

# Tại sao đèn lại sáng ngay lập tức?

Một cuộc hành trình vào bên trong sợi dây tóc, khám phá bí mật của dòng điện.



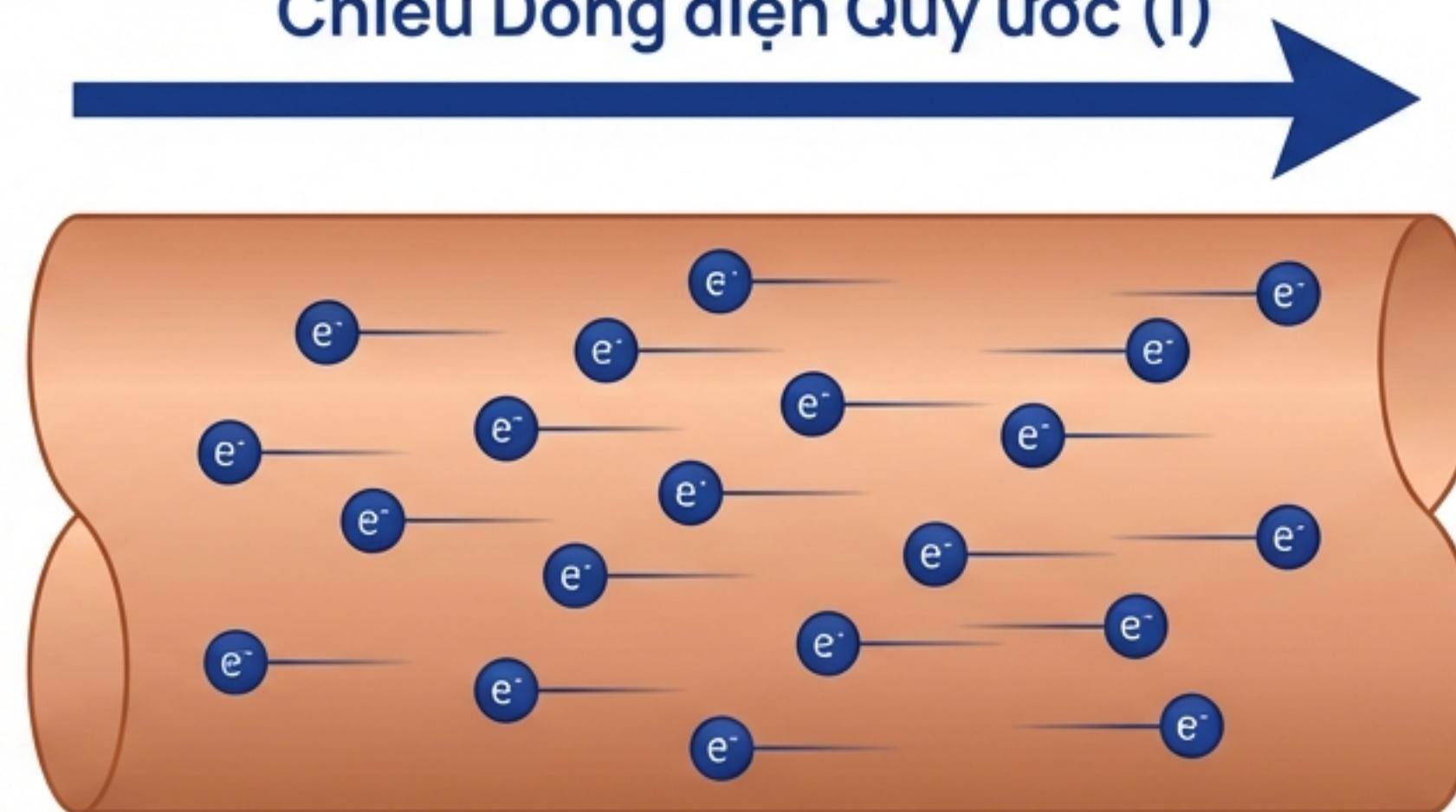
Khi ta bật công tắc, bóng đèn sáng lên gần như tức thì. Điều này có vẻ hiển nhiên, nhưng bên trong dây dẫn, các hạt mang điện liệu có di chuyển với vận tốc ánh sáng không? Sự thật phức tạp và thú vị hơn nhiều.

# Dòng chảy tạo nên ánh sáng.

Dòng điện là dòng dịch chuyển có hướng của các điện tích.

- \* Trong kim loại, các hạt tải điện là các electron tự do.
- \* Chiều dòng điện được quy ước là chiều dịch chuyển của các điện tích dương. Điều này có nghĩa là nó ngược với chiều dịch chuyển của các electron (điện tích âm).

## Chiều Dòng điện Quy ước (I)



**"Dòng điện là dòng dịch chuyển có hướng của các điện tích."**

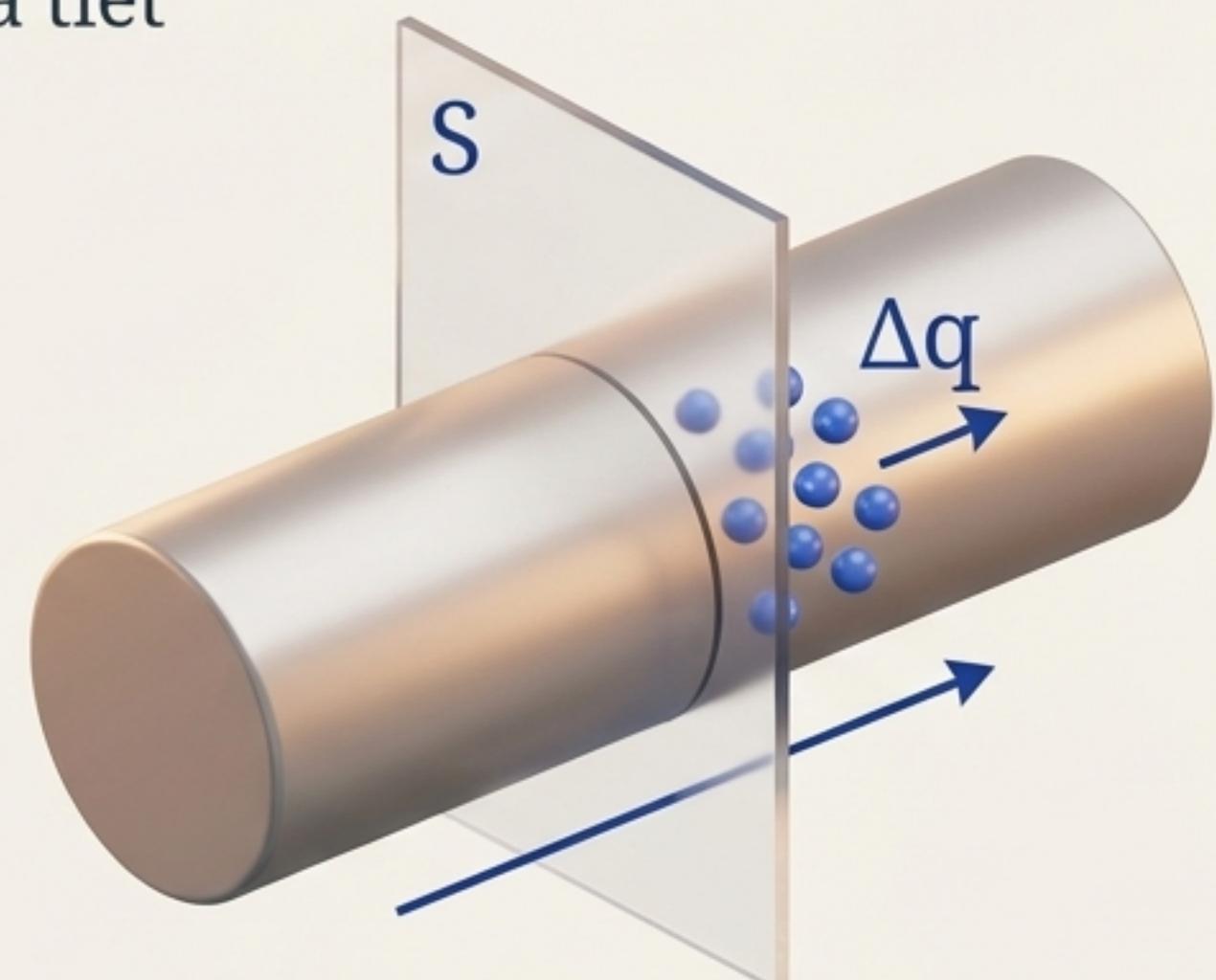
# Đo lường dòng chảy: Cường độ Dòng điện

Để mô tả sự mạnh yếu của dòng điện, ta dùng величина cường độ dòng điện ( $I$ ). Nó đặc trưng cho lượng điện tích dịch chuyển qua tiết diện thẳng của vật dẫn trong một đơn vị thời gian.

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$$

Trong đó:

- $\Delta q$ : là lượng điện tích dịch chuyển qua tiết diện  $S$ .
- $\Delta t$ : là khoảng thời gian dịch chuyển.



trong thời gian  $\Delta t$

# Đơn vị của Cường độ Dòng điện: Ampere (A)

Trong hệ SI, đơn vị của cường độ dòng điện là ampe, kí hiệu là A.

Từ công thức  $I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$ , ta định nghĩa đơn vị của điện tích, culông (coulomb), kí hiệu là C.

**Định nghĩa:** 1 culông (1 C) là điện lượng dịch chuyển qua tiết diện thẳng của dây dẫn trong 1 giây khi có dòng điện không đổi cường độ 1 ampe chạy qua.

$$1 \text{ C} = 1 \text{ A} \cdot 1 \text{ s}$$

Thông tin bổ sung: Điện tích của một electron là  $e \approx -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ .

# Một ví dụ thực tế: Dòng điện 5A trong 4 phút

## Bài toán

Một dòng điện không đổi 5 A chạy qua một dây dẫn bằng đồng.

- Xác định điện lượng dịch chuyển qua một tiết diện thẳng của dây dẫn trong 4 phút.
- Tính số electron đã dịch chuyển.

## Lời giải

a) Điện lượng dịch chuyển:

$$\Delta t = 4 \text{ phút} = 240 \text{ s}$$

$$q = I \cdot t = 5 \cdot 240 = \mathbf{1200 \text{ C}}$$

b) Số electron dịch chuyển:

$$n = \frac{q}{|e|} = \frac{1200}{1,6 \cdot 10^{-19}} = \mathbf{7,5 \cdot 10^{21} \text{ hạt}}$$

Kết luận: Một dòng điện thông thường liên quan đến sự dịch chuyển của một số lượng electron khổng lồ.

## Câu hỏi mẫu chốt: Các electron di chuyển nhanh đến mức nào?

Chúng ta biết rằng một số lượng electron khổng lồ đang di chuyển. Và chúng ta biết đèn sáng lên gần như tức thì.

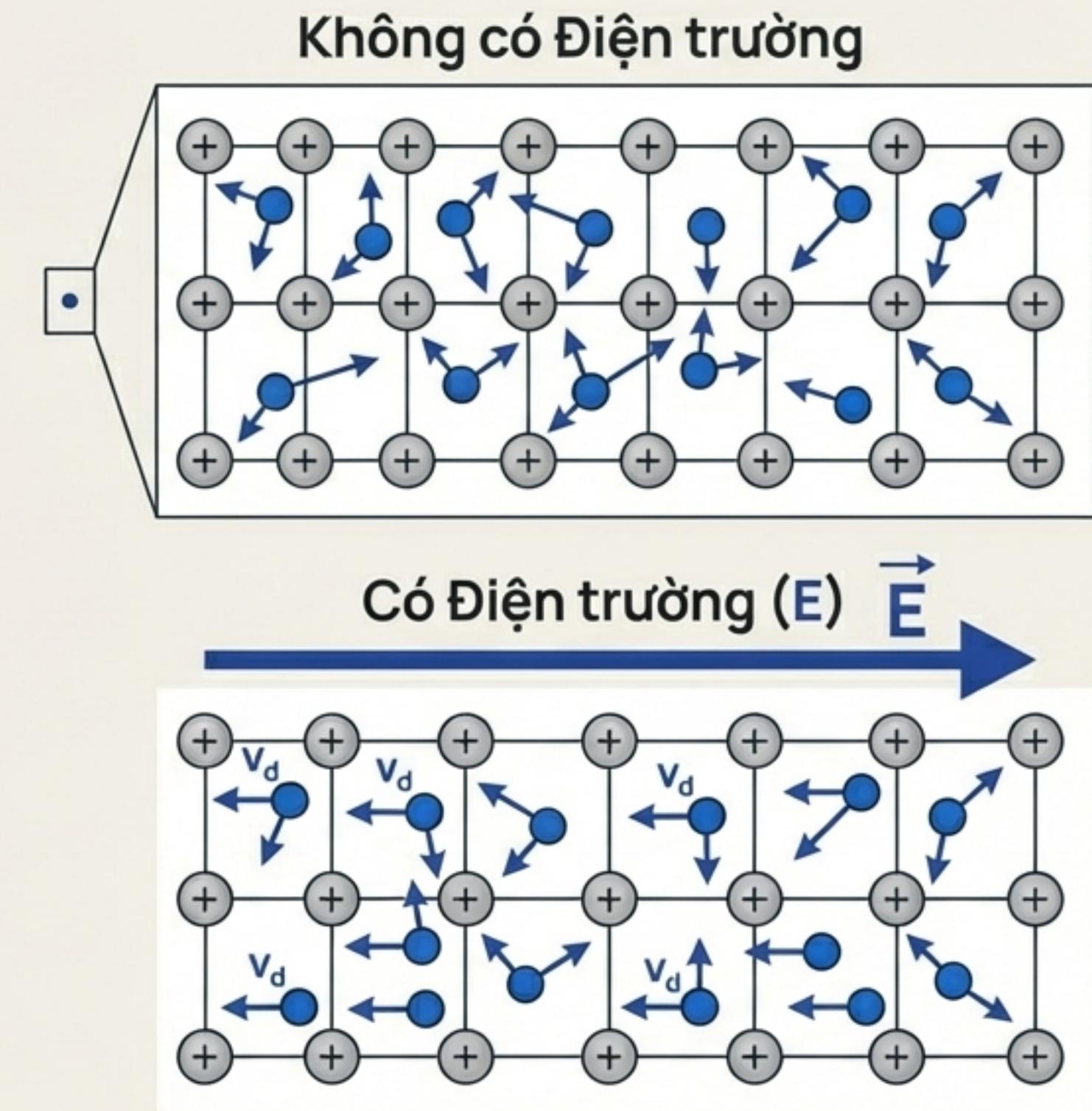
Vậy, vận tốc của một electron riêng lẻ bên trong dây dẫn là bao nhiêu?

Liệu nó có gần bằng vận tốc ánh sáng không?

# Vận tốc trôi: Động nhảy châm rãi của các electron

Khi không có điện trường ngoài, các electron trong kim loại chuyển động nhiệt hỗn loạn với vận tốc rất lớn (khoảng  $10^6$  m/s) nhưng không theo hướng ưu tiên nào.

Khi có điện trường ngoài, các electron có thêm một thành phần vận tốc nhỏ, dịch chuyển ngược chiều điện trường.



Chuyển động có hướng này của các hạt tải điện được gọi là chuyển động trôi. Vận tốc trung bình của chuyển động trôi này được gọi là **vận tốc trôi (v)**.

# Xây dựng mô hình tính toán

## Vận tốc trôi

Xét một đoạn dây dẫn có mật độ hạt tải điện là  $n$ , diện tích tiết diện thẳng là  $S$ , và điện tích của mỗi hạt tải điện là  $q$ .

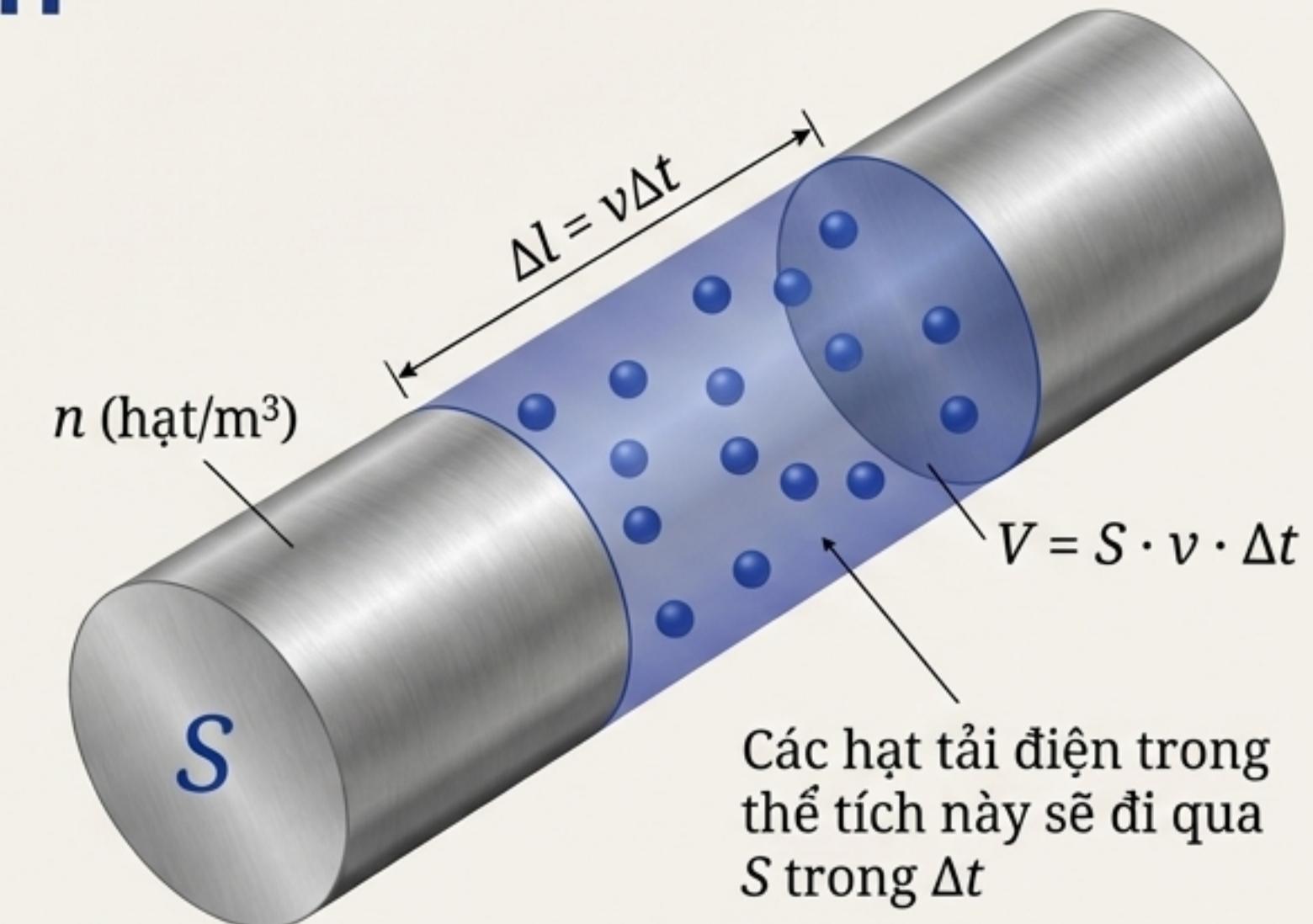
Trong khoảng thời gian  $\Delta t$ , các điện tích đi được quãng đường  $\Delta l = v\Delta t$ .

Toàn bộ điện tích  $\Delta q$  trong thể tích  $S\Delta l$  sẽ đi qua tiết diện  $S$ .

$$\Delta q = (n \cdot S \cdot v \cdot \Delta t) \cdot |q|$$

Từ đó, ta có mối liên hệ giữa cường độ dòng điện  $I$  và vận tốc trôi  $v$ :

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t} = nS|q|v$$



# Tính toán thực tế: Vận tốc trôi trong dây đồng

## Bài toán

Dòng điện không đổi  $I = 1,3$  A chạy trong một dây dẫn bằng đồng có đường kính tiết diện  $d = 1,8$  mm.

## Các thông số cho Đồng (Cu)

Khối lượng riêng:  
 $\rho = 9 \text{ tấn/m}^3 = 9 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$

Khối lượng mol:  $M = 64 \text{ g/mol}$

Giả sử mỗi nguyên tử đồng đóng góp một electron tự do.

## Công thức tính toán

$$\text{Vận tốc trôi: } v = \frac{I}{nSe}$$

$$\text{Mật độ electron: } n = \frac{N_A \rho}{A}$$

(với A là khối lượng mol nguyên tử)

$$\text{Diện tích tiết diện: } S = \frac{\pi d^2}{4}$$

# Kết quả bất ngờ

Sau khi thay các số liệu vào công thức:

- $I = 1.3 \text{ A}$
- $n \approx 8.5 \cdot 10^{28} \text{ hạt/m}^3$  (tính từ các thông số của đồng)
- $S \approx 2.54 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$
- $e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

$$v \approx 0.04 \times 10^{-3} \text{ m/s}$$

$$v \approx 0.04 \text{ mm/s}$$

Bình luận: Nhanh hơn một con sên một chút.

# Nghịch lý được hé lộ



Nếu mỗi electron chỉ  
di chuyển với vận tốc  
**0.04 mm mỗi giây**,  
tại sao đèn ở đầu kia  
**của căn phòng** lại  
sáng lên **ngay** khi ta  
bật công tắc?



# Lời giải: Tín hiệu, không phải hạt tải điện

- Câu trả lời không nằm ở tốc độ của các electron, mà ở tốc độ lan truyền của **điện trường** trong dây dẫn.
- Khi công tắc được bật, một điện trường được thiết lập và lan truyền trong mạch với tốc độ gần bằng tốc độ ánh sáng ( $c \approx 3 \cdot 10^8$  m/s).
- Điện trường này tác dụng lực lên *tất cả* các electron tự do trong dây dẫn *cùng một lúc*.

**Kết luận:** Chính sự lan truyền gần như tức thời của điện trường đã "ra lệnh" cho các electron trên khắp dây dẫn bắt đầu chuyển động trôi, tạo ra dòng điện.

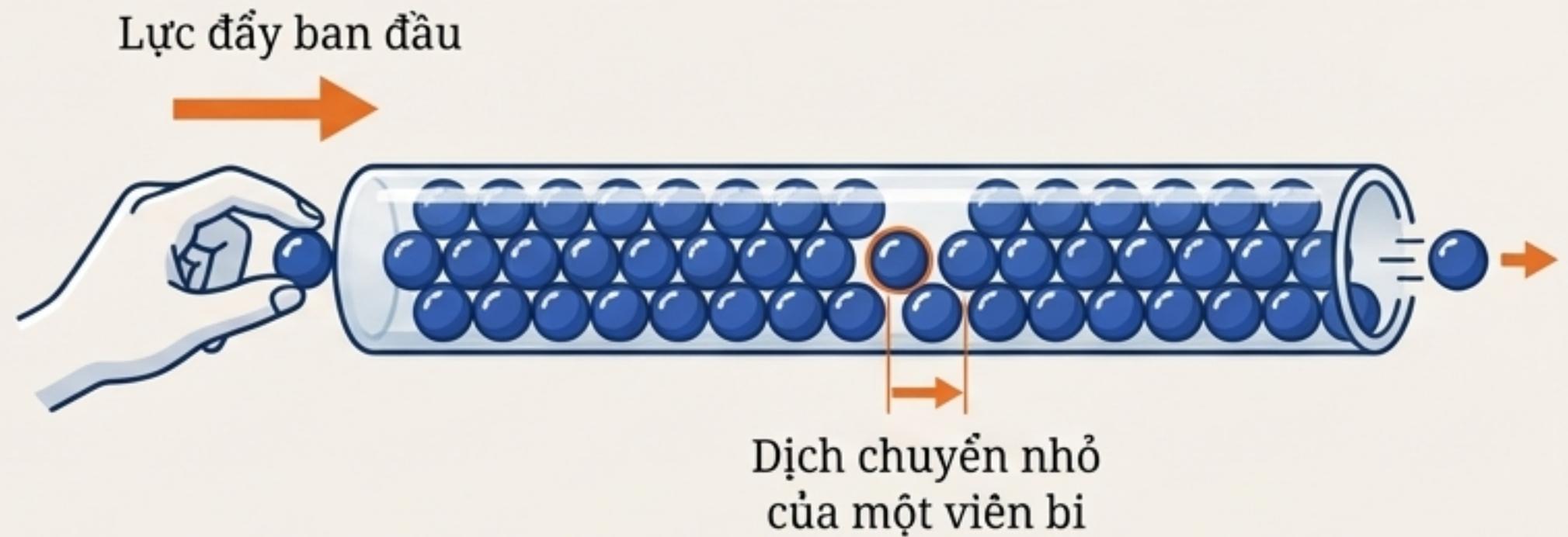
# Một phép ẩn dụ: Ống chứa đầy bi

Hãy tưởng tượng một ống dài đã được lấp đầy bởi các viên bi.

- Khi bạn đẩy một viên bi vào ở đầu này, một viên bi ở đầu kia sẽ bật ra gần như ngay lập tức.
- Tín hiệu (lực đẩy) lan truyền rất nhanh qua các viên bi.
- Tuy nhiên, mỗi viên bi riêng lẻ chỉ dịch chuyển một đoạn rất nhỏ.

## Áp dụng:

- **Viên bi**  $\leftrightarrow$  Electron
- **Ống**  $\leftrightarrow$  Dây dẫn
- **Lực đẩy ban đầu**  $\leftrightarrow$  Điện trường



# Từ Vĩ mô đến Vi mô: Tổng kết câu chuyện



## Dòng điện (I) - Cái ta thấy và đo lường

Là thước đo vĩ mô của dòng chảy điện tích, tính bằng Ampere.

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$$



## Vận tốc trôi (v) - Cái thực sự xảy ra

Là tốc độ dịch chuyển cực kỳ chậm của các electron riêng lẻ.

$$v = \frac{I}{nS|q|}$$

## Điện trường (E) - Cầu nối vô hình

Tín hiệu lan truyền với tốc độ ánh sáng, khởi động dòng chảy trên toàn bộ dây dẫn gần gũi như tức thời.

Năng lượng của dòng điện không nằm  
ở tốc độ của các hạt tải điện, mà ở sự  
lan truyền tức thời của trường lực  
điều khiển chúng.

Lần tới khi bạn bật đèn, hãy nhớ đến điều nhảy chậm rãi của hàng tỷ tý  
electron, được điều khiển bởi một mệnh lệnh vô hình và nhanh như ánh sáng.