

## I – MỤC TIÊU

1. Phân biệt được sự dẫn điện không tự lực và sự dẫn điện tự lực trong chất khí.
2. Phân biệt được hai quá trình dẫn điện tự lực quan trọng trong chất khí là hồ quang điện và tia lửa điện.
3. Trình bày được các ứng dụng chính của quá trình phóng điện trong chất khí.

## II – CHUẨN BỊ

### Giáo viên

1. Nếu có bộ thí nghiệm về phóng điện trong chất khí ở các áp suất khác nhau thì chuẩn bị làm thí nghiệm biểu diễn trên lớp.
2. Nếu có máy phát tĩnh điện có thể làm thí nghiệm biểu diễn sự khác nhau của độ dài của khoảng cách đánh tia điện theo hình dạng của cực.

### Học sinh

Ôn lại khái niệm dòng điện trong các môi trường, là dòng các hạt tích điện chuyển động có hướng.

### III – THÔNG TIN BỔ SUNG

#### 1. Quãng đường tự do trung bình của phân tử khí và của electron trong khí ở áp suất thấp

Trong chất khí, các phân tử chuyển động hỗn loạn và tương tác với nhau. Lực tương tác phân tử là lực cự li ngắn, cho nên có thể xem phân tử như các quả cầu cứng. Quỹ đạo của phân tử có thể coi như một đường gấp khúc, tổng chiều dài đi được trong một đơn vị thời gian là  $\bar{u}$  và giá trị trung bình của các đoạn gấp khúc là quãng đường tự do trung bình của phân tử  $\bar{\lambda}$ . Tính toán đơn giản như đã làm trong vật lí phân tử cho ta công thức gần đúng của quãng đường tự do trung bình

của phân tử :  $\bar{\lambda} = \frac{1}{\sqrt{2}\pi d^2 n_0}$ , trong đó  $d$  là đường kính của phân tử,  $n_0$  là mật độ

phân tử.  $\bar{\lambda}$  tỉ lệ nghịch với áp suất.

Khi trong chất khí có các ion khí, mật độ ion rất bé so với mật độ phân tử, ion khí thường chỉ va chạm với các phân tử khí và có thể xem gần đúng quãng đường tự do trung bình của nó là  $\bar{\lambda}$ . Trong công thức tính  $\bar{\lambda}$ , hệ số  $\sqrt{2}$  có mặt ở mẫu số là do ta xem phân tử va chạm và phân tử bị va chạm đều chuyển động,  $d$  là tổng của bán kính  $r$  của phân tử va chạm và của phân tử bị va chạm,  $d = 2r$ .

Công thức tính  $\bar{\lambda}_e$  của electron cũng tương tự như vậy. Tuy nhiên vì electron chủ yếu va chạm với phân tử khí nên cần lưu ý hai đặc điểm sau :

a) Electron nhẹ nên tốc độ của electron rất lớn so với tốc độ của phân tử, do đó có thể coi như phân tử đứng yên, và hệ số  $\frac{1}{\sqrt{2}}$  biến mất.

b) Bán kính của electron rất nhỏ so với bán kính của phân tử, nên có thể bỏ qua và trong công thức tính  $\bar{\lambda}_e$ ,  $d$  thay bằng  $r$ . Do đó  $\bar{\lambda}_e = \frac{1}{\pi r^2 n_0}$ . Từ đó ta thấy

$\bar{\lambda}_e = 4\sqrt{2}\bar{\lambda} = 5,6\bar{\lambda}$ . Dưới tác dụng của cùng một điện trường, năng lượng mà electron nhận được trên quãng đường tự do trung bình lớn hơn năng lượng mà ion nhận được khoảng 5,6 lần.

Bảng 15.1 cho ta giá trị so sánh của  $\bar{\lambda}$  và  $\bar{\lambda}_e$  trong ôxi, nitơ, và không khí ở các áp suất khác nhau.

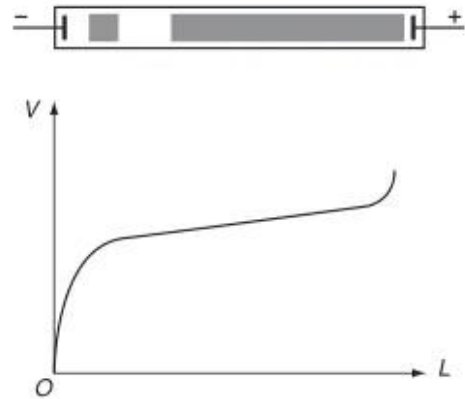
**Bảng 15.1**

$\bar{\lambda}$ (cm)	Loại khí	Áp suất (mmHg)		
		1	$10^{-2}$	$10^{-4}$
$\bar{\lambda}_e$	N <sub>2</sub>	$3,6 \cdot 10^{-2}$	3,6	360
$\bar{\lambda}_e$	O <sub>2</sub>	$4,1 \cdot 10^{-2}$	4,1	410
$\bar{\lambda}$	Không khí	$5 \cdot 10^{-3}$	0,5	50

## 2. Phân bố thế trong ống chứa khí khi có sự nhân hạt tải điện

Khi phóng điện trong ống chứa khí dưới điện áp cao, ta thấy có hiện tượng nhân số hạt tải điện. Êlectron từ catôt đi về anôt. Mỗi khi đi được quãng đường  $\bar{\lambda}_e$ , êlectron va chạm với một phân tử và ion hoá nó nên số hạt tải tăng từ một thành ba (hai êlectron và một ion dương).

Các ion chạy chậm nên tích lũy trong phần giữa ống. Mật độ ion và mật độ êlectron trong miền này xấp xỉ bằng nhau nên trung hoà về điện. Miền ở gần đầu catôt có mật độ êlectron rất bé. Miền ở gần đầu anôt mật độ ion dương cũng nhỏ nên không trung hoà về điện và là vùng tích điện địa phương, tại đây điện trường rất lớn. Vì thế sụt điện thế trên ống chủ yếu rơi vào hai đầu ống. Hình 15.1 vẽ đồ thị biểu diễn điện thế dọc theo ống phóng điện. Thế ở cực catôt lấy là 0. Qua đồ thị có thể thấy điện trường mạnh nhất ở miền lân cận catôt.



**Hình 15.1.** Phân bố thế dọc ống phóng điện

## 3. Phân loại các kiểu phóng điện tự lực theo cơ chế sinh hạt tải điện

Điều kiện để phóng điện tự lực là quá trình phóng điện phải có khả năng sinh ra được hạt tải điện. Ta phân biệt các kiểu phóng điện tự lực khác nhau dựa theo cơ chế sinh hạt tải.

Nếu điện trường mạnh đến mức có thể làm ion hoá chất khí ở giữa hai bản cực, ta có tia lửa điện.

Nếu điện trường chỉ mạnh đến mức có thể làm ion hoá khí ở lân cận điện cực nhưng chưa đủ để gây ra tia lửa điện, thì chất khí ở lân cận điện cực có thể phát sáng, ta có hiện tượng điện hoa.

Nếu điện trường chưa mạnh đến mức làm ion hoá chất khí nhưng năng lượng mà ion khí nhận được trên quãng đường tự do trung bình đủ để làm bật electron khỏi catôt, và dòng điện được giữ cho không quá lớn để nhiệt độ khí không cao, ta có quá trình *phóng điện ẩn*.

Nếu điện trường không mạnh đến mức như trên, nhưng dòng điện lại rất lớn đến nỗi số electron và ion dương đập vào các điện cực có thể làm điện cực nóng đỏ và phát xạ nhiệt electron, ta có *hồ quang điện*.

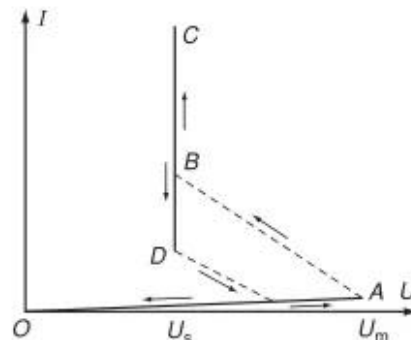
Ta thấy quá trình phóng điện có thể chuyển hoá từ kiểu này thành kiểu khác. Chẳng hạn tia lửa điện đánh mãi vào một điểm có thể làm điểm ấy nóng đỏ và hồ quang điện hình thành : Lúc đó không cần điện áp cao vẫn có thể duy trì được hồ quang điện. Tương tự nếu để cường độ dòng điện tăng tùy ý, thì phóng điện ẩn cũng có thể trở thành hồ quang điện.

Tia lửa điện và hồ quang điện có nhiều ứng dụng trong kĩ thuật thông thường, còn phóng điện ẩn lại có nhiều áp dụng trong kĩ thuật điện tử. Nó được ứng dụng để làm đèn phóng điện ẩn. Đèn phóng điện ẩn gồm hai điện cực đặt trong một bóng chứa khí trơ ở áp suất thấp. Khi nối đèn vào một hiệu điện thế tăng dần, thoát đầu trong đèn chỉ có quá trình phóng điện không tự lực, đèn chưa sáng, và dòng điện rất nhỏ. Khi hiệu điện thế ở hai đầu đèn đạt đến một giá trị đủ lớn gọi là hiệu điện thế mỗi  $U_m$ , năng lượng mà một vài ion khí nhận được từ điện trường ở lân cận catôt đủ lớn, để khi đập vào catôt nó làm bật ra được một electron. Electron này chạy về anôt, và dọc đường nó ion hoá chất khí tạo ra quá trình nhân số hạt tải điện, và quá trình phóng điện ẩn tự duy trì hình thành. Toàn bộ sụt điện thế trên đèn dồn vào miền lân cận catôt, làm điện trường ở đấy tăng mạnh, nhiều ion có thể làm bật electron khỏi catôt, và do đó mật độ hạt tải tăng dữ dội, điện trở của đèn giảm rất nhanh. Nếu nguồn có điện trở nội nhỏ, dòng điện tăng rất mạnh làm catôt đèn nóng đỏ, hồ quang điện hình thành và đèn nổ, vỡ. Nếu nguồn có điện trở nội lớn, thì sụt điện thế trong nguồn tăng và sụt điện thế trên đèn giảm đến giá trị  $U_s$ , gọi là hiệu điện thế cháy sáng.  $U_s$  thực chất là sụt điện thế ở lân cận catôt. Nó phải đảm bảo sao cho điện trường tại đấy đủ lớn để khi ion va chạm vào catôt có thể làm bật electron ra. Vì thế  $U_s$  hầu như không thay đổi chừng nào đèn còn sáng.

Nếu hiệu điện thế của nguồn nuôi giảm quá nhiều, quá trình phóng điện ẩn không duy trì được, đèn tắt và dòng điện gần như bằng không : không còn sụt thế vì điện trở trong của nguồn điện nữa nên hiệu điện thế ở hai đầu đèn tăng lên, nhưng vẫn nhỏ hơn điện thế mỗi  $U_m$ . Đặc tuyến vôn – ampe của đèn mà ta vừa mô



tả được vẽ trên Hình 15.2. Ta thấy nó có đoạn điện thế giảm mà dòng điện lại tăng, nghĩa là có đoạn điện trở âm (đoạn AB). Vì thế nó có thể dùng để lắp các bộ phát dao động tích thoát. Lại có đoạn thế không đổi khi dòng thay đổi (đoạn CD) vì thế nó cũng được dùng làm mạch ổn áp.



**Hình 15.2**

Đặc tuyến vôn – ampe của đèn phóng điện Ắn. Chiều mũi tên là chiều biến đổi của hiệu điện thế khi làm thí nghiệm. Đoạn AB trên đặc tuyến là đoạn có điện trở âm.

## IV – GỢI Ý VỀ PHƯƠNG PHÁP VÀ TỔ CHỨC HOẠT ĐỘNG DẠY HỌC

Bài này được dạy trong hai tiết. Có thể phân bố nội dung trong hai tiết đó như sau :

- Tiết thứ nhất :
- I – Chất khí là môi trường cách điện
  - II – Sự dẫn điện của chất khí trong điều kiện thường
  - III – Bản chất dòng điện trong chất khí
  - IV – Quá trình dẫn điện tự lực trong chất khí và điều kiện tạo ra quá trình dẫn điện tự lực
- Tiết thứ hai :
- V – Tia lửa điện và điều kiện tạo ra tia lửa điện
  - VI – Hồ quang điện và điều kiện tạo ra hồ quang điện

Nội dung của bài này gồm hai phần rõ rệt là giới thiệu các thông tin mới về hiện tượng vật lí và các ứng dụng phổ biến trong đời sống. Vì vậy, khi trình bày các thông tin mới có thể dùng phương pháp thuyết trình là chủ yếu, còn với phần ứng dụng nên tận dụng phương pháp đối thoại.

Nội dung của bài này hơi dài nên có thể tinh giản bớt thời gian kiểm tra đầu giờ và củng cố bài cuối giờ.

1. Mục I (Chất khí là môi trường cách điện) nên cho HS đọc SGK và trả lời C1.
2. Mục II (Sự dẫn điện của chất khí trong điều kiện thường).

Thí nghiệm vẽ ở Hình 15.1 SGK rất dễ làm, nhất là vào thời tiết khô hanh. Chú ý cho HS phân tích rõ : điện tích được truyền chủ yếu từ cần và quả cầu của điện nghiệm qua không khí đến các vật khác, chứ không phải truyền từ lá nọ của điện nghiệm sang lá kia (vì hai lá được tích điện cùng dấu). GV có thể thay bằng các thí nghiệm khác tương đương.

Thí nghiệm vẽ ở Hình 15.2 SGK rất khó thực hiện trên lớp. Do đó, cho HS phân tích hoạt động của mạch điện trong sơ đồ, đọc kĩ SGK và trả lời các câu hỏi của GV và câu C2.

**3. Mục III (Bản chất dòng điện trong chất khí) tuy dài, nhưng tựu chung chỉ có ba vấn đề cần nhấn mạnh :**

– Bản chất dòng điện trong chất khí.

– Sự ion hoá chất khí bởi các electron có năng lượng lớn, tác nhân ion hoá và khái niệm về quá trình dẫn điện không tự lực.

– Hiện tượng nhân số hạt tải điện và quá trình dẫn điện theo kiểu thác lũ.

Không cần đi sâu phân tích các kiến thức phụ như sự tái hợp của electron với ion dương, đồ thị  $I(U)$  của quá trình dẫn điện không tự lực.

Phương pháp dạy học thích hợp của mục này là kết hợp việc tổ chức cho HS đọc SGK với việc đàm thoại.

**4. Mục IV (Quá trình dẫn điện tự lực trong chất khí và điều kiện để tạo ra quá trình dẫn điện tự lực).** Cần cho HS so sánh quá trình dẫn điện không tự lực với quá trình dẫn điện tự lực của chất khí.

Hai quá trình đó giống nhau ở chỗ cần tạo ra các hạt tải điện trong chất khí và một trong các cách làm là ion hoá các phân tử khí. Bản chất dòng điện trong hai quá trình đó cũng như nhau.

Trong quá trình phóng điện không tự lực thì cần có tác nhân ion hoá. Tác nhân ion hoá là một vật nằm ngoài hệ như ngọn lửa, tia tử ngoại, tia phóng xạ,... có khả năng ion hoá các phân tử khí.

Hệ ở đây được hiểu là khối khí, hai điện cực và điện trường giữa hai điện cực.

Trong quá trình phóng điện tự lực, ta không cần có tác nhân ion hoá. Phương pháp dạy học thích hợp cho mục này là kết hợp việc đọc SGK với việc giảng giải của GV.

**5. Mục V (Tia lửa điện và điều kiện tạo ra tia lửa điện).**

Nếu có thể, nên làm thí nghiệm dùng máy Rum-cóp để tạo ra tia lửa điện. Nên cho HS xem ảnh chụp sét để phân tích quá trình phóng điện.

Những kiến thức quan trọng trong mục này là :

– Tia lửa điện là quá trình phóng điện tự lực.

– Điều kiện tạo ra tia lửa điện là trong chất khí phải có điện trường với cường độ lớn ( $\geq 3\,000\,000\text{ V/m}$ ).

– Cơ chế tạo ra các hạt tải điện : thoát đầu là sự ion hoá phân tử khí thành electron tự do và ion dương do tác dụng của điện trường mạnh tại một điểm nào đó trong khối khí ; sau đó là sự ion hoá các phân tử khí bởi các electron được tăng tốc rất mạnh trong điện trường.

Phần "Ứng dụng" có thể cho HS tự đọc SGK ở nhà.

#### 6. Mục VI (Hồ quang điện và điều kiện tạo ra hồ quang điện).

Nếu có thể, nên làm thí nghiệm chứng minh về một hồ quang điện nhỏ bằng ruột bút chì.

Những kiến thức quan trọng của mục này là :

- Hồ quang điện là quá trình phóng điện tự lực.
- Điều kiện tạo ra hồ quang điện là catôt được đốt nóng đến nhiệt độ cao để phát xạ được electron và có một hiệu điện thế cao để môi cho quá trình phóng điện xảy ra. Khi đã có phóng điện, hiệu điện thế chỉ cần khoảng vài chục vôn.
- Cơ chế của sự tạo ra các hạt tải điện là sự phát xạ nhiệt electron và sự ion hoá của khí, hơi kim loại... ở giữa hai điện cực của kim loại ở anôt.

Phần "Ứng dụng" có thể cho HS tự đọc SGK ở nhà.

Phương pháp dạy học thích hợp của mục này là kết hợp việc cho HS đọc SGK với việc trả lời các câu hỏi của GV.

## V – TRẢ LỜI CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP

**C1.** Nếu không khí dẫn điện thì tất cả hệ thống điện thiết kế như hiện nay đều không thể hoạt động được, điện từ nguồn cung cấp luôn luôn chạy đi khắp nơi. Ta không thể ngắt điện và cũng không thể nối điện vào các thiết bị được. Ô tô, xe máy không chạy được vì nguồn điện để đánh lửa ở bugi bị nối tắt ; nhà máy phát điện bị chập mạch và cháy,...

**C2.** Vì chất khí bị các tác nhân ion hoá như tia vũ trụ, tia tử ngoại trong bức xạ của Mặt Trời... chiếu vào.

**C3.** Khi mọi electron và ion khí do tác nhân ion hoá sinh ra đều đến được điện cực, không bị tái hợp với nhau ở dọc đường, và không có quá trình nhân số hạt tải điện.

**C4.** Không, vì mật độ hạt tải ở các điểm khác nhau trong ống không giống nhau.

**C5.** Vì sét là tia lửa điện thường hay đánh vào các mũi nhọn.

1. Xem mục II SGK. Ở đây phải dùng đèn ga vì đèn phải đủ nóng thì hiện tượng tăng dòng điện mới rõ.

2. Xem mục III.3 SGK. Trong phần này chỉ trình bày phần nhân dòng hạt tải điện mà không nói tới quá trình ngược lại là quá trình tái hợp giữa ion dương và electron làm biến mất một cặp *electron-ion dương*. Trong thực tế quá trình tái hợp luôn tồn tại làm cho số hạt tải không tăng nhanh theo cấp số nhân như ta dự đoán.

3. Nguyên nhân gây ra :

a) Phóng điện hồ quang là do phát xạ nhiệt electron từ catôt bị đốt nóng và quá trình nhân mật độ hạt tải.

b) Phóng tia điện là do quá trình đánh thủng (ion hoá do điện trường mạnh) chất khí và quá trình nhân mật độ hạt tải.

4. Vì catôt bị đốt nóng phát ra nhiều electron. Điện áp thường thấp nên quá trình nhân hạt tải không mạnh, do đó số ion dương nhỏ đáng kể so với số electron.

5. Xem SGK.

6. D.

7. B.

8. Trong bài này HS chỉ cần ước tính để biết cấp độ lớn của đại lượng phải tính.

Qua bảng 15.1 SGK, ta thấy khoảng cách đánh tia lửa điện xấp xỉ tỉ lệ với hiệu điện thế. Tuy nhiên, trong các bài toán thực tế, dạng điện cực không đúng là các mặt phẳng hoặc các mũi nhọn. Vì vậy, ta ước tính điện thế tạo ra tia lửa điện là trung bình cộng của trường hợp hai cực phẳng và hai cực mũi nhọn.

a) Ngọn cây xem như mũi nhọn, nếu xem đám mây là mặt phẳng thì hiệu điện thế để có tia sét vào cỡ trung bình cộng của hai giá trị ứng với trường hợp hai mũi nhọn và trường hợp hai mặt phẳng ở cách nhau 190 m. Ta có :

$$U_1 \text{ (trường hợp hai mũi nhọn)} = \frac{300000 \cdot 190}{0,6} = 9,5 \cdot 10^7 \text{ V}$$

$$U_2 \text{ (trường hợp hai mặt phẳng)} : \frac{300000 \cdot 190}{0,114} = 5 \cdot 10^8 \text{ V}$$

Như vậy,  $U$  vào khoảng  $10^8$  V.

b) Khi thử xem bộ điện của xe máy có tốt không, người thợ thường cho phóng điện từ dây điện (mũi nhọn) – ra vỏ máy (mặt phẳng). Tia lửa điện dài khoảng 5 mm là được.

$$U_1 \text{ (trường hợp hai mũi nhọn)} : \frac{20000 \cdot 5}{15,5} \approx 6450 \text{ V}$$



$$U_2 \text{ (trường hợp hai mặt phẳng)} : \frac{20000.5}{61} \approx 16400 \text{ V}$$

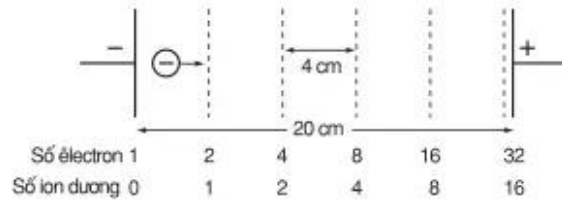
Như vậy,  $U$  vào khoảng :  $10^4 \text{ V}$ .

c) Trường hợp dây cao thế 120 kV, hiệu điện thế lớn nhất có thể đến  $120\sqrt{2} \approx 170 \text{ kV}$ . Vì đây là tiêu chuẩn an toàn nên lấy trường hợp hai cực đều là mũi nhọn.

$$U = U_1 \Rightarrow d = \frac{0,41.170000}{200000} \approx 0,35 \text{ m}$$

Cho nên khi không có nhiệm vụ thì không nên lại gần dây cao thế.

9. Quá trình sinh hạt tải, khi sinh nhiều hạt tải nhất, được minh hoạ trên Hình 15.3 ; đường đứt nét là nơi electron va chạm với phân tử khí và ion hoá khí.



**Hình 15.3**

Số electron mà 1 electron đưa vào ở sát catôt sinh ra là :

$$n_e = 32 - 1 = 31$$

Số ion dương sinh ra cũng bằng số electron sinh ra :

$$n_{\text{ion}} = 1 + 2 + 4 + 8 + 16 = 31$$

Tổng số hạt tải sinh ra là :

$$n = n_e + n_{\text{ion}} = 62$$

*Chú ý* : Trong trường hợp xấu, mọi electron ở đoạn bay tự do thứ năm chưa kịp va chạm với phân tử. Khi đã va chạm vào anôt, thì tổng số electron tự do sinh ra là  $16 - 1 = 15$ , tổng số hạt tải sinh ra là  $n = 30$ .