

21 DÒNG ĐIỆN TRONG CHÂN KHÔNG

I - Mục tiêu

- Hiểu bản chất và tính chất của dòng điện trong chân không. Hiểu đặc tuyến vôn - ampe của dòng điện trong chân không.
- Hiểu được bản chất và những ứng dụng của tia catôt.

II - Chuẩn bị

Giáo viên

- Vẽ phóng to các hình 21.1, 21.2, 21.6 SGK trên giấy khổ to.
- Đọc SGK Vật lí THCS và Vật lí 10 (phần liên quan đến chất khí, chuyển động của các phân tử khí, khái niệm chân không).
- Sưu tầm đèn hình cũ (nếu có) để làm giáo cụ trực quan.
- Chuẩn bị bộ dụng cụ (nếu có) về khảo sát dòng điện trong chân không.

Học sinh

Ôn lại SGK THCS và Vật lí 10 về khái niệm chân không.

III - Những điều cần lưu ý

1. Chân không là môi trường cách điện tốt, vì trong chân không không có hạt mang điện tự do và cũng không có cách nào tạo ra các hạt mang điện tự do từ bản thân môi trường đó.

Muốn cho có dòng điện chạy trong chân không, ta phải đưa vào môi trường đó những hạt mang điện từ một nguồn nào đó. Nguồn điện tích tự do này thường được tạo ra nhờ hiện tượng electron thoát ra khỏi mặt điện cực (bằng kim loại hay bán dẫn). Electron chỉ có thể thoát ra khỏi điện cực khi nó có động năng lớn hơn công thoát A , nghĩa là :

$$\frac{mv^2}{2} \geq A$$

Tùy theo cách truyền năng lượng cho electron để nó có thể bứt ra khỏi bản cực kim loại mà người ta phân biệt thành sự phát xạ nhiệt, sự phát xạ quang, sự phát xạ thứ cấp, sự tự phát xạ electron.

a) Sự phát xạ nhiệt electron

Khi nhiệt độ tăng, vận tốc chuyển động nhiệt của các electron tăng, và có một số electron nhận được năng lượng đủ lớn để thực hiện công thoát và bứt ra khỏi mặt kim loại. Quá trình phát xạ electron nhờ đốt nóng kim loại như vậy được gọi là *sự phát xạ nhiệt electron*.

Dựa vào thuyết electron cổ điển ta có thể ước tính được nhiệt độ T_0 mà ở đó năng lượng trung bình của chuyển động nhiệt của electron tự do có trị số bằng công thoát :

$$\frac{3}{2}kT_0 = A \quad (\text{với } A = e\varphi)$$

hay
$$T_0 = \frac{2e\varphi}{3k}$$

Với các kim loại khác nhau công thoát có trị số khoảng $1 \div 4,5$ eV. Lấy $\varphi = 2$ V ta có :

$$T_0 = \frac{2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 2}{3 \cdot 1,38 \cdot 10^{-23}} \approx 15\,000 \text{ K}$$

Điều đó có nghĩa là, về mặt lí thuyết, nhiệt độ của catôt kim loại phải có trị số hàng vạn độ thì electron mới có đủ năng lượng cần thiết để thoát ra khỏi mặt kim loại.

Nhưng trên thực tế, ngay ở nhiệt độ phòng cũng đã có một số electron phát xạ ra khỏi mặt kim loại. Và bắt đầu từ nhiệt độ $1\,000 \div 3\,000$ K (nghĩa là thấp hơn T_0 nhiều) đã có một lượng đáng kể các electron thoát ra ngoài mặt kim loại. Sở dĩ như vậy là vì trong kim loại luôn luôn có một số electron có năng lượng lớn hơn năng lượng trung bình nhiều và chính số electron này đã có thể thoát ra ngoài mặt kim loại ở nhiệt độ không cao lắm.

Hiện tượng phát xạ nhiệt electron đã có vai trò đặc biệt quan trọng trong kĩ thuật điện và vô tuyến điện.

b) Sự phát xạ quang electron

Như ta đã biết, ánh sáng là dòng các hạt photon có năng lượng :

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

(h là hằng số Plăng, c là tốc độ ánh sáng trong chân không), f là tần số ánh sáng và λ là bước sóng ánh sáng). Khi ánh sáng tới đập vào mặt kim loại, một phần các photon phản xạ trở lại, một phần đi vào trong kim loại, và va chạm với các nguyên tử kim loại. Những photon này truyền năng lượng của mình cho các electron trong nguyên tử kim loại. Nhận được năng lượng này, electron bị kích thích và chuyển lên mức năng lượng cao hơn. Nếu ánh sáng chiếu vào kim loại có bước sóng ngắn thì năng lượng của photon truyền cho electron đủ lớn để nó bứt được ra ngoài mặt kim loại. Hiện tượng này được gọi là *sự phát xạ quang electron*. Điều kiện để có sự phát quang electron là :

$$\frac{hc}{\lambda} \geq A$$

Từ đó suy ra :

$$\lambda \leq \frac{hc}{A}.$$

Các bức xạ có thể gây ra sự phát quang electron thường là bức xạ tử ngoại, tia Rơn-ghen, hoặc tia gamma.

c) Sự phát xạ thứ cấp

Sự phát xạ electron thứ cấp là sự phát xạ electron từ mặt vật rắn hay lỏng khi bắn phá nó bằng các electron hay ion. Hệ số phát xạ thứ cấp δ là tỉ số giữa số electron thứ cấp N_2 phát ra từ vật và số hạt ban đầu N_1 bắn phá vào vật

$$\delta = \frac{N_2}{N_1}$$

δ phụ thuộc vào bản chất của vật và của các hạt bắn phá nó, cũng như vào năng lượng của các hạt đó. Tốc độ của các electron thứ cấp không phụ thuộc vào năng lượng của các hạt ban đầu bắn vào vật.

Trong trường hợp bắn phá bằng electron thì một phần electron phát ra từ mặt chính là những electron ban đầu bị phản xạ từ mặt, phần còn lại là các electron thứ cấp phát ra từ vật. Tổng số electron thứ cấp phát ra từ mặt ra có thể lớn hơn số electron bắn vào nó nghĩa là $\delta > 1$. δ đạt trị số cực đại, khi năng lượng của electron ban đầu khoảng vài trăm eV (từ 200 ÷ 300 eV đối với các kim loại khác nhau). Với nhôm chẳng hạn, khi năng lượng của electron ban đầu khoảng 350 eV thì $\delta_{\max} = 1,75$, nghĩa là số electron phát ra lớn hơn số bắn vào 1,75 lần. Nói chung, với kim loại $\delta_{\max} < 2$, còn với bán dẫn thì δ_{\max} có thể tới 10 hoặc hơn nữa. Vì thế, muốn có chùm electron phát xạ lớn, người ta dùng các cực (gọi là êmitơ) làm bằng kim loại có phủ một lớp bán dẫn mỏng ở ngoài mặt.

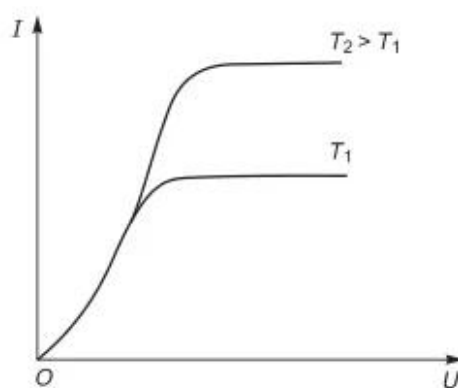
Hiện tượng phát xạ electron thứ cấp cũng xảy ra khi bắn phá mặt kim loại bằng các ion. Trong trường hợp này, hệ số phát xạ thứ cấp δ có trị số nhỏ hơn là khi bắn bằng electron. Sự phát xạ thứ cấp gây bởi các ion dương có vai trò quan trọng trong một số dạng phóng điện trong chất khí.

d) Sự tự phát xạ electron

Sự phát xạ electron ra khỏi mặt kim loại cũng xảy ra do tác dụng của điện trường rất mạnh. Ở nhiệt độ phòng, khi ở mặt kim loại có một điện trường mạnh (khoảng 10^8 V/m trở lên), thì điện trường này sẽ gây ra lực hút các electron ở gần mặt ngoài kim loại làm chúng vượt ra khỏi mặt kim loại.

Các electron phát ra khỏi mặt kim loại ngay cả khi nó có nhiệt độ thấp. Vì thế, hiện tượng này được gọi là *sự phát xạ electron catốt lạnh* hay *sự tự phát xạ electron*.

2. Thí nghiệm và lí thuyết chứng tỏ đặc tuyến vôn – ampe của dòng điện trong chân không do sự phát xạ nhiệt có dạng như trên Hình 21.1 (hai đặc tuyến ứng với hai trị số của nhiệt độ của catốt).



Hình 21.1

Bô-gu-xlap-xki và Lang-muya đã tìm được định luật về mật độ dòng điện trong chân không, biểu diễn bằng công thức :

$$j = CU^{3/2}$$

với C là hệ số phụ thuộc vào hình dạng và kích thước của điện cực.

3. Kính hiển vi điện tử là một ứng dụng quan trọng của tia catôt. Có hai loại kính hiển vi điện tử là *kính hiển vi điện tử truyền qua* và *kính hiển vi điện tử quét*.

a) Kính hiển vi điện tử truyền qua

Ta đã biết tia catôt bị từ trường làm lệch hướng. Cho nên nếu bố trí cuộn dây tạo từ trường thích hợp ta có thể làm cho tia catôt phát ra từ một điểm A sẽ bị từ trường này làm hội tụ tại điểm A' . Không gian có từ trường nói trên là một thấu kính từ hội tụ, và A' là ảnh của điểm A . Trên cơ sở thấu kính từ hội tụ ta có thể tạo ra các hệ thấu kính từ khác nhau. Kính hiển vi điện tử truyền qua là một hệ như vậy. Mẫu vật để quan sát dưới kính hiển vi điện tử truyền qua được làm thành một lát mỏng (chiều dày cỡ micrômét), tia catôt có thể truyền qua lát ấy và tùy theo cấu tạo ở từng điểm mà tia bị hấp thụ nhiều ít khác nhau. Vì thế, chùm tia catôt ấy sau khi đi qua các thấu kính từ sẽ cho ảnh thật (bằng tia catôt) của mẫu vật hiện trên mặt phẳng ảnh. Nếu tại đó ta để một kính ảnh thì ta chụp được ảnh của mẫu vật (bằng tia catôt). Còn nếu tại đó ta để một màn huỳnh quang thì ta nhìn được ảnh của mẫu vật bằng ánh sáng thường. Cách thức tạo ảnh qua thấu kính từ hoàn toàn tương tự như cách tạo ảnh qua một thấu kính hội tụ thông thường, chỉ có khác là tia sáng bây giờ thay bằng tia catôt nên độ phân giải lý tưởng của kính hiển vi điện tử vào khoảng $10^{-3} \mu\text{m}$ (với kính hiển vi quang học tốt nhất thì chỉ tối đa vào cỡ micrômét).

b) Kính hiển vi điện tử quét

Kính hiển vi điện tử quét không hoạt động theo nguyên tắc tạo ảnh như kính hiển vi quang học, mà theo nguyên tắc dùng "gậy dò đường của người khiếm thị". Người ta tạo ra một chùm tia catôt hội tụ vào một điểm, đường kính của tiết diện rất nhỏ (khoảng phần trăm micrômét) và dùng nó làm cái dò điện tử. Một hệ điện từ làm di chuyển cái dò này đồng bộ với bút điện tử của một đèn hình (như đèn hình của máy thu vô tuyến hoặc của máy tính). Chùm electron của cái dò điện tử đập vào mẫu vật phải quan sát và tán xạ ra xung quanh. Tùy theo bản chất của điểm mà electron rọi vào mà số electron bay ra nhiều hay ít. Người ta thu lấy các electron này và dùng nó để điều khiển độ sáng của đèn hình và quan sát được ảnh của vật phải quan sát trên màn hình. Độ phân giải của kính hiển vi điện tử quét không tốt như kính hiển vi điện tử truyền qua, nhưng độ sâu của trường quan sát lớn hơn và không cần phải gia công mẫu quan sát một cách đặc biệt, nên ngày nay phương pháp này được sử dụng rất phổ biến.

4. Hầu hết các nội dung trong bài này đều có tính chất thông báo, cho nên GV cần kiểm tra xem HS có nắm được các kiến thức mới hay không và GV chỉ chú ý đến các nội dung định tính là chính.

GV nên dành nhiều thời gian cho các kiến thức trọng tâm của chương trình là tia catôt và ứng dụng của tia catôt trong ống catôt và đèn hình.

Về các ứng dụng tuy HS rất quen thuộc với tivi nhưng nguyên lí hoạt động của đèn hình, đối với các em lại rất khó hình dung. Vì thế GV nên tìm một đèn hình đã hỏng và tháo ra cho HS quan sát.

IV - Gợi ý về phương pháp và tổ chức hoạt động dạy học

1. Dòng điện trong chân không

GV trình bày như SGK. GV có thể (nếu có điều kiện) tiến hành làm thí nghiệm và hướng dẫn HS quan sát, rút ra kết luận cần thiết.

GV có thể gợi ý để HS tự trả lời : "Nếu tăng suất điện động của nguồn \mathcal{E}_2 (tăng công suất nung nóng catôt K) thì cường độ dòng điện có thay đổi không ? Tăng hay giảm ?". GV lưu ý HS nắm chắc bản chất dòng điện trong chân không.

Trả lời **C1** : Số chỉ của G bằng không.

Trả lời **C2** : Ở nhiệt độ bình thường, hầu như không có các electron tự do bứt ra khỏi mặt kim loại, bởi vì năng lượng của electron (động năng trung bình của chuyển động nhiệt) là nhỏ, không đủ để electron có thể bứt ra khỏi mặt kim loại.

2. Sự phụ thuộc của cường độ dòng điện trong chân không vào hiệu điện thế

GV trình bày vắn tắt nội dung mục 2 như SGK. GV có thể hướng dẫn HS nêu nhận xét về đồ thị Hình 21.2 SGK.

Trả lời **C3** : Electron bứt ra từ catôt có động năng ban đầu, trong số đó có một số electron có động năng ban đầu lớn, nên chúng vẫn có thể đi tới anôt (tuy bị lực hãm của điện trường khi đó hướng từ catôt đến anôt).

Trả lời **C4** : Khi nhiệt độ của catôt càng cao, động năng trung bình của electron càng lớn. Do đó, càng có nhiều electron có thể bứt ra khỏi mặt catôt. Khi đó số electron dịch chuyển đến anôt càng nhiều và do đó, dòng điện bão hoà I_{bh} tăng lên.

3. Tia catôt

GV trình bày như SGK, đặc biệt nhấn mạnh tia catôt là dòng các electron do catôt phát ra và bay trong chân không, và lưu ý HS về tính chất của tia catôt. (GV có thể kết hợp hỏi HS về sự lệch của tia catôt trong điện trường).

4. Ống phóng điện tử

GV trình bày như SGK.

V – Hướng dẫn trả lời câu hỏi và giải bài tập

Câu hỏi

- 1.** Xem mục 1 SGK.
- 2.** Xem mục 3 SGK.
- 3.** Xem mục 4 SGK.

Bài tập

- 1.** A.
- 2.** C.