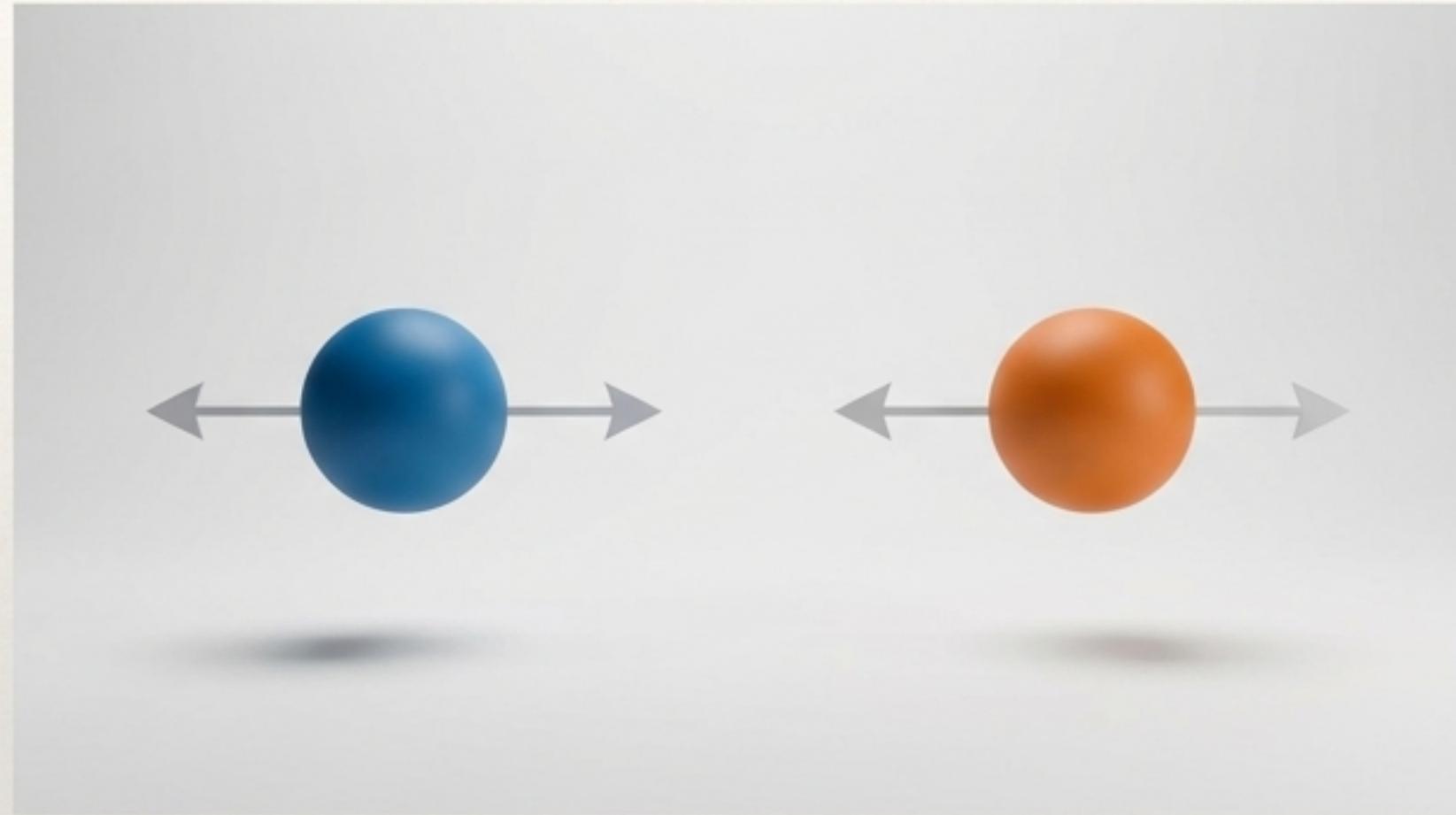


Một câu hỏi nền tảng: Tương tác không tiếp xúc?



Hai quả cầu tích điện tương tác với nhau—chúng đẩy hoặc hút nhau.

Nhưng tại sao? Giữa chúng không có gì kết nối. Chúng không hề tiếp xúc.

Vậy làm thế nào lực có thể được truyền qua không gian trống?

Đây là một trong những bí ẩn cốt lõi của vật lý.

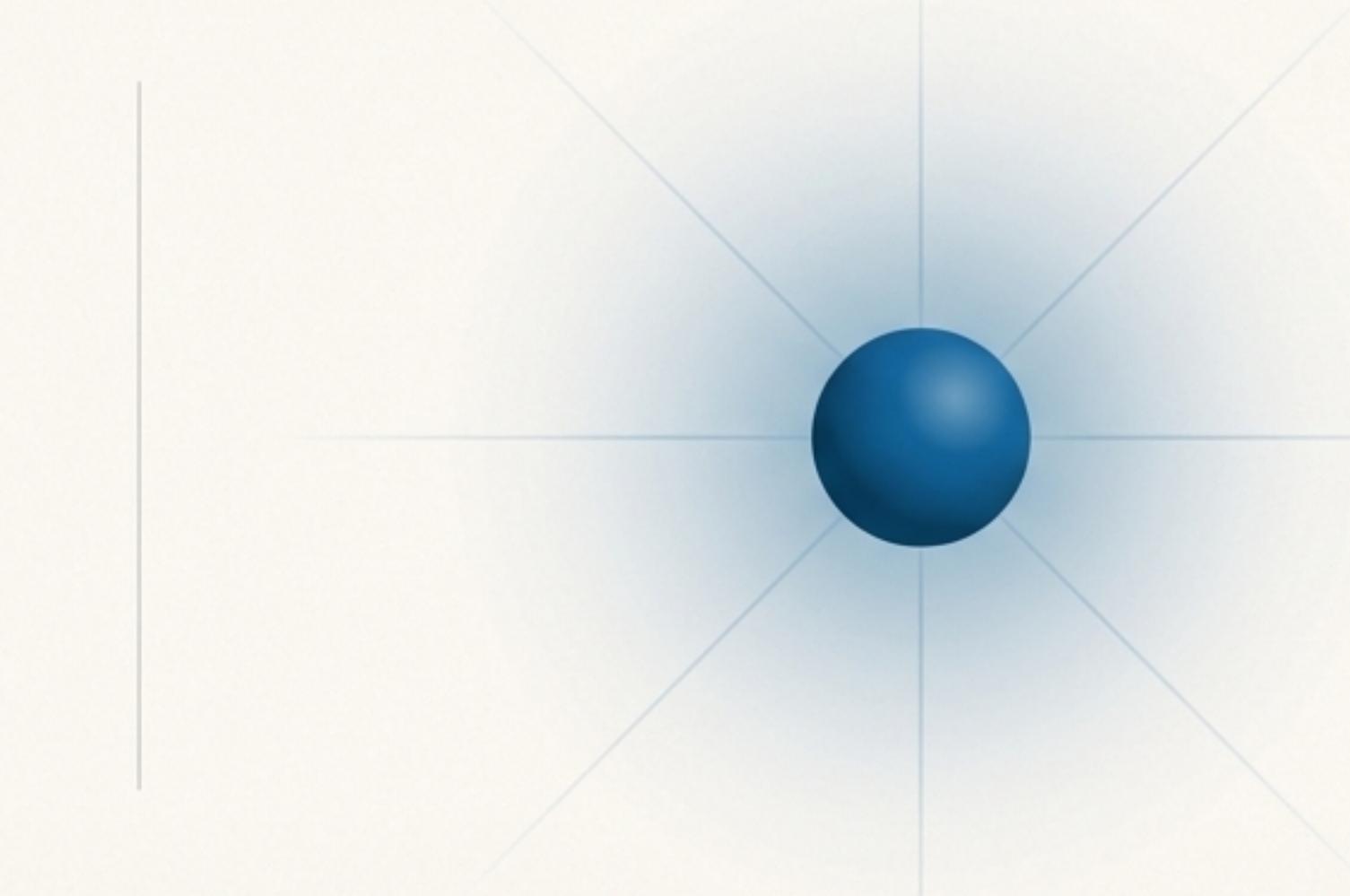
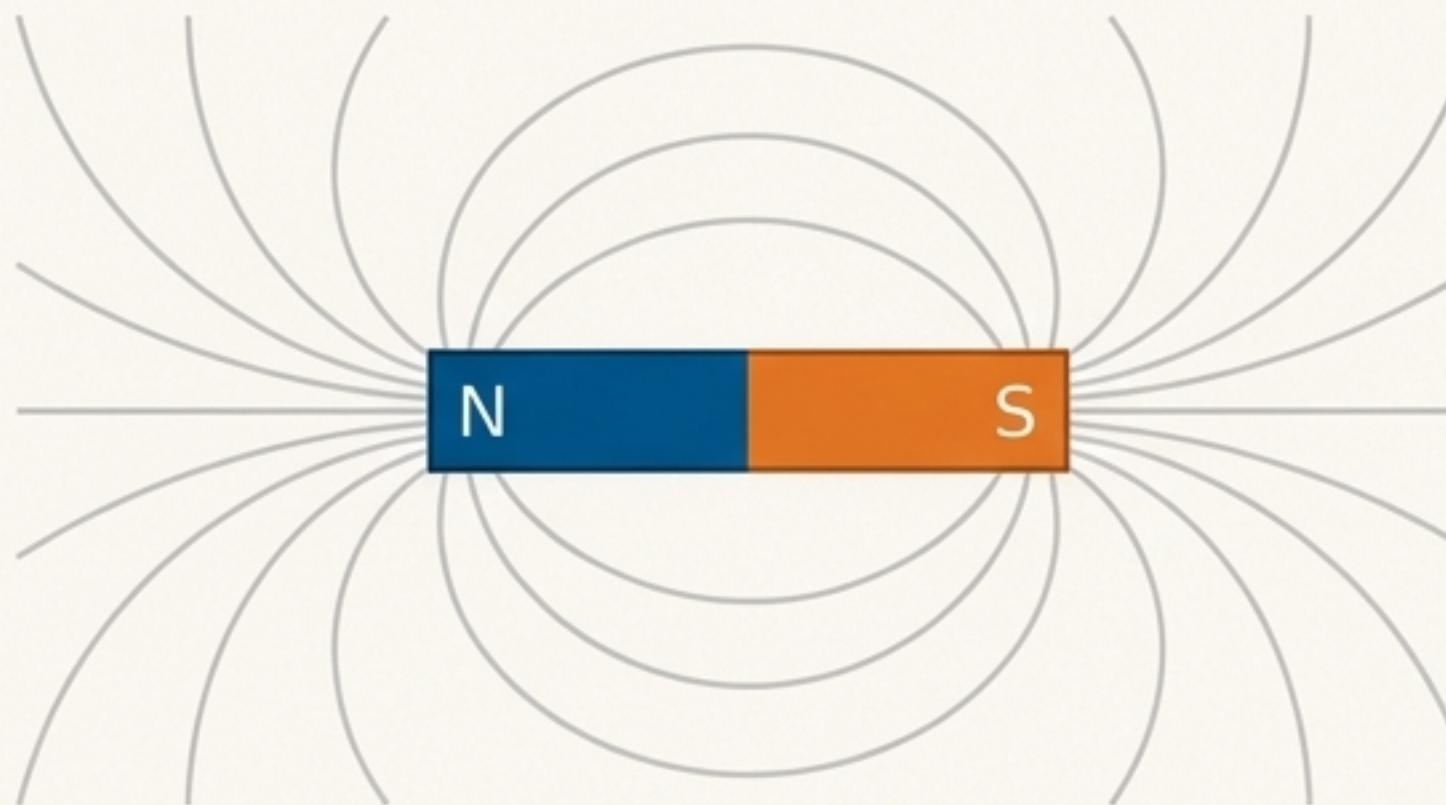
Lời giải đáp: Một 'trường' vô hình trong không gian

Để giải thích tương tác từ xa, các nhà vật lý đã đưa ra khái niệm **trường**.

Xung quanh một nam châm có **từ trường**. Từ trường này truyền tương tác đến các nam châm khác.

Tương tự, xung quanh một điện tích tồn tại một **điện trường**. Điện trường chính là môi trường truyền tương tác điện.

Điện trường là một dạng vật chất, tồn tại xung quanh điện tích và gắn liền với điện tích đó.

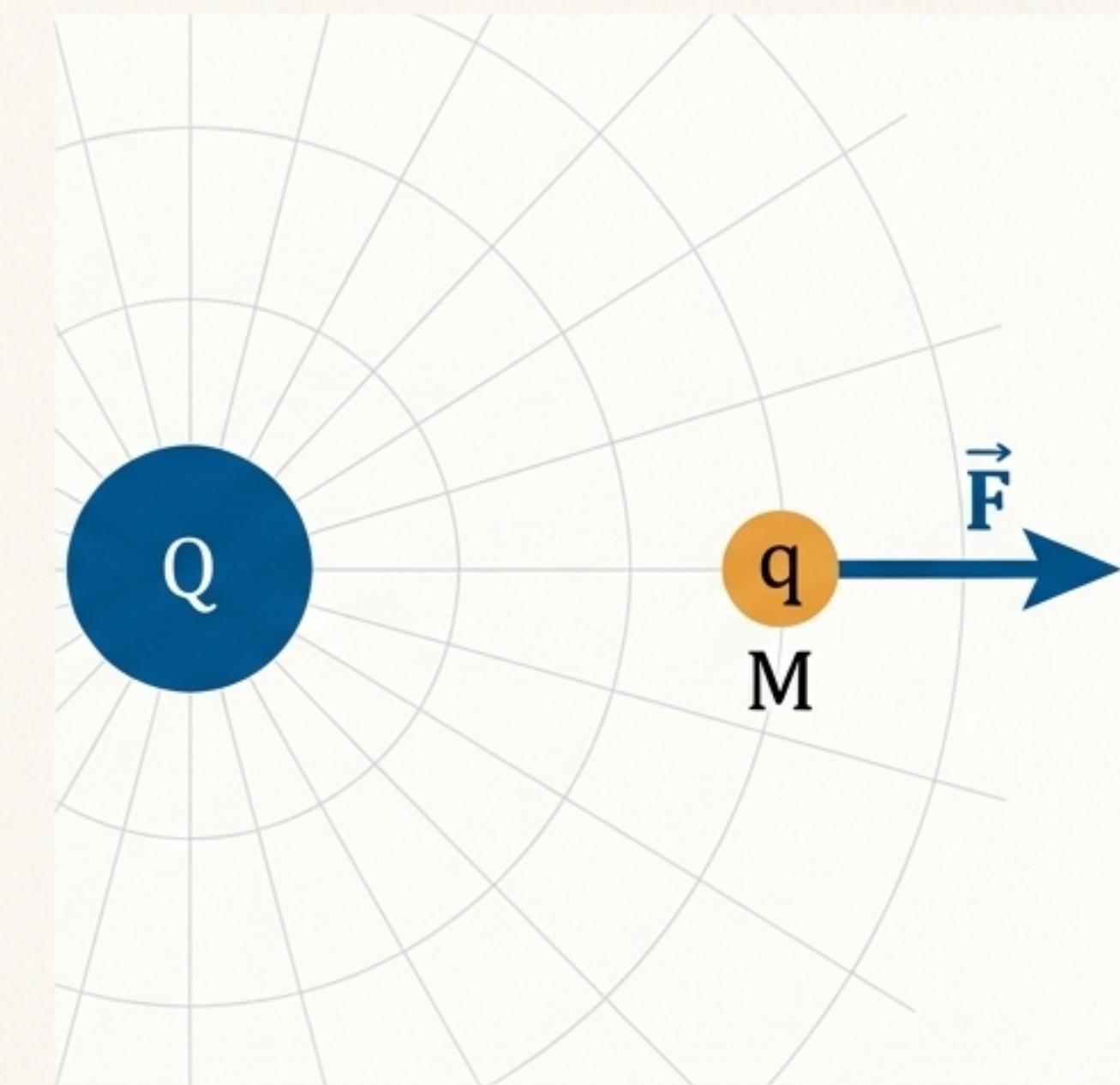


Làm thế nào để định lượng điện trường?

Để mô tả mức độ mạnh hay yếu của điện trường tại một điểm, ta sử dụng một đại lượng gọi là **cường độ điện trường**.

Ta dùng một điện tích thử q nhỏ, dương, đặt vào trong điện trường. Lực điện F tác dụng lên q sẽ cho chúng ta biết về điện trường tại điểm đó.

Cường độ điện trường tại một điểm là đại lượng đặc trưng cho tác dụng lực của điện trường tại điểm đó.



Định nghĩa Cường độ Điện trường

E: **Cường độ điện trường**. Đặc trưng cho độ mạnh của điện trường. Đơn vị trong hệ SI là volt trên mét (V/m).

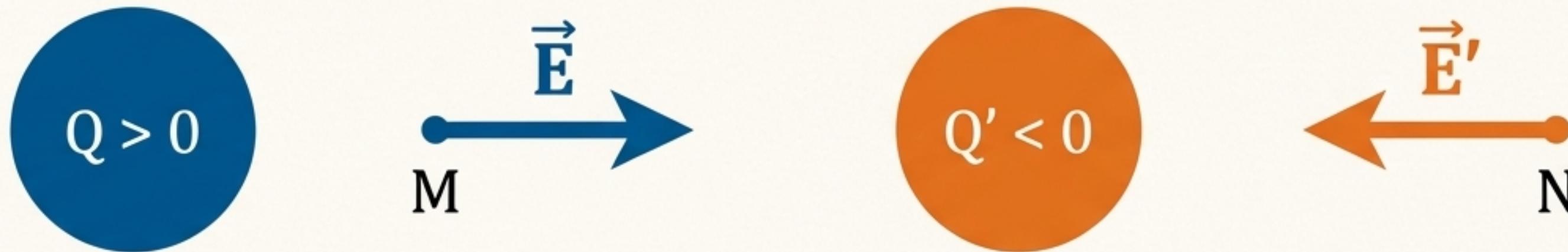
F: **Lực điện** (tính bằng Newton, N) do điện trường tác dụng lên điện tích thử.

$$E = F / q$$

q: **Điện tích thử** (tính bằng Coulomb, C) được đặt tại điểm khảo sát.

Cường độ điện trường tại một điểm được đo bằng tỉ số giữa lực điện tác dụng lên một điện tích dương và độ lớn của điện tích đó.

Cường độ điện trường là một đại lượng vectơ



Vì lực là một đại lượng **vectơ**, cường độ điện trường cũng là một đại lượng **vectơ**, kí hiệu là \vec{E} .

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$$

Vectơ cường độ điện trường \vec{E} có:

- **Phương và chiều:** Cùng phương và chiều với vectơ lực \vec{F} tác dụng lên điện tích thử q dương ($q > 0$). Ngược chiều nếu q âm ($q < 0$).
- **Độ lớn:** $E = F/q$.

Nguồn gốc của điện trường: Điện tích điểm

Mọi điện tích đều tạo ra một điện trường xung quanh nó. Xét một điện tích điểm **Q** đặt trong chân không. Cường độ điện trường do Q gây ra tại một điểm cách nó một khoảng **r** được xác định bởi công thức sau.

Độ lớn cường độ điện trường.

Điện tích nguồn gây ra điện trường.

$$E = \frac{|Q|}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

Hằng số điện
 $(8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{Nm}^2)$.

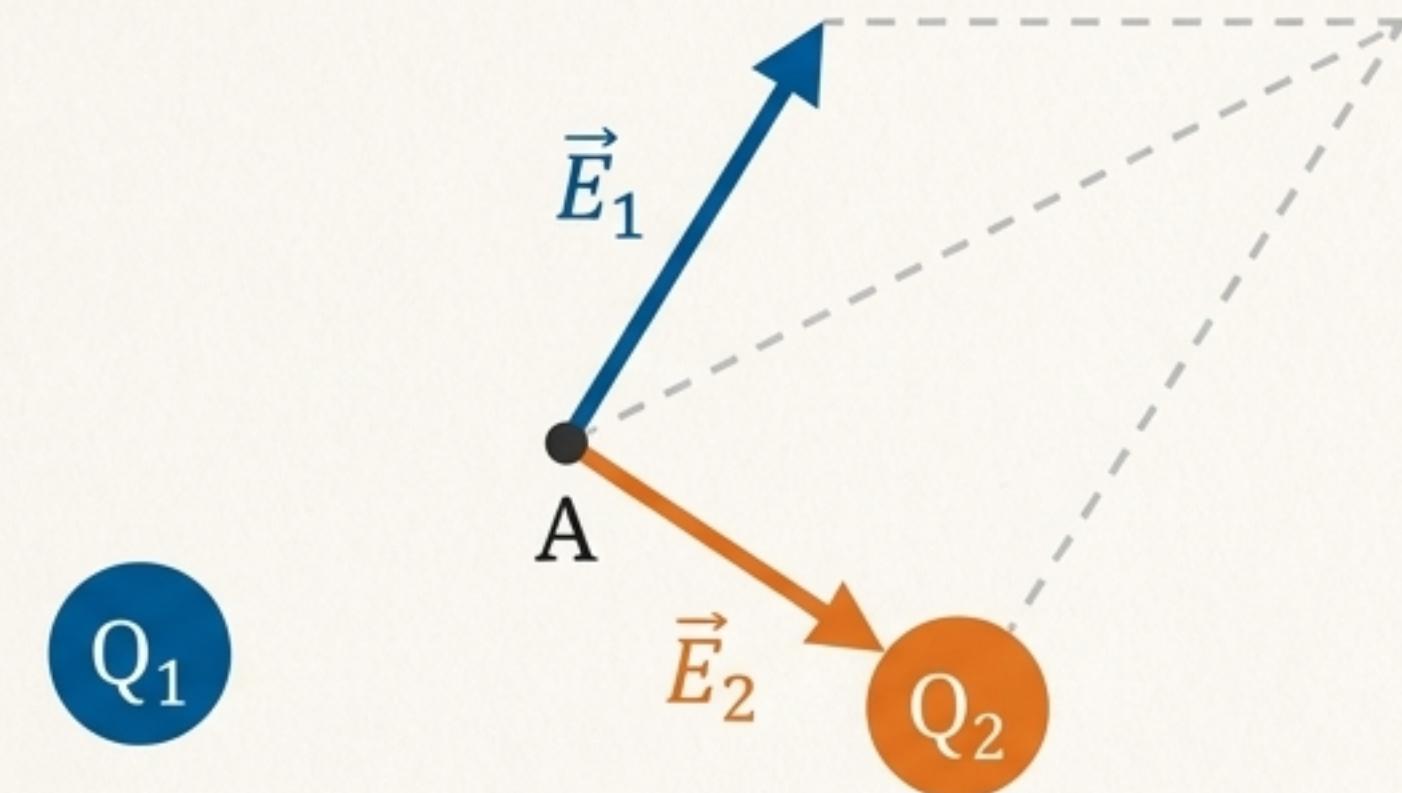
Khoảng cách từ điện tích nguồn đến điểm đang xét.

Khi có nhiều nguồn: Nguyên lý chồng chất điện trường

Thực tế, một điện trường thường được tạo ra bởi nhiều điện tích. Giả sử điện trường tại điểm A được tạo ra bởi hai điện tích điểm Q_1 và Q_2 .

Điện tích Q_1 gây ra tại A vectơ cường độ điện trường \vec{E}_1 . Điện tích Q_2 gây ra tại A vectơ cường độ điện trường \vec{E}_2 .

Nguyên lý chồng chất: Vectơ cường độ điện trường tổng hợp tại A bằng tổng các vectơ cường độ điện trường do từng điện tích gây ra tại điểm đó.



Tổng hợp điện trường: Phép cộng vectơ

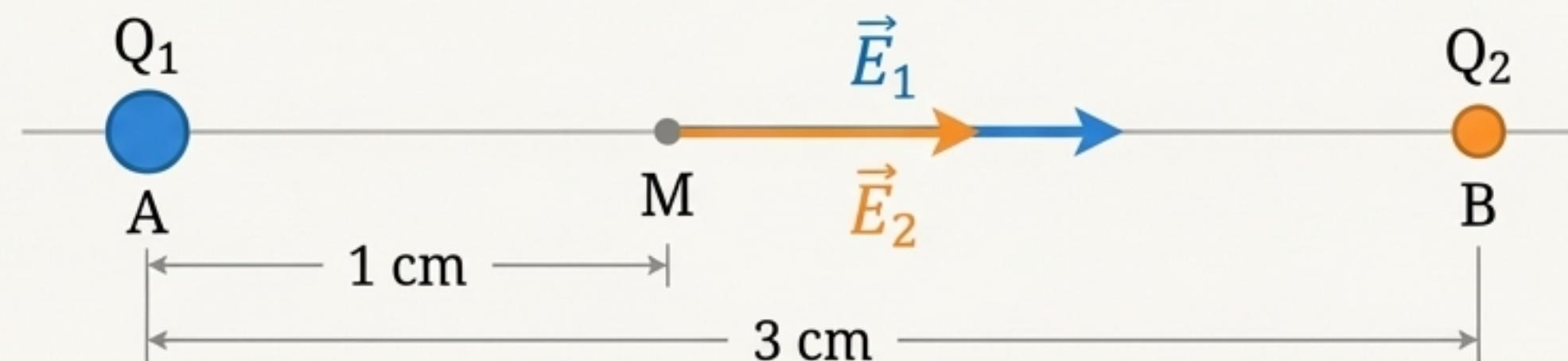
$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots$$

Cường độ điện trường tổng hợp (\vec{E}) là tổng vectơ của các trường thành phần ($\vec{E}_1, \vec{E}_2, \dots$). Điều này có nghĩa là các điện trường thành phần **tác động độc lập** với nhau.

Để tìm điện trường tổng hợp, ta thực hiện hai bước:

1. Tính độ lớn và xác định phương, chiều của từng vectơ $\vec{E}_1, \vec{E}_2, \dots$
2. Tổng hợp các vectơ đó (thường dùng quy tắc hình bình hành) để tìm ra vectơ \vec{E} tổng hợp.

Ví dụ: Tổng hợp điện trường trên một đường thẳng



Cho điện tích $Q_1 = 6 \cdot 10^{-9}$ C tại A và $Q_2 = -2 \cdot 10^{-9}$ C tại B, cách nhau 3 cm. Xác định cường độ điện trường tổng hợp tại điểm M nằm trên đoạn AB cách A 1 cm.

Vectơ \vec{E}_1 do Q_1 gây ra tại M: hướng từ A đến B.

Vectơ \vec{E}_2 do Q_2 gây ra tại M: cũng hướng từ A đến B.

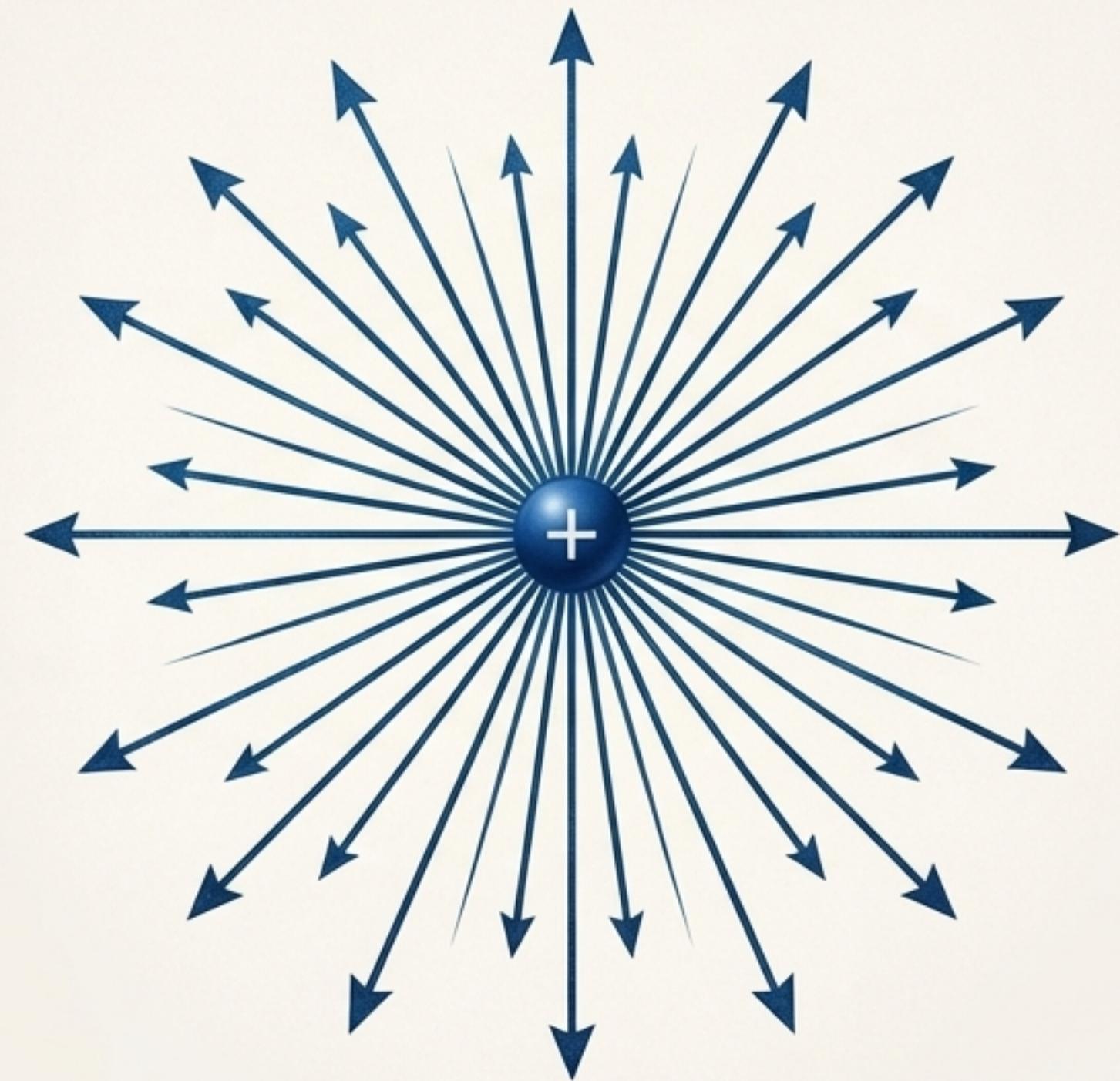
Vì \vec{E}_1 và \vec{E}_2 cùng chiều, vectơ tổng hợp $\vec{E}_M = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$ sẽ cùng chiều và có độ lớn $E_M = E_1 + E_2$.

Làm sao để "nhìn thấy" một khái niệm trừu tượng?

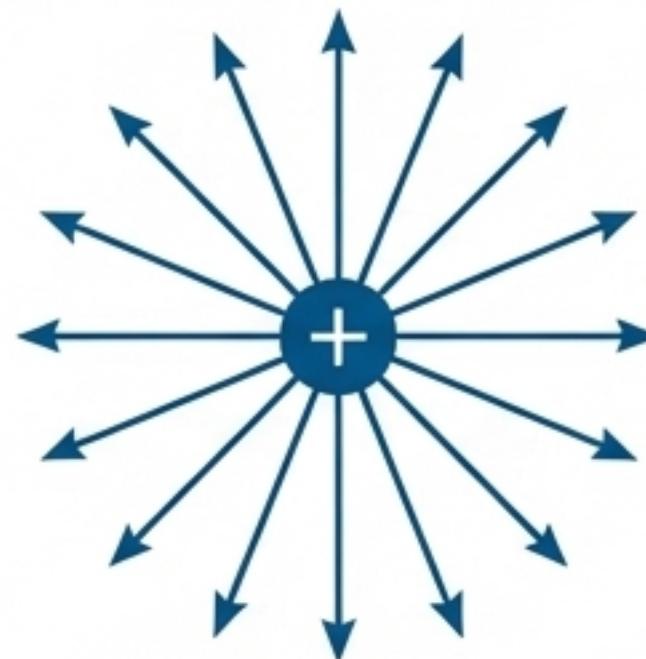
Cường độ điện trường cho chúng ta biết độ mạnh và hướng của trường tại một điểm, nhưng làm thế nào để hình dung cấu trúc tổng thể của nó trong không gian?

Chúng ta sử dụng một công cụ trực quan gọi là **đường sức điện**.

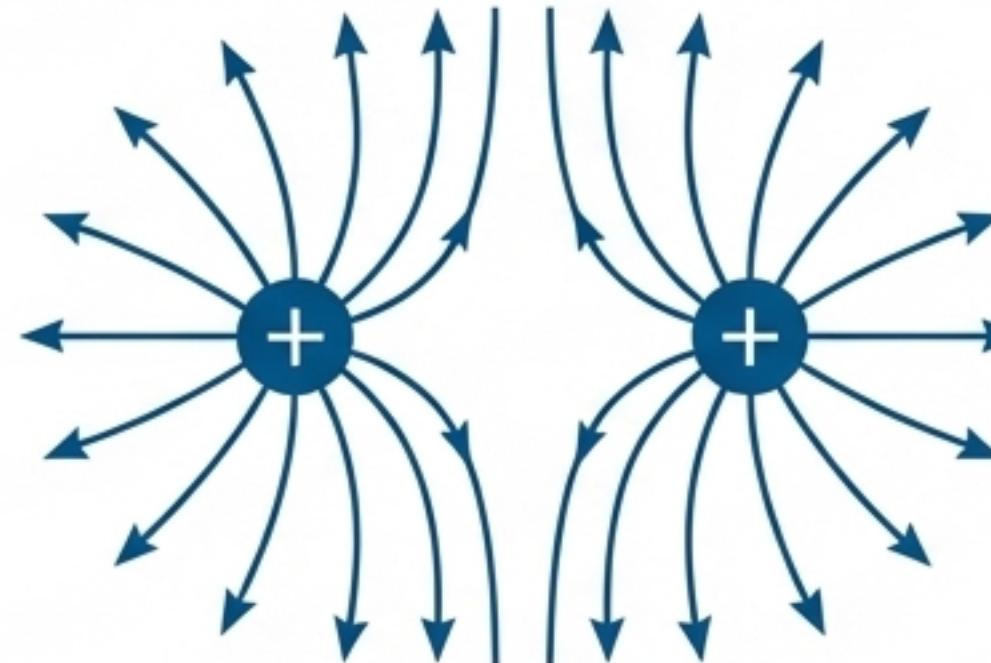
Đường sức điện là những đường được vẽ trong điện trường sao cho tiếp tuyến tại bất kỳ điểm nào trên đường cũng trùng với phương của vectơ cường độ điện trường tại điểm đó.



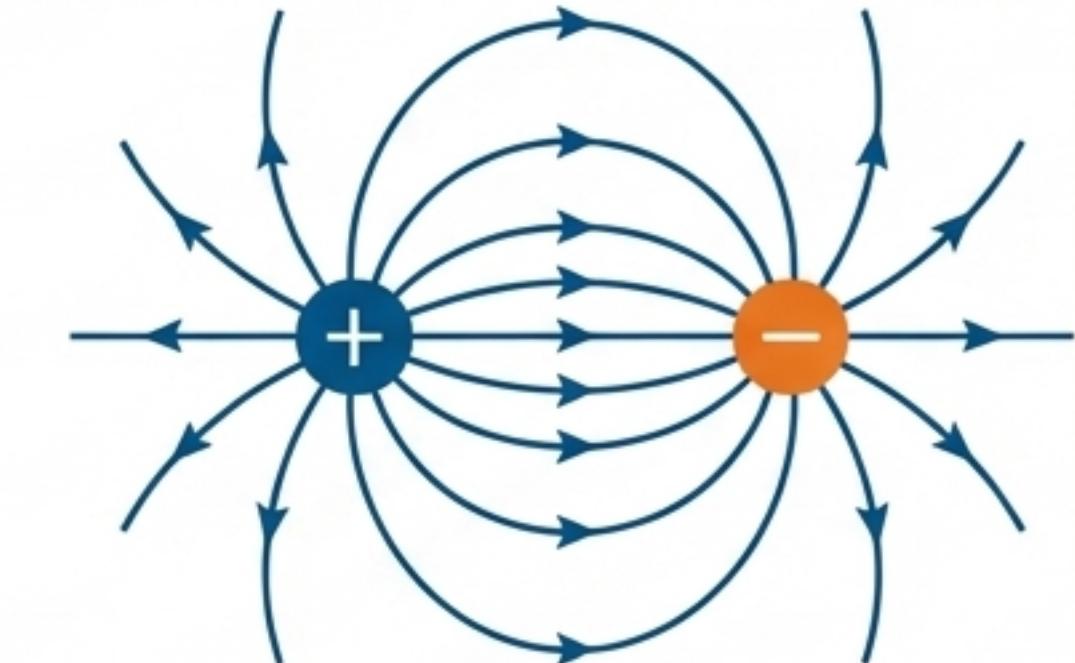
Ngôn ngữ của các đường sức điện



(a) Điện trường của một điện tích dương



(b) Điện trường của hai điện tích dương



(c) Điện trường của một lưỡng cực điện

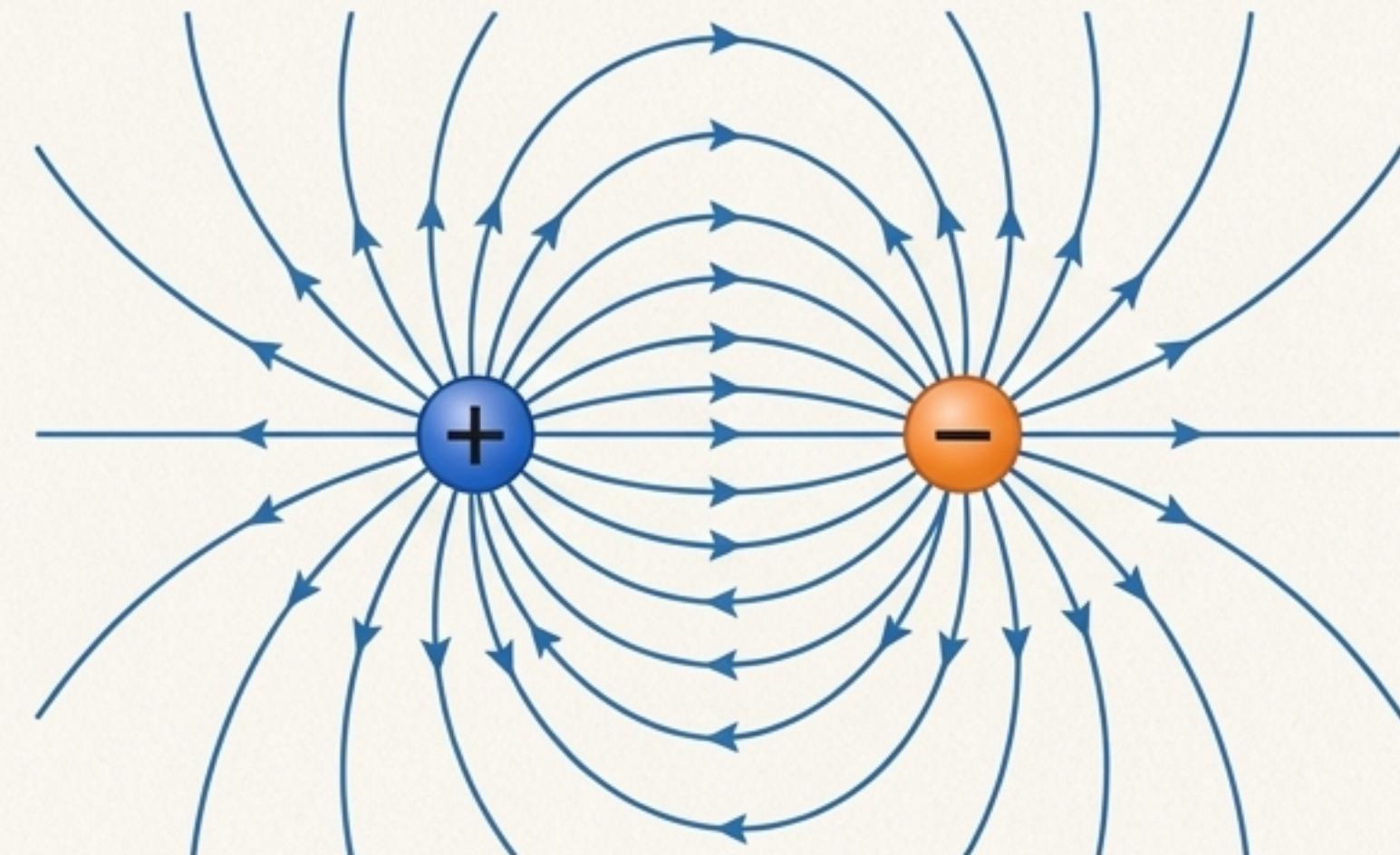
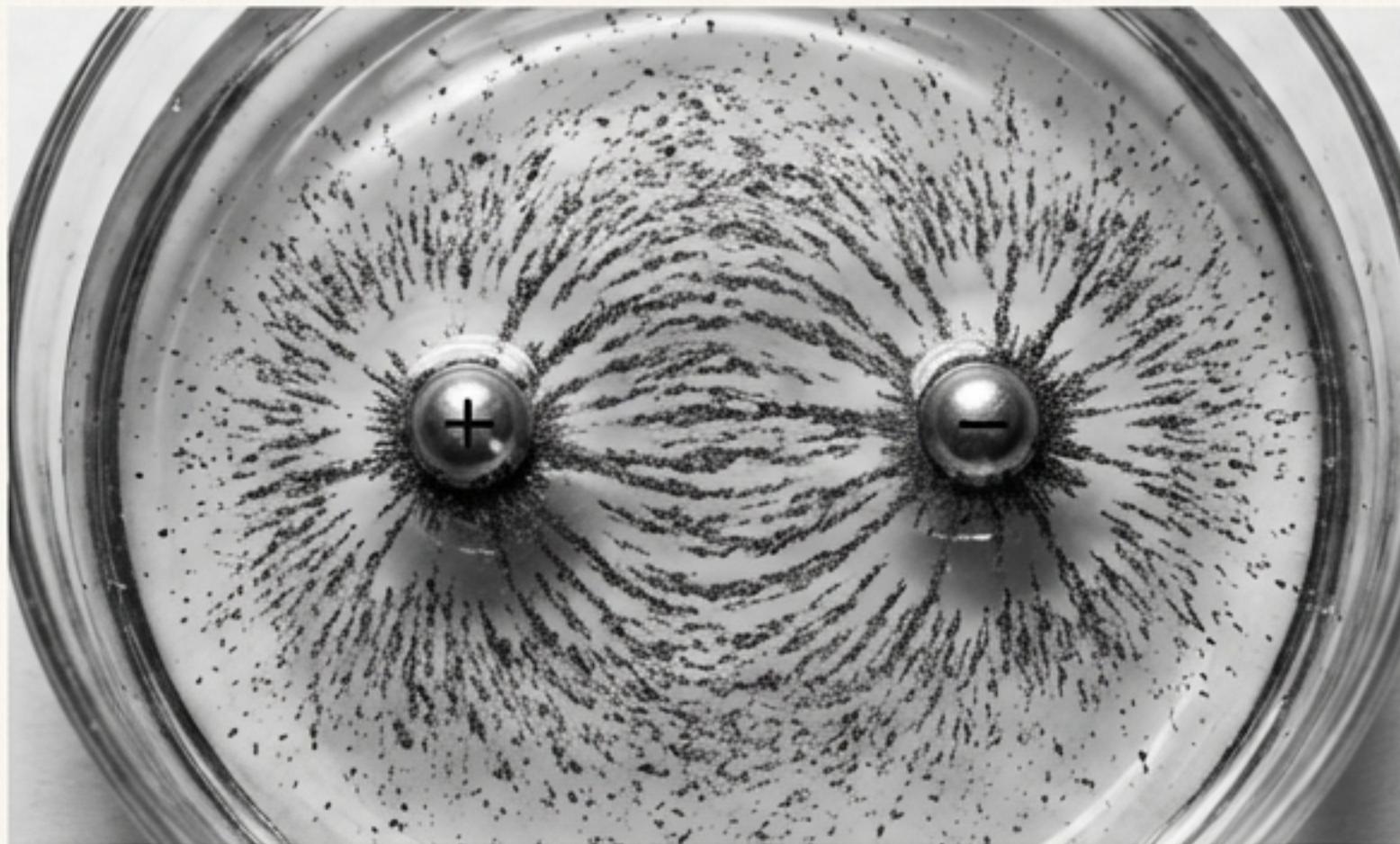
- Các đường sức điện không bao giờ cắt nhau.
- Nơi nào cường độ điện trường lớn hơn, các đường sức điện ở đó được vẽ mau (dày) hơn.
- Các đường sức điện là những đường cong có hướng. Hướng của đường sức tại một điểm là hướng của vectơ cường độ điện trường tại điểm đó.

Từ lý thuyết đến thực nghiệm: Điện phô

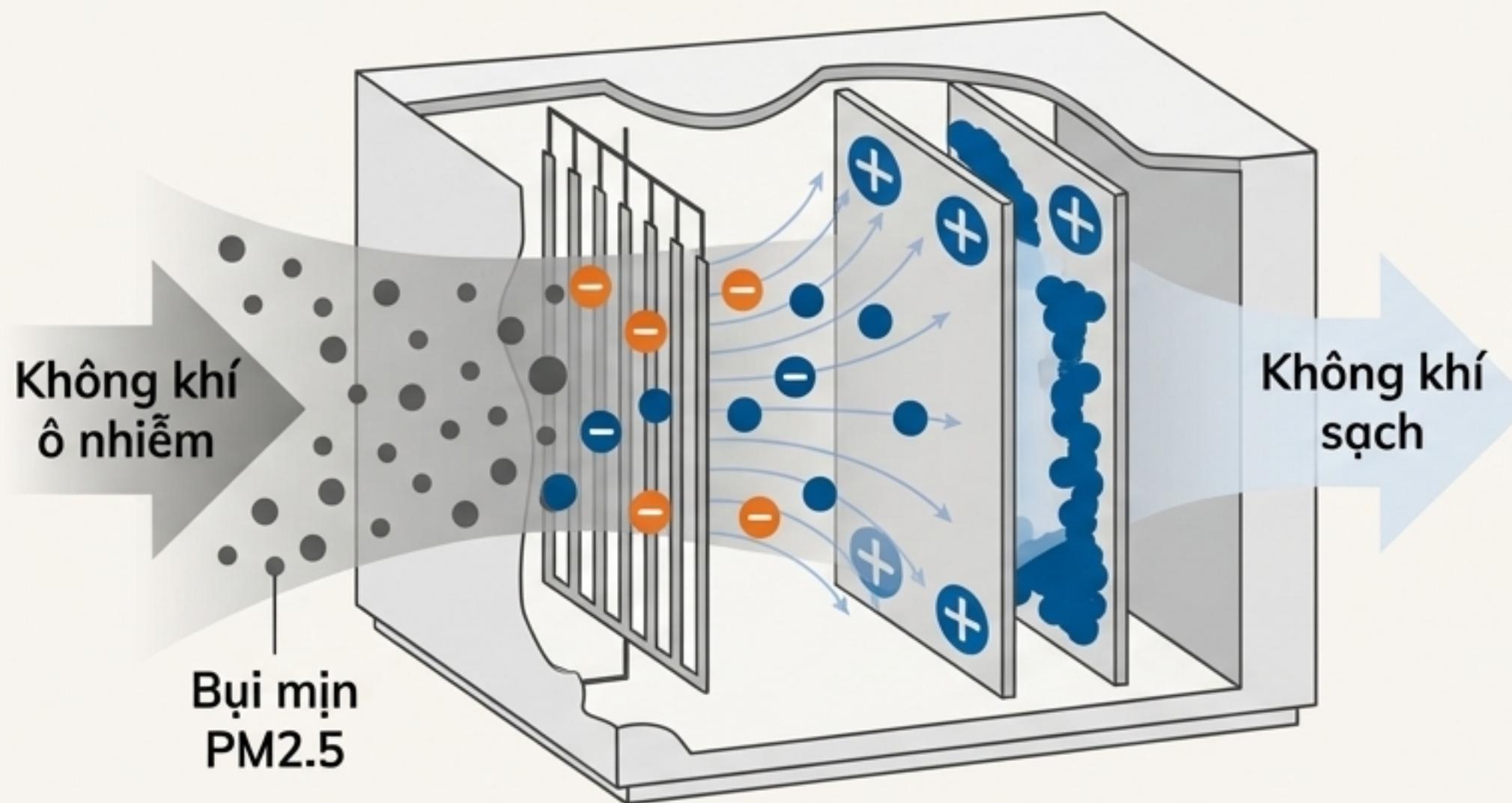
Hình ảnh trực quan của các đường sức điện có thể được quan sát trong thí nghiệm.

Khi rắc các hạt cách điện nhỏ (như mạt cưa) vào một chất lỏng cách điện (như dầu) có chứa các vật tích điện, các hạt này sẽ sắp xếp dọc theo các đường sức điện.

Hình ảnh tạo thành được gọi là **điện phô**.



Ứng dụng thực tiễn: Lọc bụi tĩnh điện



- Một trong những ứng dụng quan trọng của **điện trường** là trong công nghệ **lọc bụi tĩnh điện**, giúp giảm ô nhiễm không khí.
- Các hạt bụi mịn, như PM2.5, được cho đi qua một điện trường mạnh.
- Trong điện trường, các hạt bụi bị tích điện. Lực **điện** sau đó sẽ hút các hạt bụi này vào các **bản cực**, làm sạch luồng không khí đi ra.
- Hiểu biết về điện trường giúp chúng ta giải quyết các vấn đề thực tiễn, bảo vệ sức khỏe và môi trường.