



# BÀI GIẢNG KỸ THUẬT ĐIỆN CAO ÁP

## *CHƯƠNG 1 : HIỆN TƯỢNG DÔNG SÉT*

- 1.1. Mở đầu
- 1.2. Nhận thức về phóng điện sét
- 1.3. Các tham số cơ bản
- 1.4. Cơ chế tác động phóng điện sét
- 1.5. Các hiệu ứng của sét
- 1.6. Hoạt động của dông sét
- 1.7. Tình hình dông sét ở Việt nam
- 1.8. Ảnh hưởng của dông sét

# 1.1. MỞ ĐẦU



## ◆ *Lịch sử*

- ✓ Việc nghiên cứu dông sét và các biện pháp bảo vệ chống sét đã có một lịch sử lâu dài
- ✓ Từ xa xưa, con người đã bị khiếp sợ và quẩn rũ bởi sấm sét (hiện tượng kỳ bí của thiên nhiên, vị thần sét, sự nổi giận của Ngọc hoàng, ý niệm trừng phạt các tội lỗi).
- ✓ Mãi đến thế kỷ XVIII mới có những quan sát khoa học đầu tiên về hiện tượng thiên nhiên : năm 1752, Benjamin Franklin đã chứng minh bản chất điện của sét (thí nghiệm với các cánh điều bay giữa một ngày giông sét).
- ✓ G. W. Richmann đã bị chết khi thí nghiệm đặt trên mái nhà một thanh sắt nối trực tiếp đến phòng làm việc.



## ◆ *Nghiên cứu hiện đại về sét*

- Ngày nay chúng ta biết rằng **sét là hiện tượng phóng điện** trong thiên nhiên giữa hai vùng có điện tích trái dấu (giữa đám mây dông và mặt đất)
- Dòng điện sét (dạng xung kích) có :
  - ✓ biên độ rất lớn
  - ✓ chỉ kéo dài trong một khoảnh khắc vài chục micro giây.
- để nghiên cứu về sét
  - ✓ sử dụng các tháp cao, (xác suất phóng điện sét rất lớn).
  - ✓ thiết bị đo và tự ghi (xác định biên độ, độ dốc của dòng điện sét).
  - ✓ quan sát bằng hình ảnh (mô tả đầy đủ tiến trình không gian - thời gian của phóng điện sét).

***Phóng điện sét vẫn chưa được biết đầy đủ, sét bắt đầu từ đâu và khi nào xuất hiện***



## ◆ *Tại sao ngày nay chúng ta vẫn còn phải nghĩ bảo vệ chống sét?*

- Bảo vệ chống sét có phải đã có một lịch sử khá dày (gần 250 năm phát minh ra cột chống sét).
- đã tìm ra những biện pháp để bảo vệ chống sét một cách có hiệu quả, an toàn, đáp ứng được nhu cầu.
- Tuy nhiên dông sét - một hiện tượng tự nhiên (mật độ, thời gian và cường độ sét mang tính ngẫu nhiên), sự hình thành và phát triển của sét xác định bởi hàng loạt các quá trình vật lý rất phức tạp.
- Tuy vậy trong nghiên cứu chống sét vẫn còn tồn tại nhiều vấn đề cần giải quyết
  - ✓ tăng trưởng nhanh quy mô các công trình xây dựng về diện tích và chiều cao, số lần sét đánh tăng lên, hậu quả và thiệt hại về kinh tế do sét gây nên cũng không ngừng tăng.
  - ✓ đặc điểm về dông sét, tính chất và mức độ tác hại do dông sét gây ra ở những vùng lãnh thổ và điều kiện địa lý khác nhau, cũng khác nhau.
  - ✓ mỗi vùng đều phải tự tiến hành điều tra nghiên cứu về dông sét (các thông số, đặc tính hoạt động) để có những biện pháp phòng chống sét thích hợp có hiệu quả.

## ❖ *Sét một tác nhân nguy cơ rủi ro rất cao ?*

- ✓ Các công trình đặc biệt nguy hiểm là

kho chứa nhiên liệu và các chất dễ cháy nổ  
các thiết bị biến đổi.  
thiết bị điều khiển tự động.  
các thiết bị điện cao áp và hạ áp



### ◆ *Tại sao vào mùa đông lại không có sét?*

- ✓ Sét là hiện tượng thiên nhiên gắn với các đám mây dông mùa hè, đôi khi cũng quan sát và nghe thấy tiếng sấm trong mùa đông
- ✓ Sét sinh ra khi có chênh lệch lớn nhiệt độ và độ ẩm giữa hai luồng khí. Mùa đông, sự chênh lệch này không lớn lắm, không thuận lợi cho sản sinh các điện tích và xuất hiện của sét (ví dụ sét mùa đông khi có bão tuyết mạnh, một khối lượng không khí lạnh rất lớn phủ trên một khối lượng không khí nóng và ẩm ở mặt đất).

### ◆ *Sét hòn và ngọn lửa Saint-Elme*

- ✓ Một dạng điện tích khí quyển rất hiếm quan sát thấy, đó là sét hòn. Dạng đặc biệt này xuất hiện khi một phần điện tích của cú sét mây dông - mặt đất tạo thành dạng vòng tròn. Sét hòn có thể di chuyển trên mặt đất hoặc leo lên đồ vật sau đó bị nổ tung và biến mất.
- ✓ đôi khi, sự tích lũy điện tích trái dấu không đủ để gây phóng điện tạo thành sét, một số các tia lửa điện màu xanh có thể xuất hiện ở đỉnh các vật nhọn hướng về phía đám mây dông (hiện tượng này được ghi nhận rất sớm trên các đỉnh cột buồm của các tàu biển, gọi là ngọn lửa Saint-Elme tên vị thần của các thủy thủ).

## 1.2. NHẬN THỨC VỀ PHÓNG ĐIỆN SÉT



*Sét là một dạng phóng điện tia lửa mãnh liệt trong khí quyển với những khoảng cách giữa các điện cực rất lớn (trung bình khoảng 5 km).*

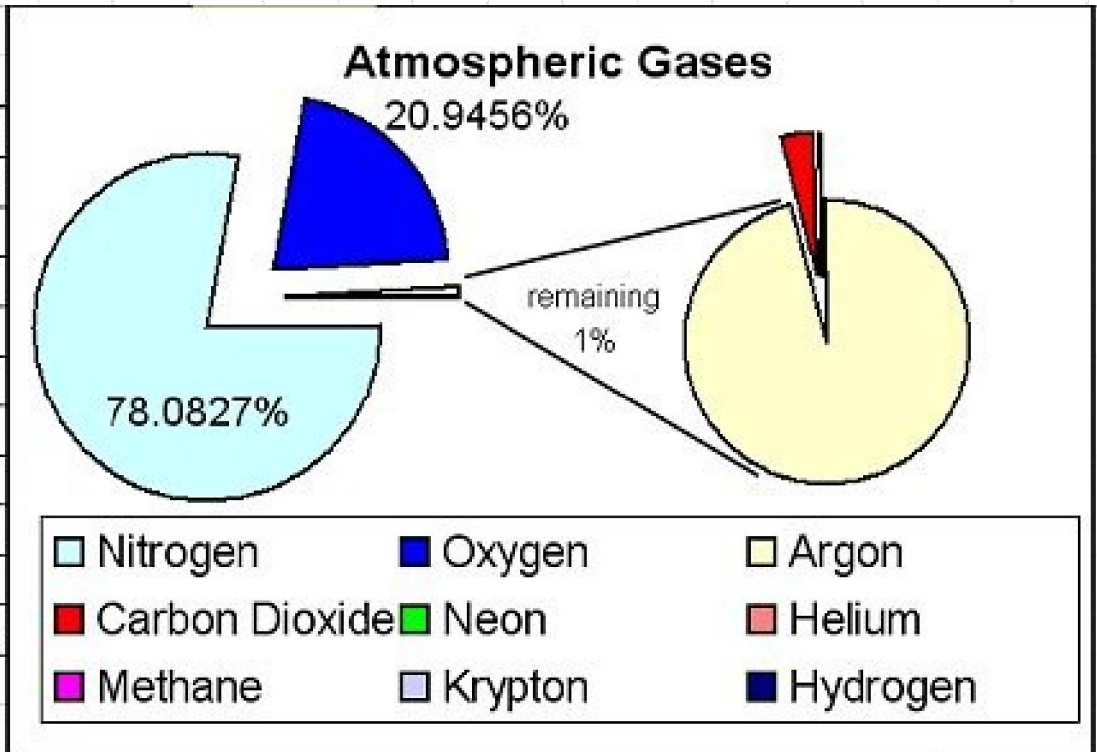
### ◆ Thành phần của không khí

Không khí khô và trong sạch không màu sắc, không mùi vị, được cấu tạo bởi hai chất khí chính

- ✓ Ni tơ chiếm hơn 78% (thể tích)
- ✓ Oxy chiếm gần 21%.
- ✓ ngoài ra còn có Ar : 0,93%, CO<sub>2</sub> : 0,03%, các chất khí còn lại Ne, He, H<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> ... : 0,01%.
- ✓ Tỷ lệ phần trăm này không thay đổi theo chiều ngang cũng như theo chiều cao trong khí quyển (riêng cacbôníc và ôzon phân bố không đều và không ổn định do nguồn gốc phát sinh của chúng).



Gas	Reported by NASA	Normalized to 100%
Nitrogen	0.78084000	78.082687%
Oxygen	0.20946000	20.945648%
Argon	0.00934000	0.933984%
Carbon Dioxide	0.00035000	0.034999%
Neon	0.00001818	0.001818%
Helium	0.00000524	0.000524%
Methane	0.00000170	0.000170%
Krypton	0.00000114	0.000114%
Hydrogen	0.00000055	0.000055%
		100.00000%
Source:		<a href="http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/earthfact.html">http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/earthfact.html</a>





- ❖ *Lượng khí cacbonic rất quan trọng đối với thực vật, nó có khả năng cho năng lượng Mặt Trời xuyên qua khí quyển tới mặt đất và ngăn cản sự bức xạ của mặt đất, lượng khí cacbonic tăng thì nhiệt độ mặt đất sẽ tăng.*
- ❖ *Lượng ôzon chỉ có 0,000001% về thể tích nhưng không ổn định, tập trung ở độ cao 25 - 30km, giảm dần xuống dưới và lên phía trên, đến độ cao 60 km là không còn nữa. Oxy hấp thụ năng lượng Mặt Trời, bị phân li thành nguyên tử, nguyên tử oxy kết hợp với phân tử oxy thành phân tử ôzon*



- ❖ *Ozôn hấp thụ tia tử ngoại, bị phân li thành nguyên tử và phân tử oxy*



- ❖ *Nhờ có ozon hấp thụ tia tử ngoại nên sự sống trên trái đất không bị đe dọa bởi tia tử ngoại*





## CẤU TRÚC CỦA KHÍ QUYỂN

Khí quyển được chia thành các tầng đồng tâm cơ bản sau đây :

Tầng đối lưu

Tầng bình lưu

Tầng giữa

Tầng ion

### ◆ Tầng đối lưu

- dày từ mặt đất đến độ cao 10-15 km (4/5 khối lượng không khí nằm ở tầng bình lưu).
- thay đổi theo thời gian và không gian : mùa hạ lớn hơn mùa đông, ở xích đạo lớn hơn ở cực
- không khí chuyển mạnh theo chiều thẳng đứng
- nhiệt độ giảm dần theo chiều cao (trung bình  $0,6^{\circ}\text{C}$  trên 100 m)
- Tất cả các quá trình xảy ra trong tầng đối lưu có ý nghĩa quyết định đến thời tiết và khí hậu ở mặt đất

### ◆ Tầng bình lưu

- nằm từ giới hạn trên của tầng đối lưu đến độ cao 50-60 km
- nhiệt độ tăng theo chiều cao (do có lớp ozon nằm trong tầng này).
- không khí chuyển động theo chiều thẳng đứng yếu, chuyển động theo chiều ngang chiếm ưu thế
- hơi nước còn rất ít, ở độ cao 25 km vẫn còn thấy mây xà cừ (cấu tạo từ những hạt nước lạnh)



### ◆ Tầng giữa

- giới hạn từ độ cao 50 đến 80 km
- nhiệt độ giảm mạnh theo chiều cao (xuống tới  $-70$  đến  $-80$  °C ở độ cao 80 km).
- áp suất ở độ cao 80 km giảm chỉ còn bằng  $1/200$  lần áp suất ở mặt đất (không khí rất loãng)

### ◆ Tầng ion

- từ giới hạn của tầng giữa đến độ cao khoảng 100 km
- ở lớp dưới, nhiệt độ tăng theo chiều cao (2000-3000 °C ở độ cao 300 km), gọi là lớp nhiệt
- bên trên lớp này nhiệt độ lại giảm mạnh đến nhiệt độ không gian vũ trụ
- phân tử khí bị ion hoá, điện dẫn suất tăng lên  $10^{12}$  lần so với lớp không khí ở gần mặt đất
- tầng ion có khả năng hấp thụ, khúc xạ và phản hồi sóng điện từ
- hiện tượng cực quang gây ra hiện tượng phát sáng ở các lớp khí quyển trên cao).

### ◆ Hơi nước trong không khí không ổn định, giao động từ 0-4% là do

- quá trình bốc hơi từ mặt nước, mặt đất
- sự thoát hơi nước từ thực vật



## NHIỆT ĐỘ VÀ HƠI NƯỚC KHÍ QUYỂN

### ◆ *Khi nước bốc hơi*

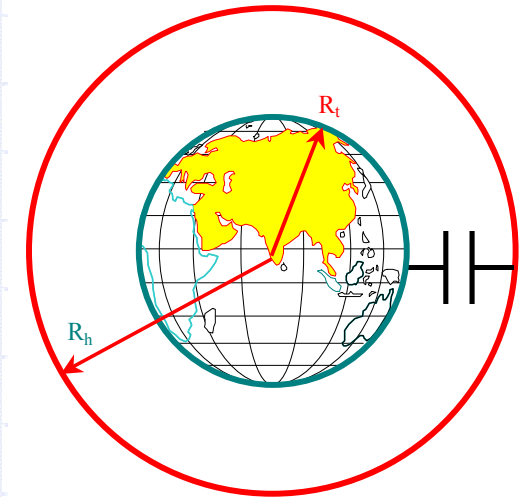
- ✓ lớp không khí ở sát mặt đất nhận được nhiều hơi nước nhất
- ✓ do quá trình khuếch tán và trao đổi theo chiều thẳng đứng, hơi nước được đưa lên cao.
- ✓ bốc hơi nước cần tiêu hao năng lượng (cứ bốc hơi được 1 gam tiêu hao khoảng 600 cal : ở các vùng có lượng nước bốc hơi lớn sẽ có nhiệt độ không khí thấp hơn với vùng lượng bốc hơi ít).
- ✓ nếu nhiệt độ tiếp tục giảm xuống thì việc ngưng kết hơi nước sẽ diễn ra (nước ở thể hơi sẽ trở thành thể lỏng dưới dạng những hạt nước nhỏ) tụ lại thành mây hay sương mù.
- ✓ khi nhiệt độ xuống dưới  $0^{\circ}\text{C}$ , nước từ thể hơi biến thành thể rắn (những hạt nước trong mây lớn dần lên do va chạm và hút lẫn nhau, khi có đủ kích thước và trọng lượng để thắng lực cản và quá trình bốc hơi trên đường đi, chúng rơi xuống mặt đất mà ta gọi là mưa khí quyển).
- ✓ hình thành các hạt nước nhỏ khi ngưng kết trong khí quyển luôn được diễn ra ở một tâm (hạt nhân liên kết). Trong thực tế hạt nhân ngưng kết luôn có mặt trong không khí (những tinh thể muối từ mặt nước biển, sản phẩm của sự cháy trong tự nhiên hoặc các chất khí do nhà máy phun vào).



## ĐIỆN TÍCH KHÍ QUYỂN

### ♦ trái đất được mô tả như một tụ điện hình cầu khổng lồ

- ✓ một môi trường dẫn điện (õelectrosphôre)
- ✓ một lớp không khí (lớp cách điện) dày chừng 50 –100 km
- ✓ địa cầu



$R_t$  - bán kính trung bình của trái đất (6367 km).

$R_h$  - bán kính của tầng điện ly Héaviside (6467 km)

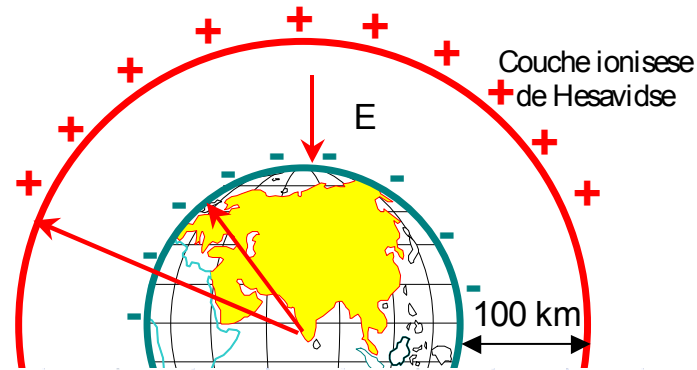
### ♦ điện dung của tụ điện

$$C = \frac{4\pi\epsilon_0}{\frac{1}{R_t} - \frac{1}{R_h}} = \frac{4.3,14.8,85.10^{-12}}{\frac{1}{6367.10^3} - \frac{1}{6467.10^3}} = 46 \text{ (mF)}$$

- ❖ Do vậy trái đất được tích điện luôn luôn. Khi thời tiết tốt, có một điện trường yếu hướng xuống mặt đất (tại mặt đất giá trị đo được vào khoảng 100 đến 400 V/m).



- ❖ không khí không phải là một điện môi lý tưởng (có một lượng ít các điện tích do các quá trình ion hoá tự nhiên).



- ❖ dưới tác dụng của điện trường trái đất, các ion này chuyển động làm xuất hiện dòng điện hướng về phía mặt đất).
- ❖ dòng điện tổng bằng

$$I = J.S = \gamma.E_t.S = 1760 A \quad \text{trong đó}$$

$$S = 4.\pi.R_t^2 = 5,1.10^{14} m^2$$

$$\gamma = n_+q_+\mu_+ + n_-q_-\mu_- = 2,3.10^{-14} (1/\Omega m)$$

$$n_+ = n_- = 1000 cm^{-3}$$

$$\mu_+ = \mu_- = 1,8.10^{-4} m^2 V^{-1} s^{-1}$$

$$q_+ = q_- = 1,61.10^{-19} C$$



## *SỰ HÌNH THÀNH CÁC Đám Mây*

### ◆ *Mây*

- ✓ tập hợp các sản phẩm ngưng kết hay thăng hoa của hơi nước ở các độ cao khác nhau
- ✓ có hình dáng khác nhau và có các tính chất vật lý rất phức tạp
- ✓ mây được hình thành do quá trình chuyển động đi lên của không khí ẩm và chúng bị lạnh đi
- ✓ không khí chuyển động lên trên có thể do đối lưu (không khí bị đốt nóng ở phía dưới do mặt đệm), có thể là do không khí trượt lên cao dọc theo mặt sườn hoặc theo sườn núi
- ✓ khi nhiệt độ hạ xuống dưới điểm sương, sự ngưng kết của các hạt nước xảy ra
- ✓ mây được cấu tạo bằng những hạt nước hoặc tinh thể băng, hoặc cả hai loại (mây hỗn hợp).
- ✓ mây hỗn hợp phát triển cao hơn mây nước và mây băng

### ◆ *Mây được chia thành 4 tầng*

- ✓ chân mây gồm 3 tầng (tầng cao, tầng giữa và tầng thấp)
- ✓ tầng thứ tư là mây phát triển theo chiều thẳng đứng



## ◆ *Mây được chia thành 10 loại cơ bản phân chia theo các tầng*

✓ Mây tầng cao thường là mây băng, mỏng trong suốt, nhẹ, màu trắng không có bóng râm. *Mây tầng cao* (chân mây cao trên 5 km) gồm.

➤ mây ti (cirus),

➤ mây ti tích (circomulus)

➤ mây ti tầng (cirostratus).

✓ Mây tầng giữa thường là mây nước hay mây hỗn hợp, dày đặc hơn mây tầng cao ; mây tầng giữa có cho mưa nhưng ít khi tới đất. *Mây tầng giữa* (chân mây cao từ 2 đến 6 km) gồm

➤ mây trung tích (altocumulus)

➤ mây trung tầng (altostratus)

✓ Mây tầng thấp cấu tạo từ các hạt nước hay hoa tuyết nhỏ, sau lớn dần lên. Mây có màu xám tro và rất dày đặc. Mây tầng tích và mây tầng thường cho mưa phùn, mây tầng vũ cho mưa lớn. *Mây tầng thấp* (chân mây cao từ 0,5 đến 3 km) gồm

➤ mây tầng tích (stratocumulus)

➤ mây tầng (stratus)

➤ mây tầng vũ (nimbostratus).

□ Mây phát triển theo chiều thẳng đứng gồm mây tích (cumulus) và mây tích vũ (cumulonimbus).

□ Mây phát triển theo chiều thẳng đứng là mây đối lưu, hình thành do không khí bốc lên cao do đối lưu

□ Trên đất liền vào mùa hạ mây này xuất hiện vào quá trưa và tan đi vào buổi chiều.

□ Ngoài biển và đại dương, mây này phát triển vào ban đêm

□ Mây tích không cho mưa, khi phát triển thành mây tích vũ cho mưa rào rất lớn dưới dạng lỏng hay rắn. Về mùa hạ, mưa từ mây tích vũ thường kèm theo dông

## SỰ HÌNH THÀNH CÁC Đám Mây Đông

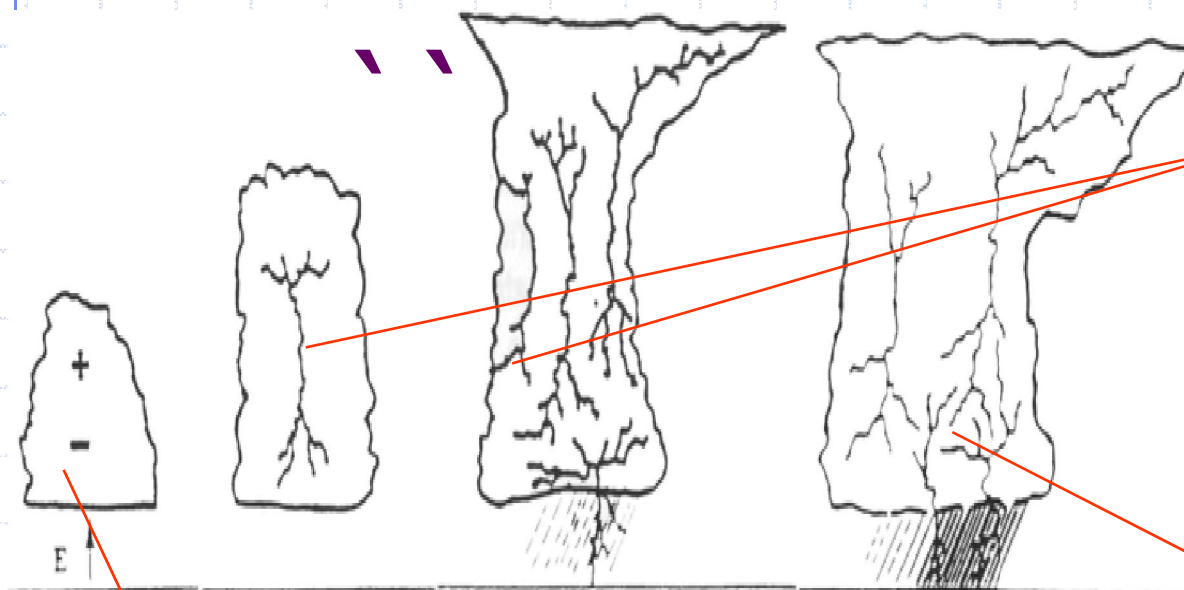
### ◆ Một số giả thiết giải thích sự hình thành các điện tích trong đám mây đông

- ✓ các luồng khí bốc lên cao và thổi xuống có thể đạt vận tốc 20 m/s : các hạt nước trong các đám mây sẽ bị đóng băng khi đạt tới tầng đẳng nhiệt  $0^{\circ}\text{C}$ . Các hạt bốc lên cao tập trung ở đỉnh của đám mây, trong khi đó các giọt nước thì đọng lại bên phía dưới của đám mây
- ✓ sự va chạm mạnh liệt giữa các tinh thể sẽ giải thoát các điện tử, làm xuất hiện các điện tích dương ở đỉnh của đám mây còn lớp dưới của đám mây do đó sẽ tích điện âm. Tuy vậy bản chất vật lý của quá trình phân chia điện tích vẫn còn chưa thật rõ ràng
- ✓ Các cơn dông đối lưu phụ thuộc vào sự hình thành các đám mây do hiệu ứng kết hợp độ ẩm của không khí và sự đốt nóng cục bộ mặt đất (lượng không khí nóng và ẩm hình thành, thổi lên cao, hầu như cách biệt với không khí xung quanh). đám mây giông hình thành ở độ cao nơi quá trình ngưng kết bắt đầu. đó là các đám mây nhiệt, rất khu trú, thường gặp tại các vùng nhiệt đới
- ✓ các cơn dông fron lại xuất hiện do các luồng không khí lớn (nhiệt độ và độ ẩm khác nhau) gặp nhau. Các cơn dông này thường mạnh mẽ hơn, linh hoạt hơn các cơn giông đối lưu, kéo dài nhiều ngày và di chuyển xa hàng nghìn kilômét, dông kèm theo gió xoáy (cyclonique).
- ✓ sự hình thành các đám mây xảy ra khi có sự cân bằng mật độ không khí xung quanh ở các độ cao 10-12 km, ở độ cao gọi là quyển bình lưu này, các dòng không khí ngang dữ dội quét đỉnh của đám mây tạo cho chúng dạng đặc trưng như cái đe





## SỰ HÌNH THÀNH CÁC Đám Mây Dông



Giai đoạn 1 : **Hình thành**  
(khoảng chục phút)  
Khởi đầu cơ chế tích điện

Giai đoạn 2  
**Phát triển**

Giai đoạn 3  
**Trưởng thành**

(Thời gian biến động rất lớn, có thể tới hàng giờ)

- khởi đầu giai đoạn hoạt động
- tác động điện giữa các đám mây
- gió dữ dội thổi xuống

- tác động điện mạnh mẽ
- sự phát triển đứng tối đa
- các hoạt động đối lưu mạnh mẽ

Giai đoạn 4 : **Suy giảm**  
(5 đến 35 phút)

- giảm dần các hoạt động bên trong
- sét, mưa lớn, mưa đá, gió lớn

# SỰ PHÁT SINH ĐIỆN TÍCH TRONG CÁC Đám Mây ĐÔNG



- ◆ *Quá trình phân chia điện tích xảy bên trong các đám mây đồng thời với các quá trình nhiệt động học*
  - chuyển động rất dữ dội luồng khí di chuyển xuống dưới về phía trung tâm của khối mây
  - phân tử bị nhiễm điện khi chuyển động do hiện tượng ma sát. Các điện tích cũng có thể hình thành do va chạm của thủy băng (hydrometôores) khi có nước chậm đông, sự kết tủa của nhiều các sản phẩm do hiện tượng nung nóng một lượng không khí ẩm trong bầu khí quyển bất ổn định
  
- ◆ *Tồn tại hai thuyết để giải thích hiện tượng này*
  - lý thuyết sức hút
  - lý thuyết đối lưu

## THUYẾT ĐỐI LƯU

❖ *Thuyết này chỉ quan tâm đến sự chuyển động của không khí trong nội bộ các đám mây*

❖ *Nguồn gốc bên ngoài cung cấp các điện tích cho các đám mây*

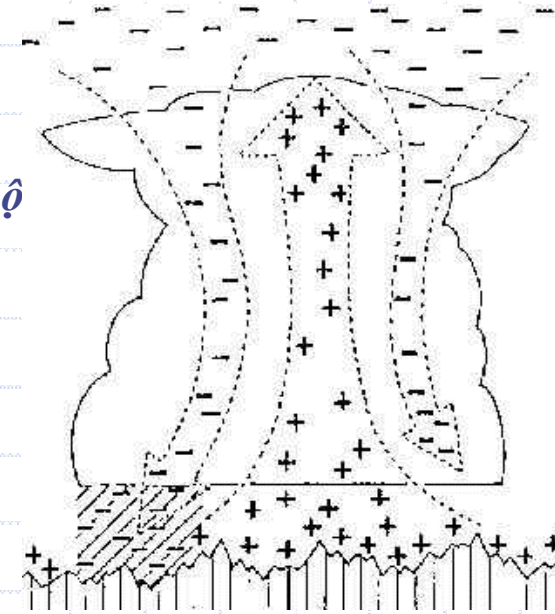
➤ hiệu ứng bức xạ của các tia vũ trụ, tia cực tím, các phóng xạ tự nhiên làm xuất hiện các photon có năng lượng đủ lớn để ion hoá phân tử khí trung hoà.

➤ hiệu ứng vầng quang (sự ion hoá không khí xảy ra khi cường độ điện trường đạt tới ngưỡng 26-30 kV/cm). Hiệu ứng vầng quang sinh ra các ion, chuyển động của không khí nóng sẽ di chuyển các ion này về phía các đám mây

❖ *Sự kết hợp hai hiệu ứng trên là nền tảng cấu trúc điện tích của các đám mây.*

➤ Khi trong vùng phía trên cao của đám mây các ion dương sẽ lôi kéo các ion âm hình thành bởi bức xạ. Các ion âm sẽ gắn kết với các giọt nước ngay khi đi tới các đám mây tạo thành một lớp màn chắn

➤ Sau đó, dòng không khí thổi xuống phía mặt ngoài của đám mây sẽ kéo các điện tích này xuống phía dưới



## THUYẾT SỨC HÚT TRỌNG TRƯỜNG

- ❖ *Thuyết này dựa trên cơ sở vật lý là các điện tích âm có khối lượng lớn hơn các điện tích dương và sự phân chia điện tích xảy ra theo gián tiếp theo chênh lệch khối lượng*
  - ✓ sự xuất hiện điện tích do sự can thiệp trực tiếp của sức hút của trái đất (đám mây cấu tạo bởi các hạt có trọng lượng khác nhau : các tinh thể đá đóng băng, các hạt nước lớn, sương mù chứa các hạt nước nhỏ).
  - ✓ Khi các hạt này rơi xuống chúng sẽ nhiễm điện tích dương, sương mù lại nhiễm điện tích âm. Ma sát của không khí với các hạt nước làm xuất hiện điện tích giống như quá trình nhiễm điện tích do ma sát.
  - ✓ sự xuất hiện điện tích là do sự phân nhỏ không đều của các giọt nước mưa. Dòng di chuyển phải chịu sự thăng giáng nghiêm trọng để có thể thổi bay các hạt nước ở dạng một túi mà phần đáy của nó bị mỏng đi, bị đánh thủng và bị vỡ ra thành các giọt nhỏ sau đó bị gió cuốn đi. Các giọt nhỏ li ti từ cái túi nước mang đi các điện tích dương, còn các hạt khác sẽ kéo theo các điện tích âm. điện tích có thể đạt tới  $10^{-10}$  C/cm<sup>3</sup> nước
  - ✓ Thuyết lực hút đòi hỏi một quá trình trao đổi điện tích giữa các hạt kích cỡ khác nhau. .
- ❖ *Khi một hạt nước đóng băng xuất hiện tại vùng nóng di chuyển qua vùng lạnh, gặp các hạt nước đóng băng lạnh hơn thì hạt nóng sẽ nhường khuyết tật dương cho hạt lạnh nhanh hơn là các hạt lạnh nhường khuyết tật âm*
- ❖ *Các hạt lạnh hơn sẽ tích điện dương.*