

Trong các cơn mưa dông thường có sét. Ảnh dưới chụp tia sét đánh vào một cây cao 20 m (vì cây ẩm, phần lớn dòng điện đi qua nước trên cây nên cây không bị tổn hại gì). Vậy sét là gì?



## 1. Sự phóng điện trong chất khí

### a) Thí nghiệm

Sơ đồ thí nghiệm được vẽ trên Hình 22.1.

### b) Kết quả thí nghiệm

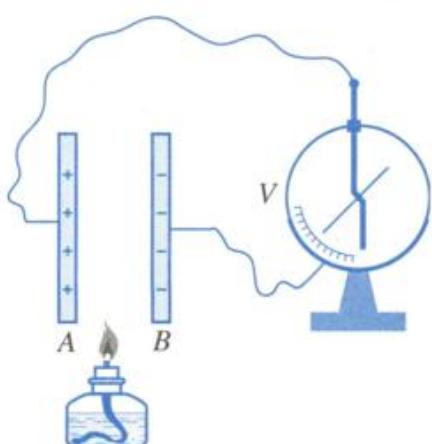
- Ở điều kiện bình thường, không khí là điện môi.
- Khi bị đốt nóng, không khí trở nên dẫn điện, có dòng điện chạy qua không khí từ bản nẹp sang bản kia. Đó là *sự phóng điện* trong không khí.

Làm thí nghiệm trong các môi trường khí khác nhau, người ta thu được kết quả tương tự như trên.

## 2. Bản chất dòng điện trong chất khí

Trong những điều kiện bình thường, chất khí hầu như chỉ gồm những nguyên tử hay phân tử trung hoà về điện. Vì vậy, chất khí là điện môi.

Khi đốt nóng chất khí, hoặc dùng các loại bức xạ, như tia tử ngoại, tia Röntgen, tác động vào môi trường khí, thì một số nguyên tử hoặc phân tử khí mất bớt electron và trở thành ion dương (Hình 22.2a). Hiện tượng này gọi là *sự ion hóa chất khí*. Những tác động bên ngoài gây nên sự ion hóa chất khí gọi là *tác nhân ion hóa*. Trong số các electron mới được tạo thành nhờ tác nhân ion hóa, có một số chuyển động tự do, một số khác kết hợp với nguyên tử hay phân tử trung hoà tạo thành ion âm (Hình 22.2b). Như vậy, nhờ có tác nhân ion hóa mà trong chất khí xuất hiện những hạt mang điện tự do: electron, ion dương, ion âm (Hình 22.2c). Trong khi chuyển động nhiệt hỗn loạn, một số electron có thể kết hợp lại với ion dương khi va chạm, để trở thành phân tử



Hình 22.1 Sơ đồ thí nghiệm về sự phóng điện trong không khí.

A và B là hai bản của tụ điện phẳng không khí, được tích điện. V là vôn kế tĩnh điện.

Quan sát kim chỉ của V khi chưa có ngọn lửa và khi có ngọn lửa.

trung hoà (Hình 22.2d). Quá trình này gọi là *sự tái hợp*. Nếu tác dụng của tác nhân ion hoá không thay đổi, thì mật độ ion và electron tự do được tạo ra trong mỗi giây trong chất khí có trị số xác định. Bình thường các ion và các electron này chuyển động nhiệt hỗn loạn, nên không tạo ra dòng điện trong chất khí.

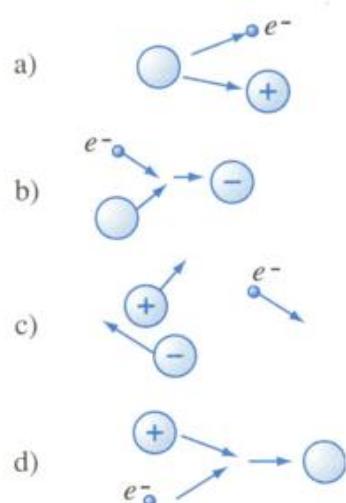
Đặt một hiệu điện thế vào khối khí đã bị ion hoá, thì các electron và ion chuyển động có hướng do tác dụng của điện trường, nhưng chúng vẫn chuyển động nhiệt hỗn loạn : các electron và các ion âm chuyển động về phía cực dương (anôt), còn các ion dương chuyển động về phía cực âm (catôt), tạo nên dòng điện trong chất khí.

**Dòng điện trong chất khí là dòng dịch chuyển có hướng của các ion dương theo chiều điện trường và các ion âm, electron ngược chiều điện trường.**

### 3. Sự phụ thuộc của cường độ dòng điện trong chất khí vào hiệu điện thế

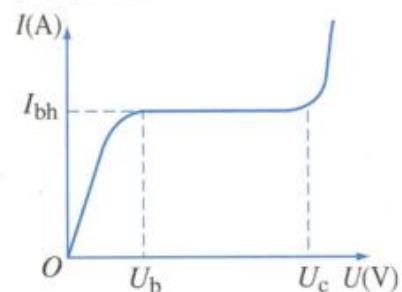
Khảo sát sự phụ thuộc của cường độ dòng điện trong chất khí ở áp suất bình thường vào hiệu điện thế khi có tác nhân ion hoá, người ta thu được đặc tuyến vôn - ampe trên Hình 22.3. Ta nhận thấy :

- Đặc tuyến vôn - ampe không phải là đường thẳng. Như vậy dòng điện trong chất khí không tuân theo định luật Ôm.
- Khi tăng dần hiệu điện thế, bắt đầu từ giá trị  $U = 0$  đến  $U = U_c$  sự phóng điện chỉ xảy ra khi có tác dụng của tác nhân ion hoá, ta có *sự phóng điện không tự lực*.
- Khi  $U \geq U_b$ , cường độ dòng điện giữ nguyên giá trị bằng  $I_{bh}$ , dù  $U$  tăng. Ta nói cường độ dòng điện trong chất khí đạt giá trị bão hòa  $I_{bh}$ .
- Khi  $U > U_c$ , thì cường độ dòng điện tăng vọt lên. Lí do là có thêm nhiều ion và electron được tạo thành, nhờ có *sự ion hoá do va chạm* của các electron với phân tử khí (Hình 22.4).



Hình 22.2 Sự ion hoá chất khí và sự tái hợp.

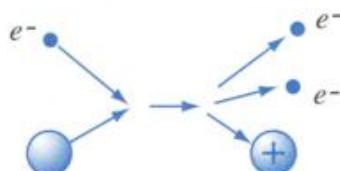
Vòng tròn màu xanh là nguyên tử, phân tử trung hoà, vòng tròn màu xanh có dấu +, - tương ứng là ion dương và ion âm.



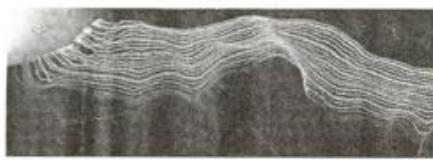
Hình 22.3 Đặc tuyến vôn - ampe của chất khí.

**C1** Khảo sát chi tiết cho thấy đặc tuyến vôn - ampe trên Hình 22.3 có dạng đoạn thẳng ở gần gốc toạ độ (tức là với các trị số  $U$  rất nhỏ). Từ đó có thể rút ra kết luận gì ?

**C2** Giải thích rõ hơn, tại sao khi  $U_b \leq U < U_c$ , cường độ dòng điện giữ nguyên giá trị bằng  $I_{bh}$ .



Hình 22.4 Sự ion hoá do va chạm.



Hình 22.5 Tia lửa điện.

**C3** Tại sao lúc có sét, mặt đất lại tích điện để có thể xảy ra sự phóng điện giữa đám mây tích điện và mặt đất?

Trong động cơ nổ, bộ phận tạo ra tia lửa điện là bugi, đó chỉ là hai điện cực gắn vào một khối sứ cách điện cách nhau một khoảng rất nhỏ (cỡ vài phần mười milimét).

Tia lửa điện được dùng trong động cơ nổ để đốt hỗn hợp khí. Tia lửa điện cũng còn được dùng trong thiết bị tạo khí ôzôn để khử trùng.

**C4** Giải thích rõ hơn tác dụng của cột chống sét.



Hình 22.6 Cột chống sét.

Sét thường đánh vào mõm đất cao, ngọn cây. Để tránh tác hại của sét, người ta làm các *cột chống sét*. Đó là những cột nhọn bằng kim loại, đặt lên chỗ cao của nhà, hoặc các công trình xây dựng... và được nối cẩn thận bằng dây dẫn với một thanh kim loại chôn sâu xuống đất. Khi có cơn dông, điện tích từ đám mây sẽ qua cột chống sét xuống đất một cách từ từ, không gây ra hiện tượng sét.

- Thí nghiệm cũng chứng tỏ, khi  $U > U_c$  thì dù có ngừng tác dụng của tác nhân ion hoá, sự phóng điện vẫn được duy trì. Ta nói rằng có *sự phóng điện tự lực* (hay *phóng điện tự duy trì*).

Quá trình phóng điện trong chất khí thường có kèm theo *sự phát sáng*. Đó là vì khi electron đến va chạm với phân tử khí hoặc ion dương thì các phân tử chuyển sang trạng thái kích thích và năng lượng mà chúng đã nhận sẽ được giải phóng dưới dạng ánh sáng (SGK Vật lí 12).

#### 4. Các dạng phóng điện trong không khí ở áp suất bình thường

##### a) Tia lửa điện (tia điện)

- Tia lửa điện là quá trình phóng điện tự lực xảy ra trong chất khí khi có tác dụng của điện trường đủ mạnh để làm ion hoá khí, biến phân tử khí trung hoà thành ion dương và electron tự do.**

- Trong không khí, tia lửa điện có thể hình thành khi có điện trường rất mạnh (có cường độ khoảng  $3.10^6$  V/m). Tia lửa điện không có dạng nhất định, thường là một chùm tia ngoằn ngoèo (Hình 22.5). Tia lửa điện thường kèm theo tiếng nổ ; trong không khí sinh ra ôzôn có mùi khét.

Khảo sát hình ảnh tia lửa điện (bằng cách chụp nhanh nó nhờ một máy quay phim chẵng hạn) ta thấy nó không liên tục, mà gián đoạn : một điểm sáng phát triển nhanh thành tia xuyên qua khoảng không gian phóng điện rồi tắt, một tia thứ hai xuất hiện nữa rồi lại tắt, và cứ như thế mà tiếp tục tia thứ ba, tia thứ tư...

Nghiên cứu chi tiết cho thấy, trong quá trình phóng điện hình tia, ngoài sự ion hoá do va chạm (vì có điện trường rất mạnh), còn có sự ion hoá do tác dụng của bức xạ phát ra trong tia lửa điện.

##### b) Sét

Sét phát sinh do sự phóng điện giữa các đám mây tích điện trái dấu hoặc giữa một đám mây tích điện với mặt đất tạo thành tia lửa điện khổng lồ.

Hiệu điện thế gây ra sét có thể đạt tới  $10^8 - 10^9$  V và cường độ dòng điện trong sét có thể đạt tới 10 000 – 50 000 A. Sự phát tia lửa của sét làm áp suất không khí tăng đột ngột, gây ra tiếng nổ, gọi là *tiếng sấm* (nếu phóng điện giữa hai đám mây), hoặc *tiếng sét* (nếu phóng điện giữa đám mây và mặt đất).

### c) Hồ quang điện

- Hồ quang điện là quá trình phóng điện tự lực xảy ra trong chất khí ở áp suất thường hoặc áp suất thấp giữa hai điện cực có hiệu điện thế không lớn.** Hồ quang điện có thể kèm theo tỏa nhiệt và tỏa sáng rất mạnh.

- Ví dụ phổ biến về hồ quang là sự phóng điện giữa hai đầu đặt gần nhau của hai thanh than (hai điện cực) nối vào nguồn điện có hiệu điện thế 40 V – 50 V. Thoạt tiên, người ta cho hai đầu của các thanh than chạm vào nhau làm cho mạch điện bị nối tắt, dòng điện trong mạch rất lớn làm cho chỗ chạm nhau của hai thanh than nóng đỏ. Khi tách hai đầu của các thanh than ra một khoảng ngắn, ta thấy giữa hai đầu thanh than phát ra ánh sáng chói như một ngọn lửa : đó chính là hồ quang điện (Hình 22.7). Nhìn qua kính đèn bảo vệ mắt, ta thấy phần lớn ánh sáng chói phát ra từ hai đầu thanh than, tức là từ cực dương (anôt) và cực âm (catôt) của hồ quang. Giữa hai cực đó có một lưỡi liềm sáng yếu hơn, do chất khí than bị đốt cháy. Cực dương bị ăn mòn và hơi lõm vào.

- Hồ quang cũng có thể xuất hiện giữa các điện cực bằng kim loại. Tuỳ theo bản chất các cực, nhiệt độ của hồ quang khác nhau, nhưng thường rất cao, có thể từ  $2\ 500^\circ\text{C}$  đến  $8\ 000^\circ\text{C}$ .

- Hồ quang có rất nhiều ứng dụng trong kỹ thuật.

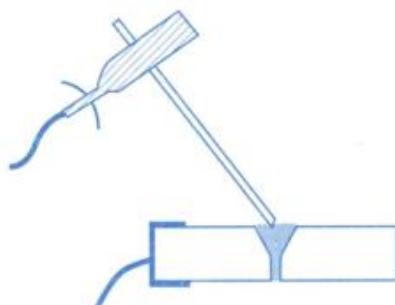
Nhờ nhiệt độ cao của các cặp điện cực, người ta dùng hồ quang trong việc hàn điện : một cực của hồ quang là tấm kim loại cần hàn, còn cực kia là que hàn (Hình 22.8). Do nhiệt độ cao giữa hai cực, que hàn nóng chảy và lấp chỗ cần hàn trên tấm kim loại.



Hình 22.7 Ánh hổ quang điện.

**C5** Theo em, muốn tạo ra hồ quang điện tại sao ban đầu cần phải cho hai đầu thanh than chạm nhau ?

Dòng điện chạy qua chất khí giữa hai cực chủ yếu là dòng électron (và cả ion âm) di từ catôt đến anôt, nhưng cũng có một phần là dòng ion dương di từ anôt đến catôt. Các ion âm và électron tới đập vào anôt, làm anôt nóng lên, nhiệt độ có thể lên tới  $3\ 500^\circ\text{C}$ . Do đó, anôt phát sáng mạnh ; tại đó hầu hết vật liệu bị nóng chảy và thậm chí bay hơi, nên anôt bị lõm vào, như ta đã thấy. Còn các ion dương khi tới đập vào catôt thì cũng làm cho catôt duy trì được trạng thái nóng đỏ ban đầu và phát ra các électron (phát xạ nhiệt électron). Chất khí giữa hai cực ở nhiệt độ cao nên bị ion hoá và dẫn điện tốt, nhờ đó điện trở của khí trong hồ quang điện rất nhỏ. Cường độ dòng điện trong mạch có thể khá lớn, đạt hàng chục ampe.

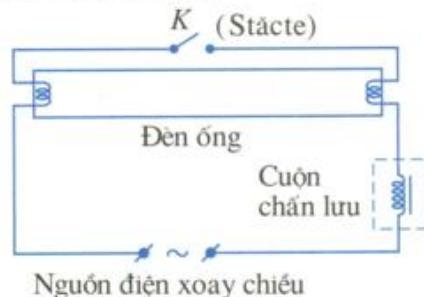


Hình 22.8 Hàn điện.

Máy hàn điện là một nguồn điện có hiệu điện thế thấp, cỡ vài chục volt, có điện trở trong rất nhỏ để có thể tạo ra dòng điện rất lớn, tới hàng trăm ampe. Dòng điện này làm nóng chảy que hàn và điểm hàn, do đó mối hàn dính vào nhau.

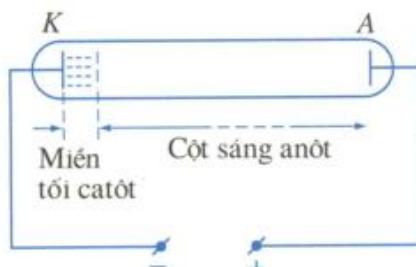


**Hình 22.9** Lò hồ quang nấu thép (số 3 là điện cực).



**Hình 22.10** Sơ đồ mắc đèn ống.

Stäcte hoạt động như một công tắc điện tự động  $K$ . Khi bật công tắc đèn,  $K$  đóng, dòng điện chạy qua hai cực là các dây vonfram mắc nối tiếp, làm các dây nóng đỏ và phát ra electron (phát xạ nhiệt electron). Khi  $K$  ngắt, một cực trở thành anôt, còn cực kia là catôt và hồ quang xảy ra. Dòng điện trong quá trình phóng điện hồ quang giữ cho dây vonfram tiếp tục nóng đỏ. Cuộn chấn lưu trong mạch điện giữ cho dòng điện không tăng quá cao, làm hỏng đèn.



**Hình 22.11** Sự phóng điện thành miền.

Trong ngành luyện kim, người ta dùng hồ quang để nấu chảy kim loại (Hình 22.9), điều chế các hợp kim.

Trong hóa học, nhờ nhiệt độ cao của hồ quang người ta có thể thực hiện nhiều phản ứng hóa học, chẳng hạn như phản ứng ôxi hoá nitơ thành ôxit nitơ để điều chế axit nitric...

Hồ quang trước đây còn được dùng làm nguồn ánh sáng mạnh cho các đèn chiếu, đèn biển, máy chiếu phim...

Nhiều nguồn sáng được dùng trong chiếu sáng công cộng là hồ quang điện trong các khói hơi như natri (đèn vàng), hơi thuỷ ngân,... chứa trong bóng thuỷ tinh kín. Các điện cực thường bằng vonfram.

Đèn ống phát ánh sáng ban ngày, còn gọi là đèn huỳnh quang, là hồ quang sinh ra trong hơi thuỷ ngân ở áp suất thấp. Mặt trong của ống có phủ một lớp bột huỳnh quang. Bột này, khi hấp thụ các bức xạ tử ngoại do hơi thuỷ ngân phát ra, sẽ phát ra ánh sáng nhìn thấy, gần giống ánh sáng ban ngày (Hình 22.10).

## 5. Sự phóng điện trong chất khí ở áp suất thấp

a) Người ta đã làm thí nghiệm về sự phóng điện trong chất khí ở áp suất thấp, bằng cách dùng một ống thuỷ tinh có hai điện cực bằng kim loại, gọi là ống phóng điện, (Hình 22.11). Ống này được nối với một bơm hút (không vẽ trên hình) để có thể làm giảm dần áp suất trong ống. Kết quả thí nghiệm cho thấy : khi áp suất chất khí vào khoảng từ 1 đến 0,01 mmHg và hiệu điện thế giữa hai cực vào khoảng vài trăm vôn, sự phóng điện có dạng như ở Hình 22.11. Ta thấy có hai miền chính : ngay ở gần mặt catôt có một miền tối gọi là *miền tối catôt* ; phần còn lại của ống, cho đến anôt, là miền sáng, thường gọi là *cột sáng anôt*. Vì vậy, sự phóng điện này được gọi là *sự phóng điện thành miền*.

b) Khi ta làm cho áp suất khí trong ống phóng điện giảm xuống, chỉ còn vào khoảng 0,01 – 0,001 mmHg (tuỳ thuộc vào chiều dài của ống) thì miền tối catôt choán đầy ống. Trong ống hầu như không sáng nữa, nhưng ở thành thuỷ tinh đối diện với catôt phát ra ánh sáng màu lục hơi vàng. Sở dĩ như vậy là vì khí đó môi trường trong ống xem như chân không (Bài 21), do đó dòng các electron phát ra từ catôt có thể chạy thẳng tới anôt mà không va chạm với các phân tử khác. Dòng đó chính là *tia catôt*, tia này đã làm phát quang thuỷ tinh. Khác với tia catôt xét ở Bài 21 (phát ra từ catôt bị đốt nóng), tia catôt này được phát ra từ catôt không đốt nóng (phát xạ lạnh).

**C6** Nếu áp suất của khí trong ống bằng áp suất khí quyển thì có dòng điện chạy qua ống không ? Tại sao ?

Thí nghiệm và lí thuyết chứng tỏ độ gián điện thế ở gần catôt khá lớn nên các ion dương tại đó thu được năng lượng lớn khi tới đập vào catôt, kết quả là xuất hiện dòng các electron bật ra từ catôt chuyển động về phía anôt.

Sự phóng điện thành miền trong khí ở áp suất thấp được sử dụng để tạo nên những nguồn sáng dùng trong quảng cáo. Các ống thuỷ tinh chứa khí được uốn thành hình, thành chữ. Màu sắc của ánh sáng phát ra phụ thuộc vào bản chất của khí chứa trong ống, như khí neon (Ne) phát ánh sáng màu đỏ, khí kripton (Kr) phát ánh sáng màu xanh lá cây, khí argon (Ar), hơi thuỷ ngân (Hg) phát ánh sáng màu xanh lam...

## ?

### CÂU HỎI

- Hãy nêu bản chất dòng điện trong chất khí. Mô tả sự phụ thuộc của cường độ dòng điện vào hiệu điện thế.
- Hãy nêu cách tạo ra tia lửa điện và nguyên nhân hình thành tia lửa điện.
- Hãy mô tả cách tạo ra hồ quang điện, nêu các đặc điểm chính và ứng dụng của hồ quang điện.
- Hãy mô tả quá trình phóng điện trong chất khí ở áp suất thấp.

## BAI TAP

- Chọn câu đúng.
  - Dòng điện trong chất khí là dòng các ion.
  - Dòng điện trong chất khí tuân theo định luật Ôm.
  - Dòng điện trong chất khí là dòng dịch chuyển có hướng của các ion dương theo chiều điện trường và các ion âm, electron ngược chiều điện trường.
  - Cường độ dòng điện trong chất khí ở áp suất bình thường tăng lên khi hiệu điện thế tăng.

2. Bản chất dòng điện trong kim loại khác với bản chất dòng điện trong chân không và trong chất khí như thế nào ?

- A. Dòng điện trong kim loại là dòng dịch chuyển có hướng của các electron. Còn dòng điện trong chân không và trong chất khí đều là dòng dịch chuyển có hướng của các ion dương và ion âm.
- B. Dòng điện trong kim loại và trong chân không đều là dòng dịch chuyển có hướng của các electron. Còn dòng điện trong chất khí là dòng dịch chuyển có hướng của các electron, của các ion dương và ion âm.
- C. Dòng điện trong kim loại là dòng dịch chuyển có hướng của các electron. Dòng điện trong chân không là dòng dịch chuyển có hướng của các ion dương và ion âm. Còn dòng điện trong chất khí là dòng dịch chuyển có hướng của các electron, của các ion dương và ion âm.
- D. Dòng điện trong kim loại cũng như trong chân không và trong chất khí đều là dòng dịch chuyển có hướng của các electron.

3. Chọn phương án đúng.

Dòng dịch chuyển có hướng của các ion là bản chất của dòng điện trong môi trường :

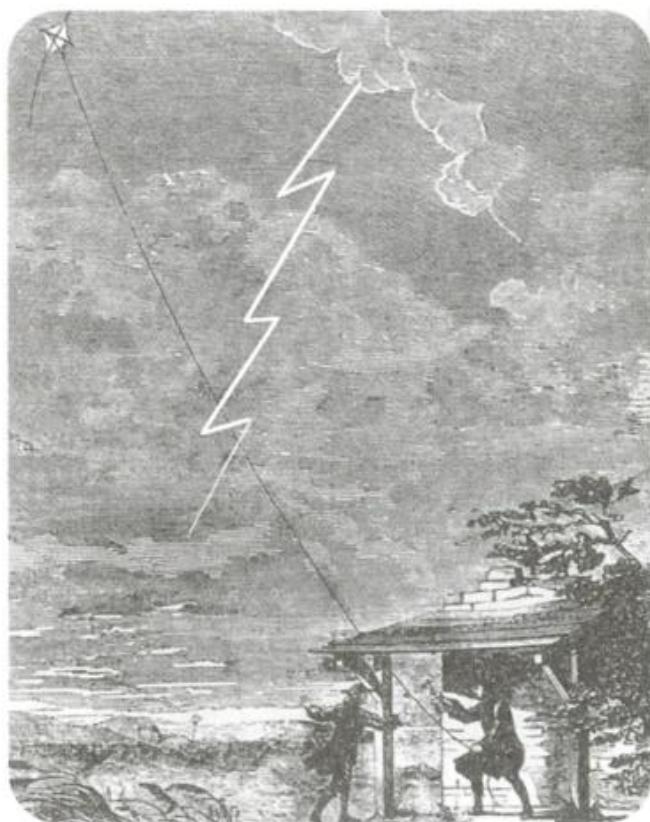
- A. Kim loại.
- B. Chất điện phân.
- C. Chất khí.
- D. Chân không.

### Em có biết ?

Sét là sự phóng điện xảy ra giữa các phần tích điện của những đám mây dông hoặc giữa đám mây dông và mặt đất. Theo nhiều nhà nghiên cứu, đám mây dông được tích điện là do các điện tích bị phân tách ra khi các hạt nước và hạt băng trong đám mây dông cọ xát vào nhau, sau đó chủ yếu do đối lưu mà các điện tích dương dần hết về phía đỉnh đám mây còn các phần tích điện âm về phần chân đám mây. Hai miền điện tích khác dấu của đám mây dông giống như hai bán cầu của một tụ điện khổng lồ. Không khí ở giữa chúng là chất cách điện, lúc đầu ngăn không cho các điện tích chạy lại gặp nhau và nâng dần hiệu điện thế giữa hai cực của bản tụ điện. Giữa phần chân đám mây dông và mặt đất tích điện (do hướng ứng tĩnh điện) cũng là một tụ điện với không khí cách điện nằm giữa hai bán tụ. Khi hiệu điện thế giữa hai bán tụ điện đủ lớn để "đánh thủng" chất điện môi (không khí) giữa hai bán, thì có tia lửa (sét) phóng qua.

Đặc biệt, có một dạng sét còn rất bí hiểm đối với con người. Đó là sét hòn, có "hành vi" cực kì lạ thường. Nó xuất hiện đột ngột dưới dạng những quả cầu lửa bay lơ lửng trong không trung, có khi nó chui luôn vào bên trong quần áo của người gặp nó, rồi thoát ra ngoài,

không gây một vết bỏng da nào và biến mất sau khi phát nổ, có lúc, lại như “bị hút” vào những vật kim loại như sợi dây thép căng trên cao hoặc ống khói nhà máy... Nhà bác học Nga Ka-pít-xa (được tặng giải Nô-ben về Vật lí năm 1978) đã xây dựng một lí thuyết về sét hòn, theo đó thì sét hòn được hình thành bởi các sóng đứng điện từ trong chất plasma. Tuy nhiên, lí thuyết này vẫn chưa được công nhận vì còn nhiều vấn đề cần được làm sáng tỏ thêm.



**Hình 22.12** Fran-klin (Benjamin Franklin, 1706 – 1790, nhà khoa học Mĩ) đang làm thí nghiệm về điện trong khí quyển. Ông là người đã sáng chế ra cột chống sét.