạy của biến trở  $PQ$ .

$G$  là một micrôampe kế để đo cường độ dòng điện  $I$  (gọi là *dòng quang điện*) chạy qua tế bào quang điện  $T$ .

Nguồn sáng  $D$  (đèn hơi thuỷ ngân chảng hạn) cùng với các kính lọc sắc  $F$  (làm nhiệm vụ tách ra một chùm sáng đơn sắc phát ra từ nguồn) dùng để chiếu vào catôt  $K$  một chùm sáng đơn sắc có bước sóng nhất định.

Hiệu điện thế  $U_{AK}$  giữa anôt và catôt có thể có giá trị dương hoặc âm khi dịch chuyển con chạy  $B$  trên  $PQ$ .

**C2** Dựa vào đặc tuyến vôn - ampe ở Hình 43.4, hãy nhận xét về sự phụ thuộc của  $I$  vào  $U_{AK}$  khi  $U_{AK} < U_1$ .

Vì vậy,  $U_h$  được gọi là *hiệu điện thế hâm*. Trị số của  $U_h$  phụ thuộc bước sóng  $\lambda$ . Như vậy, giữa động năng ban đầu cực đại của quang electron và độ lớn của hiệu điện thế hâm có hệ thức :

$$W_{dmax} = \frac{mv_{0max}^2}{2} = eU_h \quad (43.1)$$

**C3** Tại sao khi  $U_{AK} < U_1$  thì không phải mọi quang electron đều tới được anôt?

+ Khi  $U_{AK} \geq U_1$  thì cường độ dòng quang điện luôn giữ giá trị không đổi  $I = I_{bh}$ . Giá trị  $I_{bh}$  đó gọi là *cường độ dòng quang điện bão hòa*.

Với bước sóng  $\lambda$  giữ nguyên trị số như cũ nhưng tăng cường độ ánh sáng chiếu vào catôt, thì thấy cường độ dòng quang điện bão hòa tăng tỉ lệ thuận với cường độ ánh sáng (đồ thị 2 trên Hình 43.4).

Bảng 43.1

Giới hạn quang điện của một số kim loại

| Chất     | $\lambda_0$ ( $\mu\text{m}$ ) |
|----------|-------------------------------|
| Bạc Ag   | 0,260                         |
| Đồng Cu  | 0,300                         |
| Kẽm Zn   | 0,350                         |
| Nhôm Al  | 0,360                         |
| Canxi Ca | 0,430                         |
| Natri Na | 0,500                         |
| Kali K   | 0,550                         |
| Xesi Cs  | 0,580                         |

**C4** Hãy chứng tỏ rằng, ba định luật quang điện bao hàm được tất cả các kết quả thí nghiệm trên.

Thuyết điện từ về ánh sáng không giải thích được hiện tượng quang điện. Thực vậy, theo thuyết điện từ về ánh sáng, cường độ của chùm sáng kích thích càng lớn, thì điện trường biến thiên trong sóng ánh sáng càng mạnh, làm cho electron trong kim loại dao động càng mạnh, tốc độ và động năng của electron càng lớn. Hiện tượng quang điện sẽ xảy ra, khi động năng electron đạt được

### 3. Các định luật quang điện

Từ kết quả của các thí nghiệm về hiện tượng quang điện, các nhà bác học đã rút ra ba định luật sau đây, gọi là các định luật quang điện.

**a) Định luật quang điện thứ nhất (hay định luật về giới hạn quang điện)**

*Hiện tượng quang điện chỉ xảy ra khi ánh sáng kích thích chiếu vào kim loại có bước sóng nhỏ hơn hoặc bằng bước sóng  $\lambda_0$ .  $\lambda_0$  được gọi là giới hạn quang điện của kim loại đó :*

$$\lambda \leq \lambda_0 \quad (43.2)$$

Các kim loại khác nhau có giới hạn quang điện khác nhau (xem Bảng 43.1). Trừ kim loại kiềm và một vài kim loại kiềm thổ có giới hạn quang điện trong miền ánh sáng nhìn thấy, các kim loại thường dùng khác đều có giới hạn quang điện trong miền tử ngoại.

**b) Định luật quang điện thứ hai (hay định luật về cường độ dòng quang điện bão hòa)**

*Đối với mỗi ánh sáng thích hợp (có  $\lambda \leq \lambda_0$ ), cường độ dòng quang điện bão hòa tỉ lệ thuận với cường độ của chùm sáng kích thích.*

Định luật quang điện thứ hai được ứng dụng trong các máy đo ánh sáng. Từ việc đo cường độ dòng quang điện, dễ dàng suy ra cường độ chùm sáng cần đo.

### c) Định luật quang điện thứ ba (hay định luật về động năng cực đại của quang electron)

*Động năng ban đầu cực đại của quang electron không phụ thuộc cường độ của chùm sáng kích thích, mà chỉ phụ thuộc bước sóng ánh sáng kích thích và bản chất của kim loại.*

giá trị đủ lớn để electron bứt ra khỏi mặt kim loại. Như vậy, theo thuyết điện từ về ánh sáng, muốn cho hiện tượng quang điện xảy ra thì : cường độ chùm sáng kích thích phải lớn hơn một giới hạn nào đó ; động năng của quang electron phải tăng theo cường độ ánh sáng ; bước sóng của ánh sáng kích thích thì hoàn toàn không có ảnh hưởng gì cả. Cả ba kết luận này đều mâu thuẫn với ba định luật quang điện nêu trên.

## ?

### CÂU HỎI

- Mô tả khái quát sơ đồ thí nghiệm với tế bào quang điện. Vẽ đặc tuyến vôn – ampe của tế bào quang điện.
- Trình bày các kết luận chính rút ra từ kết quả thí nghiệm.
- Phát biểu các định luật quang điện.



## BÀI TẬP

- Nếu chiếu một chùm tia hồng ngoại vào tấm kẽm tích điện âm, thì  
A. tấm kẽm mất dần điện tích dương.  
B. tấm kẽm mất dần điện tích âm.  
C. tấm kẽm trở nên trung hoà điện.  
D. điện tích âm của tấm kẽm không đổi.
- Giới hạn quang điện của mỗi kim loại là  
A. bước sóng của ánh sáng kích thích chiếu vào kim loại gây ra hiện tượng quang điện.  
B. công thoát của các electron ở bề mặt kim loại đó.  
C. bước sóng giới hạn của ánh sáng kích thích để gây ra hiện tượng quang điện đối với kim loại đó.  
D. hiệu điện thế hâm.
- Để gây ra hiện tượng quang điện, bức xạ rơi vào kim loại phải thoả mãn điều kiện nào sau đây ?  
A. Tần số có giá trị bất kì.  
B. Tần số nhỏ hơn một tần số nào đó.  
C. Bước sóng nhỏ hơn giới hạn quang điện.  
D. Bước sóng lớn hơn giới hạn quang điện.
- Với một bức xạ có bước sóng thích hợp thì cường độ dòng quang điện bão hòa  
A: triệt tiêu, khi cường độ chùm sáng kích thích nhỏ hơn một giá trị giới hạn.  
B: tỉ lệ với bình phương cường độ chùm sáng.  
C: tỉ lệ với căn bậc hai của cường độ chùm sáng.  
D: tỉ lệ thuận với cường độ chùm sáng.
- Tính vận tốc ban đầu cực đại của quang electron, biết rằng hiệu điện thế hâm bằng 1,8 V.