

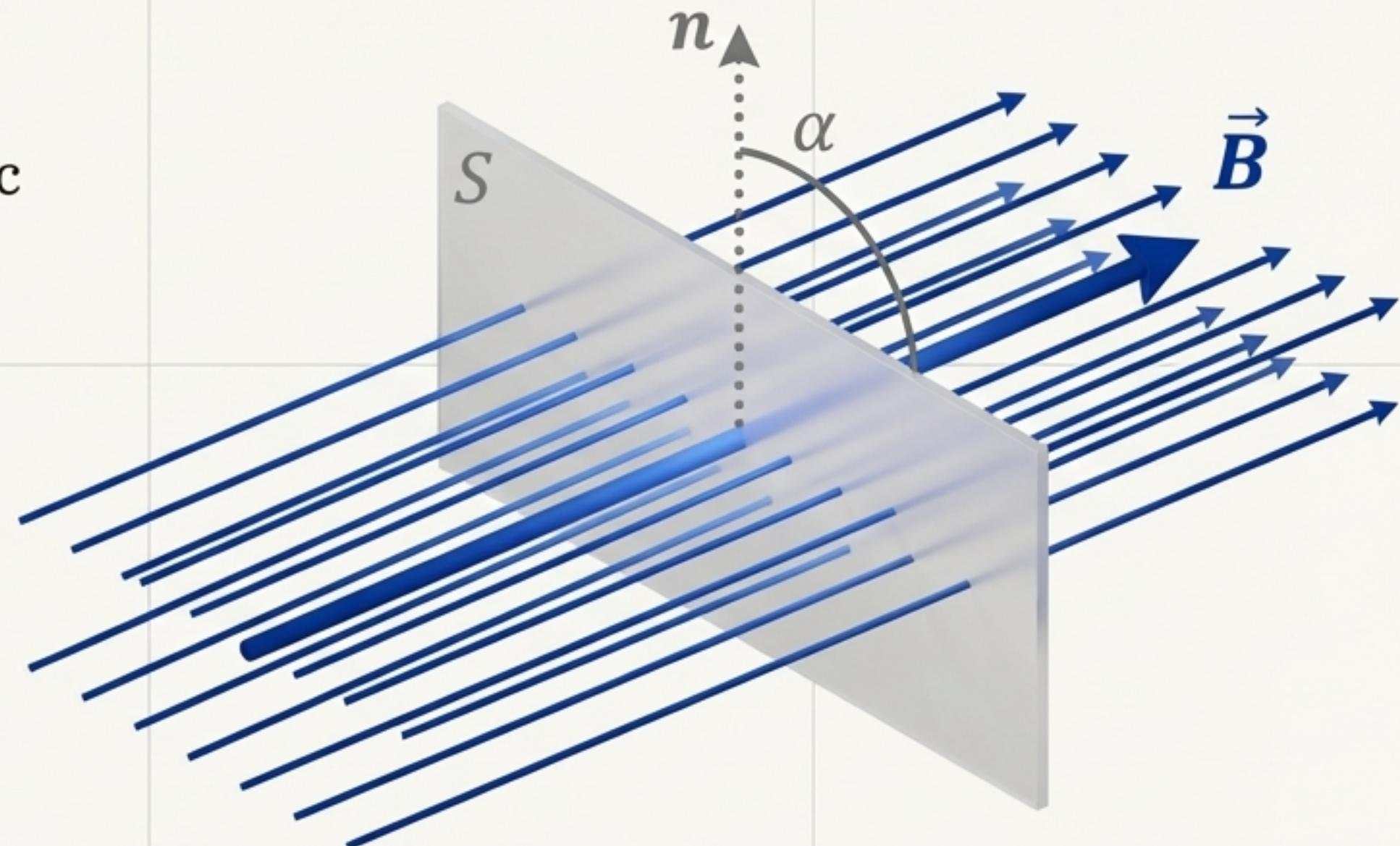


Một Lực Lượng Vô Hình Đang Vận Hành Thế Giới Của Chúng Ta  
**Làm thế nào một chiếc chảo có thể nóng lên mà không cần  
lửa hay dây nhiệt? Nguyên lý đằng sau bếp từ là gì?**

Để trả lời câu hỏi này, chúng ta cần khám phá một trong những nguyên lý nền tảng nhất của vật lý: Hiện tượng Cảm ứng Điện từ. Đây là câu chuyện về cách một từ trường biến đổi có thể tạo ra điện.

# Bước 1: Đo Lường Cái Vô Hình - Từ Thông

Từ thông là một đại lượng vật lý đo lường ‘lượng’ đường sức từ xuyên qua một diện tích nhất định. Hãy hình dung nó như việc ‘bắt giữ’ dòng chảy của từ trường.

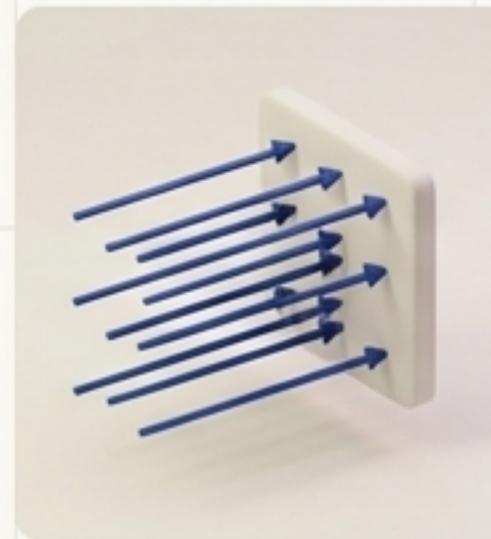


**Từ thông ( $\Phi$ ):** Đặc trưng cho số đường sức từ xuyên qua một diện tích S.

**Đơn vị (Unit):** Weber (Wb), trong đó 1 Wb = 1 T.m<sup>2</sup>.

# Công Thức Của Từ Thông

$$\Phi = B S \cos(\alpha)$$



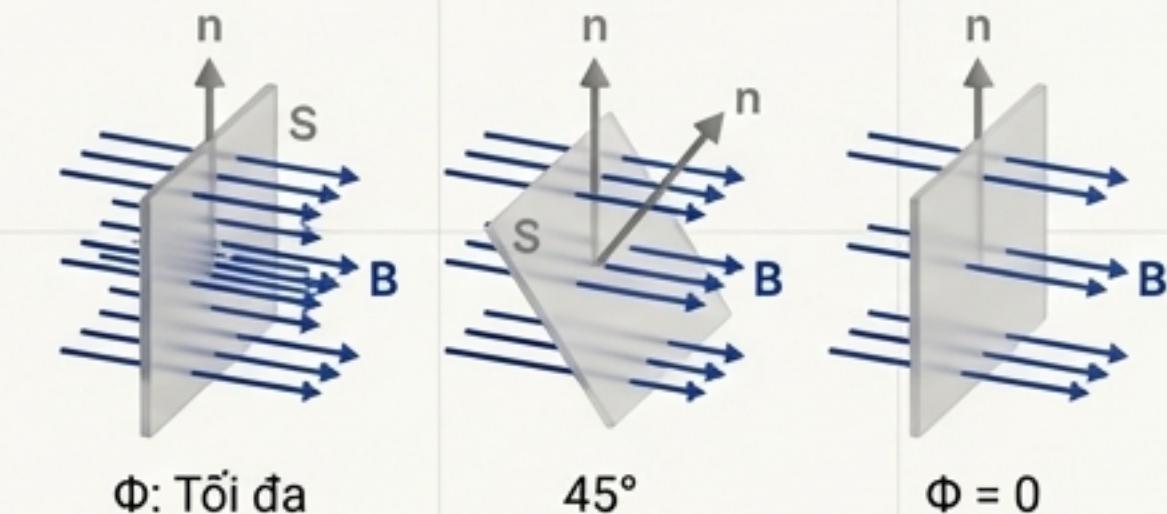
**B (Cảm ứng từ - Magnetic Induction)**

Độ mạnh của từ trường. Càng nhiều đường sức từ trong một khu vực, **B** càng lớn.



**S (Diện tích - Area)**

Diện tích của mặt phẳng mà từ trường đi qua. Khung dây càng lớn, "lưới" bắt từ thông càng lớn.

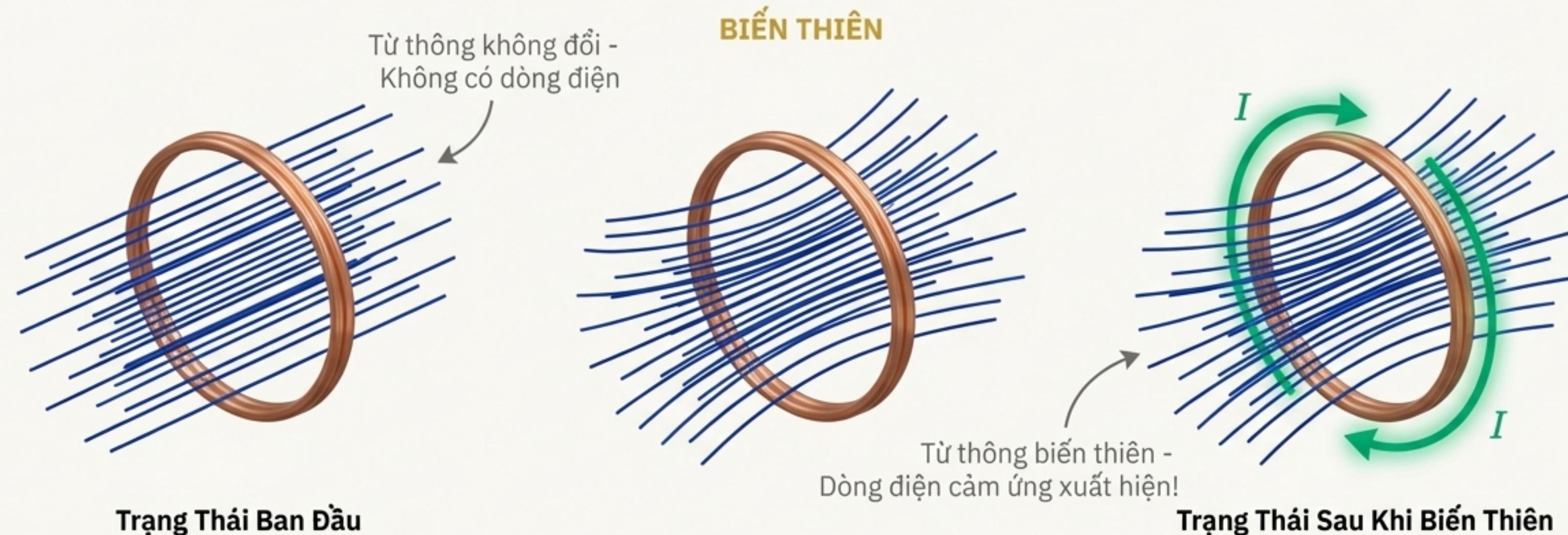


**a (Góc - Angle)**

Góc hợp bởi vector cảm ứng từ **B** và vector pháp tuyến **n**. Khi các đường sức vuông góc với mặt phẳng ( $\alpha = 0^\circ$ ), từ thông là lớn nhất. Khi chúng song song ( $\alpha = 90^\circ$ ), từ thông bằng không.

# Chuyển Động Tạo Ra Dòng Điện: Hiện Tượng Cảm Ứng Điện Từ

Năm 1831, Michael Faraday đã khám phá ra rằng **một từ trường không tự tạo ra dòng điện**. Chỉ có một **từ trường đang biến đổi** mới làm được điều đó.

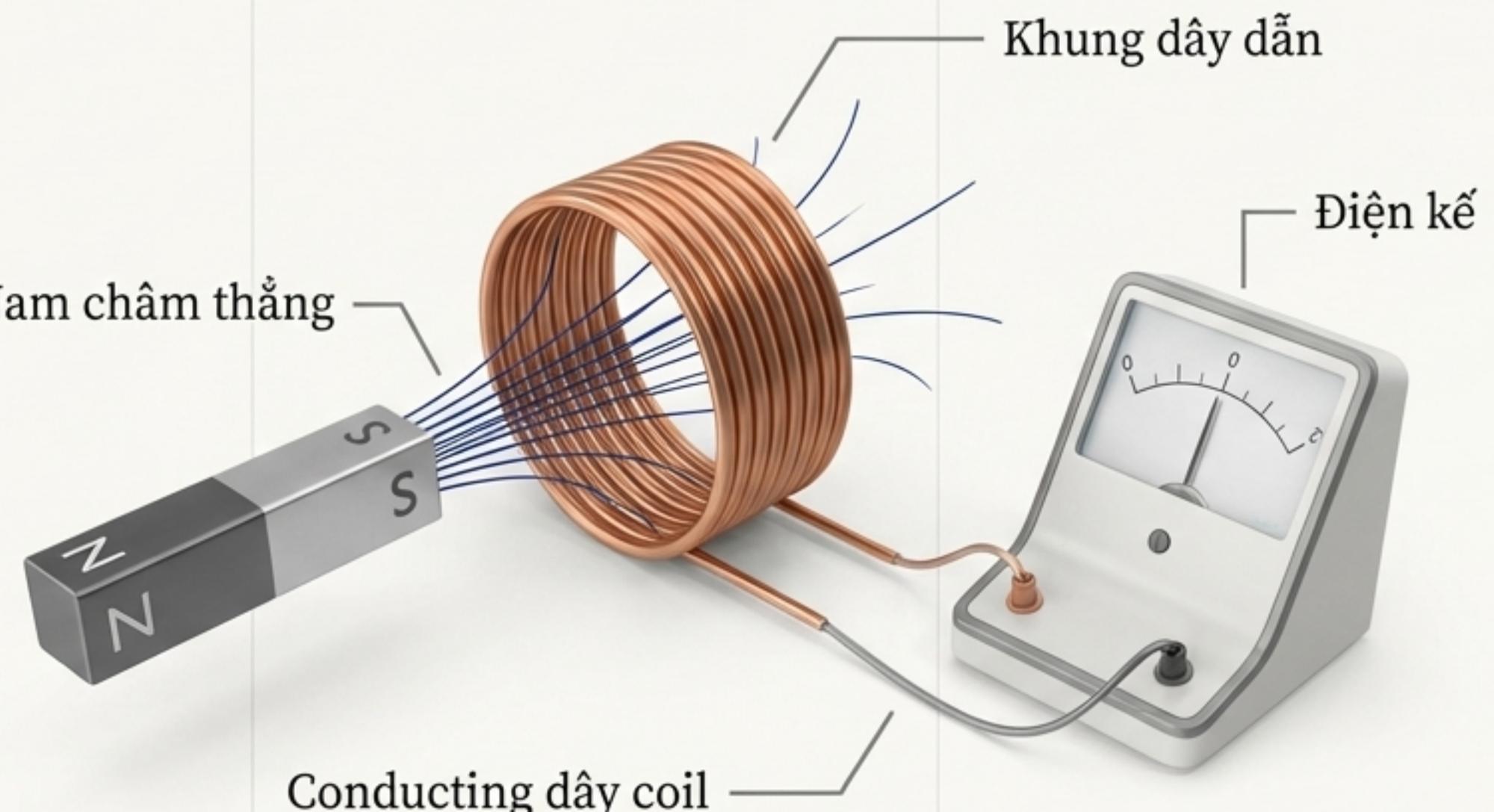


Khi từ thông ( $\Phi$ ) qua một mạch điện kín thay đổi theo thời gian, một dòng điện sẽ xuất hiện trong mạch đó. Dòng điện này được gọi là **dòng điện cảm ứng**.

# Thí Nghiệm Của Faraday: Bằng Chứng Không Thể Chối Cãi

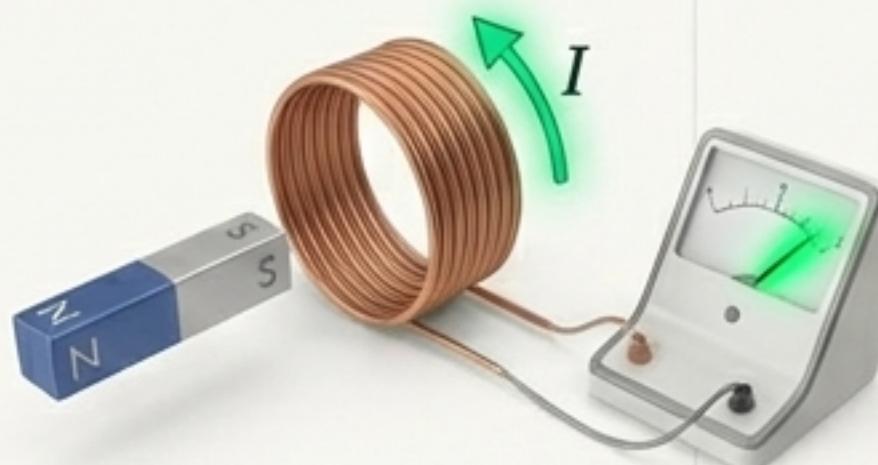
## Tiến hành thí nghiệm

1. Đưa một đầu nam châm lại gần khung dây. Quan sát kim điện kế.
2. Giữ nam châm đứng yên. Quan sát kim điện kế.
3. Đưa nam châm ra xa khung dây. Quan sát kim điện kế.



# Kết Quả Thí Nghiệm: Sự Biến Thiện Là Chìa Khóa

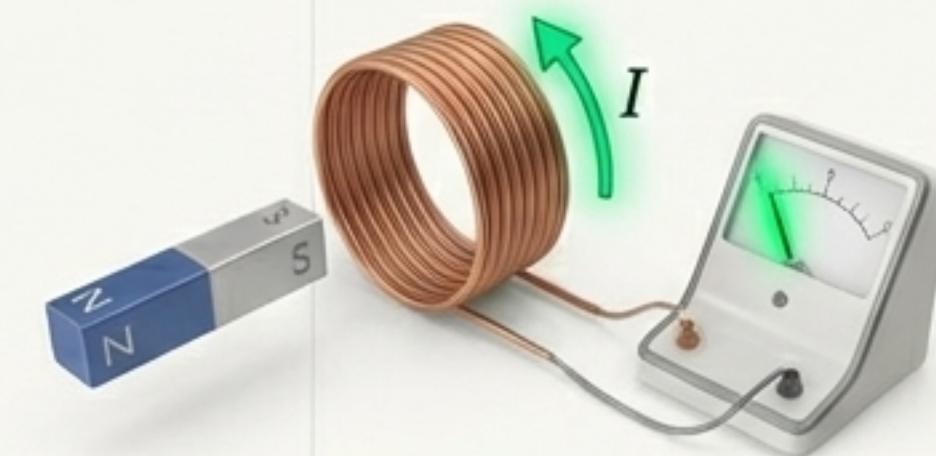
Move Closer



Stationary



Move Away



Khi nam châm di chuyển lại gần hoặc ra xa khung dây, kim điện kế bị lệch → **Có dòng điện trong mạch.**

Khi nam châm đứng yên, kim điện kế ở vạch số 0  
→ **Không có dòng điện.**

Chiều của dòng điện khi đưa nam châm lại gần **ngược với chiều** khi đưa ra xa.

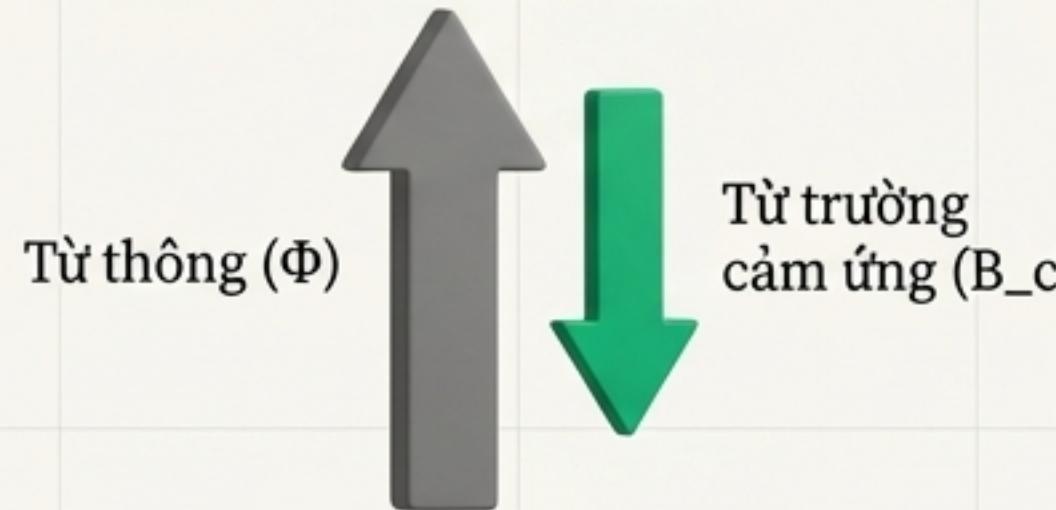
**Dòng điện cảm ứng chỉ tồn tại trong khoảng thời gian từ thông qua mạch kín biến thiên.**

# Định Luật Lenz: Tự Nhiên Luôn Chống Lại Sự Thay Đổi

Dòng điện cảm ứng xuất hiện trong mạch kín có chiều sao cho từ trường cảm ứng do chính nó sinh ra có tác dụng chống lại sự biến thiên của từ thông ban đầu đã sinh ra nó.

Nói một cách đơn giản:

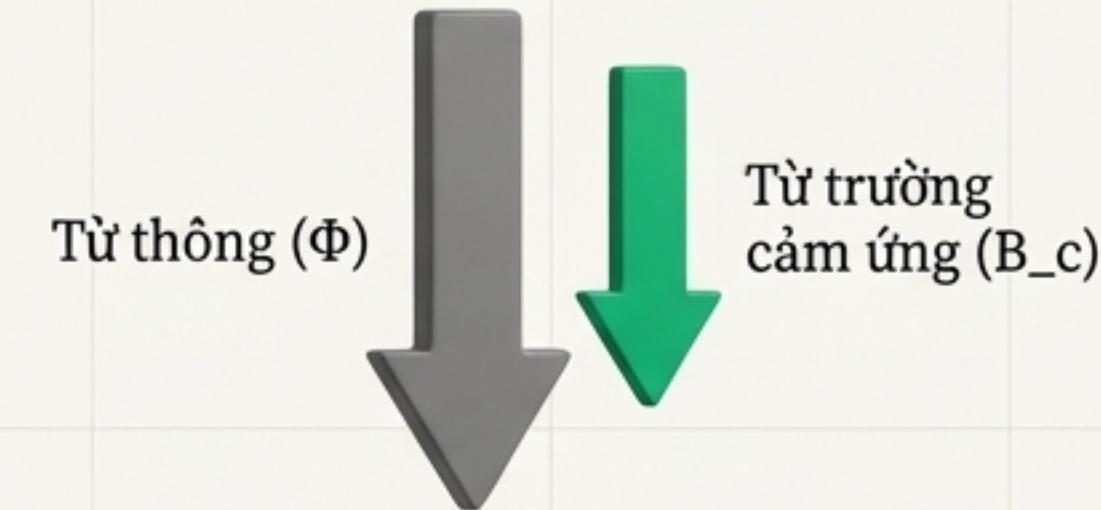
Flux Increasing



Source Serif Pro

Nếu từ thông **tăng**, dòng điện cảm ứng sẽ tạo ra một từ trường **ngược chiều** để cản trở sự tăng đó.

Flux Decreasing

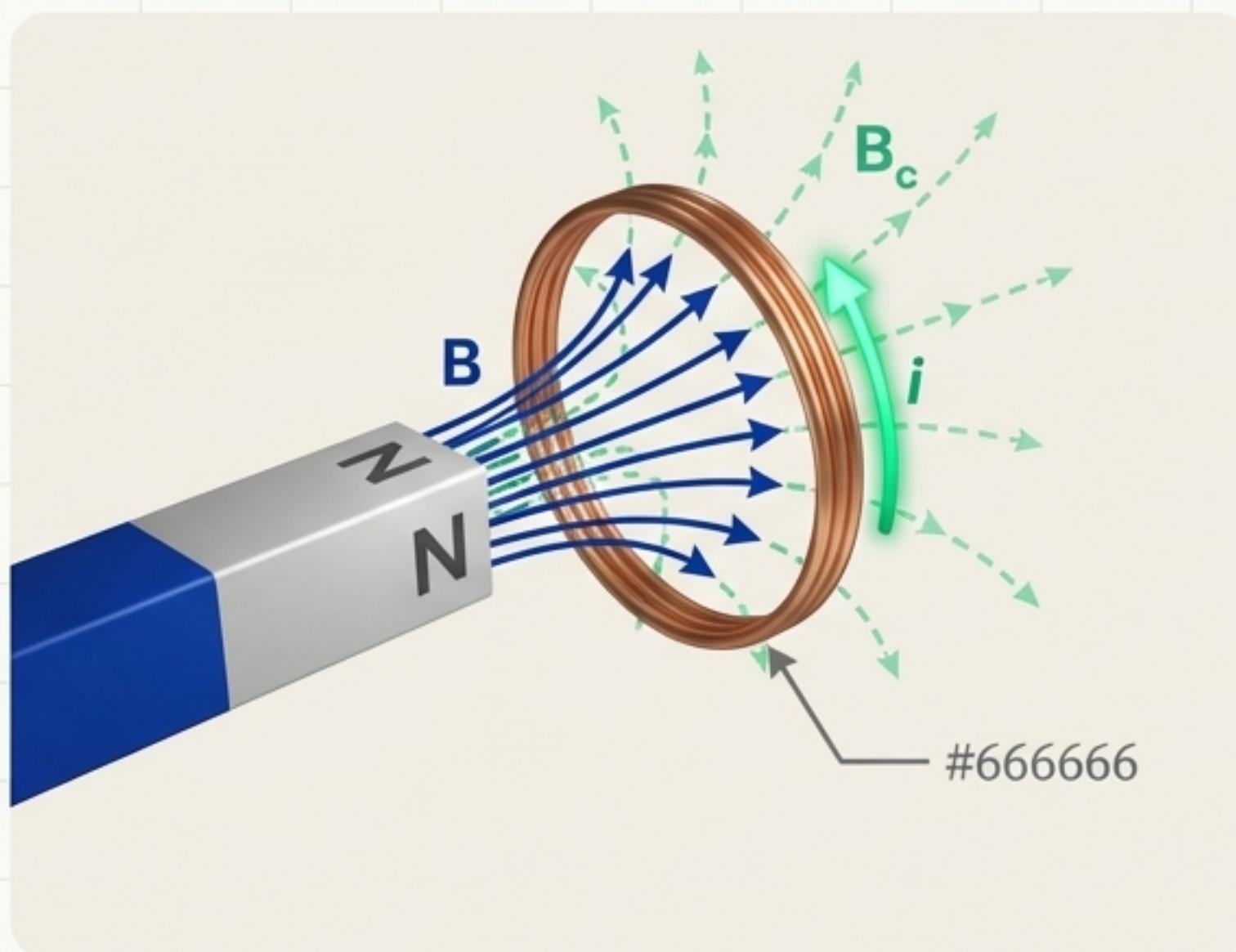


Source Serif Pro

Nếu từ thông **giảm**, dòng điện cảm ứng sẽ tạo ra một từ trường **cùng chiều** để chống lại sự giảm đó.

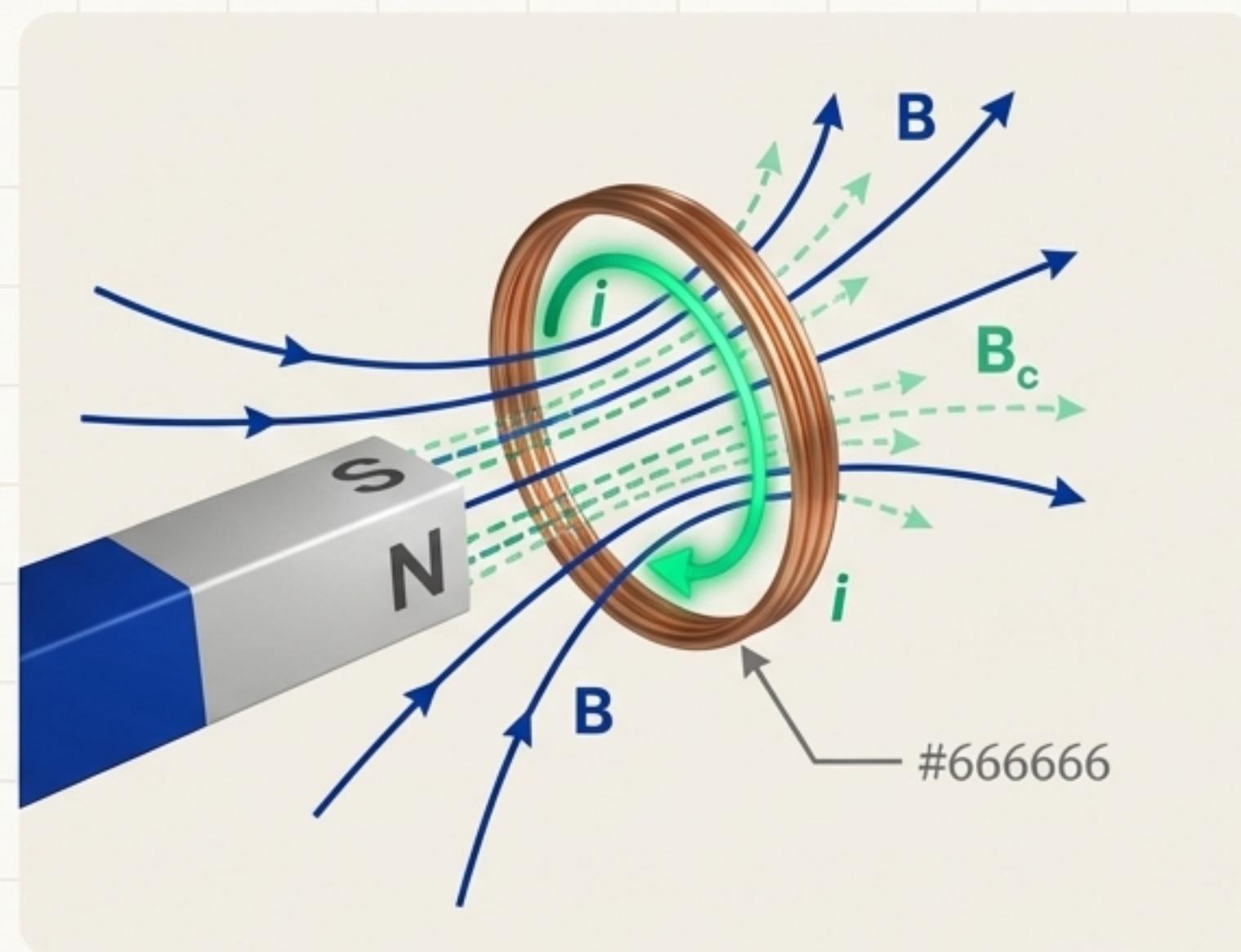
# Minh Họa Định Luật Lenz

Nam châm lại gần - Magnet Approaching



Từ thông qua khung dây **tăng**. Dòng điện cảm ứng ( $i$ ) sinh ra từ trường cảm ứng ( $B_c$ ) có chiều chống lại sự tăng này (tạo ra một cực N để “đẩy” nam châm ra).

Nam châm ra xa - Magnet Moving Away



Từ thông qua khung dây **giảm**. Dòng điện cảm ứng ( $i$ ) sinh ra từ trường cảm ứng ( $B_c$ ) có chiều chống lại sự giảm này (tạo ra một cực S để “kéo” nam châm lại).

# Định Luật Faraday: Tốc Độ Thay Đổi Càng Nhanh, Hiệu Quả Càng Lớn

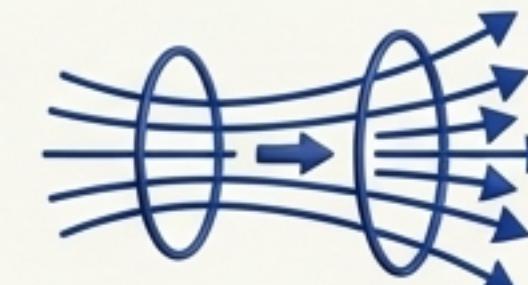
Độ lớn của suất điện động cảm ứng ( $e$ ) trong mạch kín tỉ lệ với tốc độ biến thiên của từ thông qua mạch đó.

$$|e| = |\Delta\Phi / \Delta t|$$

“Nguồn điện” tạo ra dòng điện cảm ứng, đo bằng Volt (V).



Lượng từ thông thay đổi.



Thời gian diễn ra sự thay đổi.



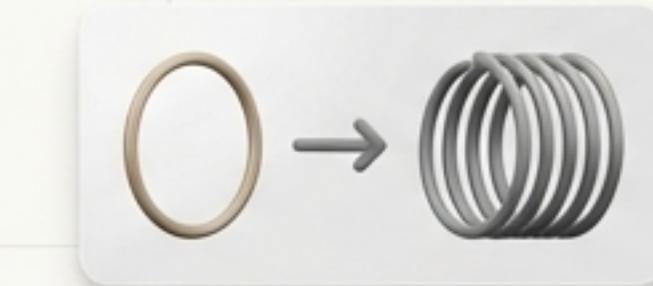
Để tạo ra suất điện động lớn, hãy làm cho từ thông thay đổi thật nhanh!

# Hợp Nhất Hai Định Luật

Nếu khung dây có N vòng, suất điện động cảm ứng sẽ được nhân lên N lần. Càng nhiều vòng dây, hiệu ứng càng mạnh.

$$e = -N \left( \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \right)$$

Phần này đại diện cho Định luật Lenz. Dấu trừ thể hiện sự **chống lại** sự biến thiên của từ thông.

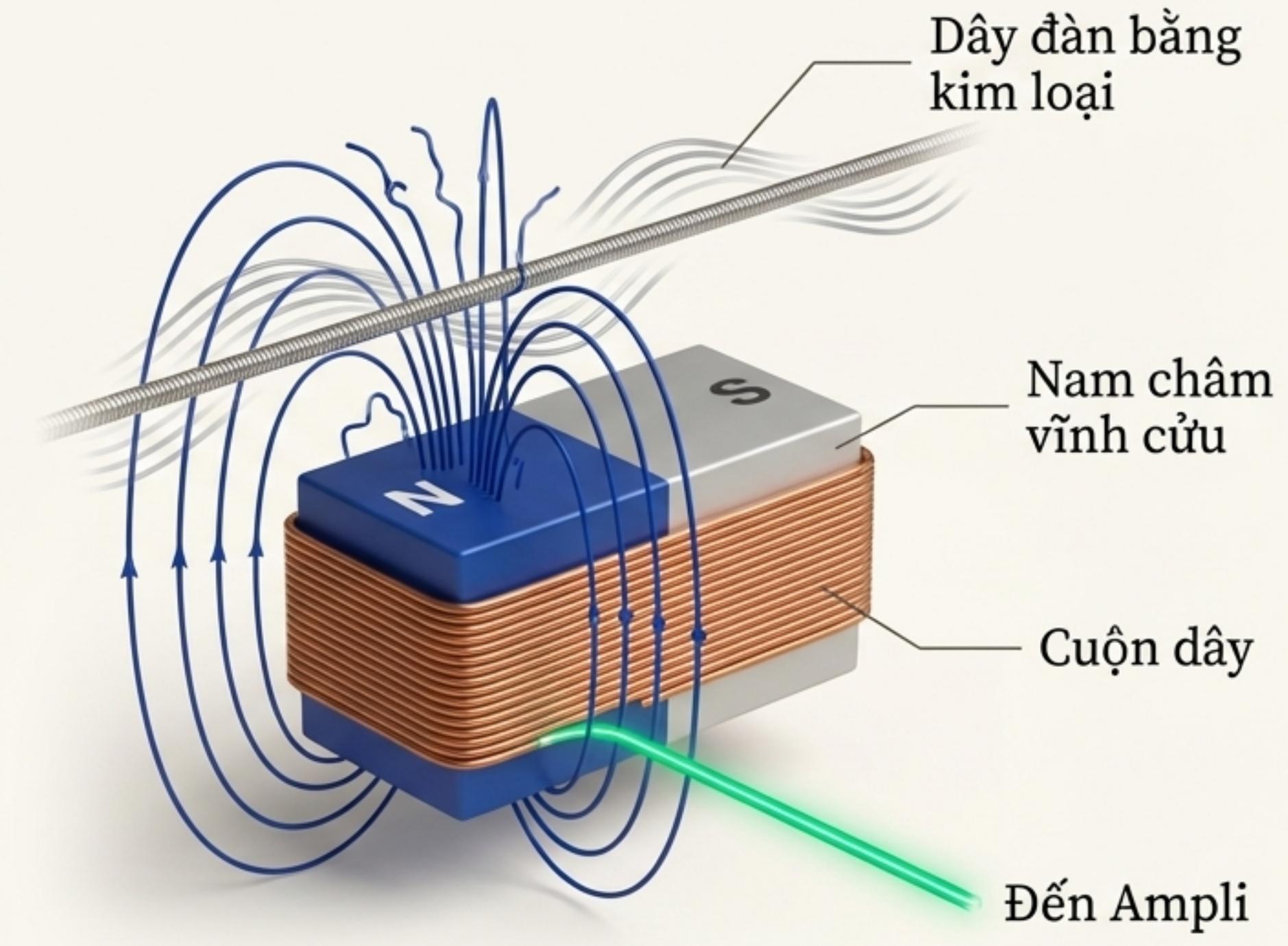


Phần này là Định luật Faraday, cho chúng ta biết **độ lớn** của suất điện động.

Phương trình này là một trong những cột trụ của vật lý điện từ, mô tả đầy đủ cả độ lớn và chiều của hiện tượng cảm ứng.

# Ứng Dụng 1: Âm Thanh Từ Từ Trường - Guitar Điện

1. Dây đàn kim loại dao động trong từ trường của nam châm.
2. Sự dao động này làm từ thông qua cuộn dây biến thiên theo đúng tần số của nốt nhạc.
3. Một suất điện động cảm ứng (tín hiệu điện) được tạo ra trong cuộn dây.
4. Tín hiệu này được khuếch đại và phát ra loa, tạo thành âm thanh chúng ta nghe được.



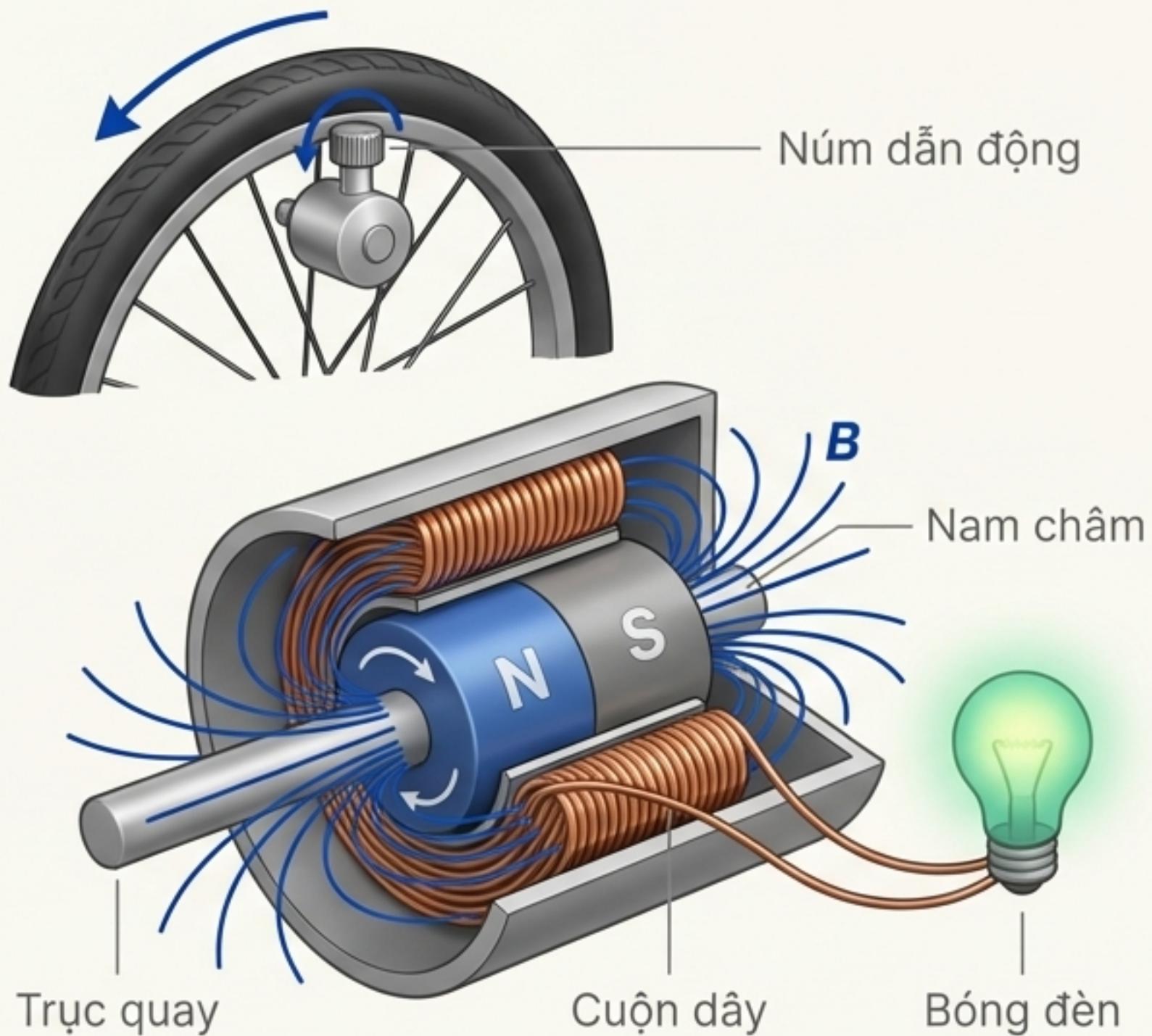
Dây đàn bằng  
kim loại

Nam châm  
vĩnh cửu

Cuộn dây

Đến Ampli

# Ứng Dụng 2: Biến Chuyển Động Thành Ánh Sáng - Dynamo Xe Đạp

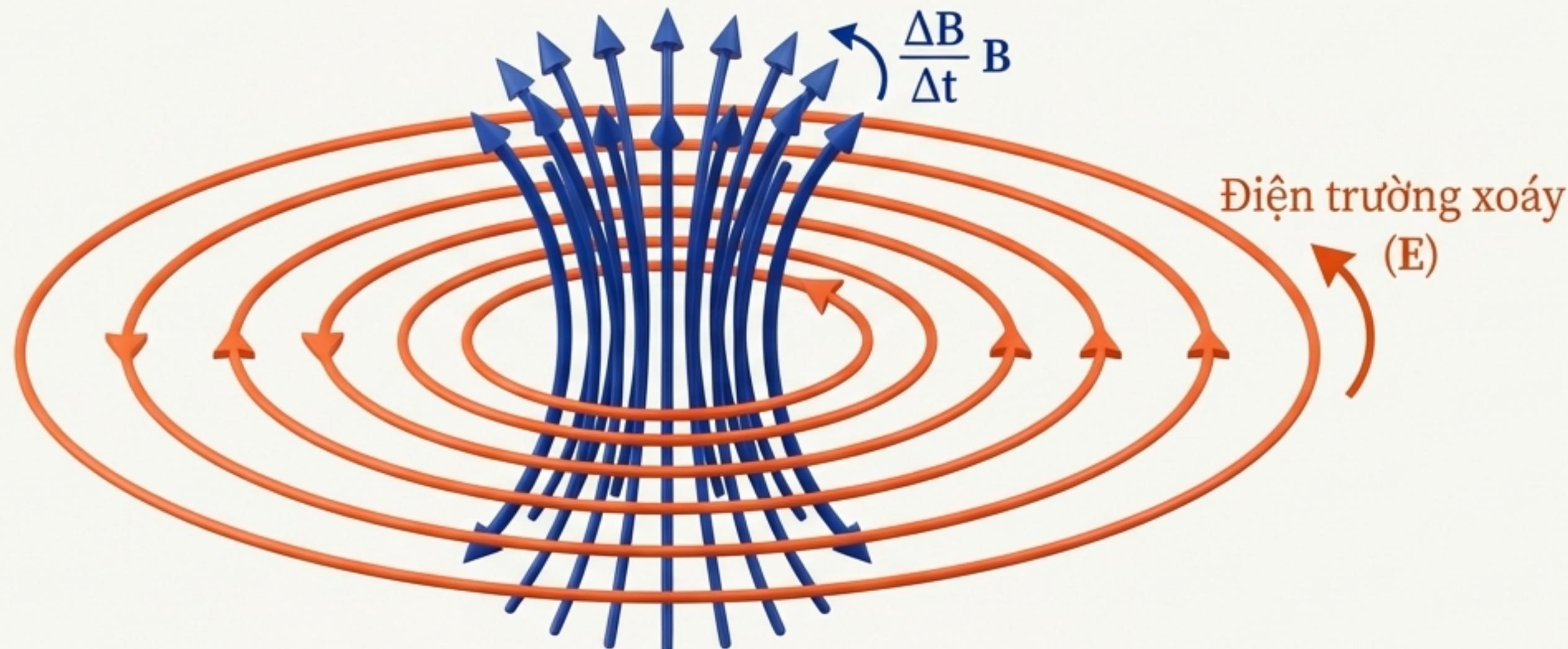


## How it Works

1. Khi bánh xe quay, núm dẫn động làm quay nam châm bên trong cuộn dây.
2. Sự quay liên tục của nam châm tạo ra sự biến thiên từ thông liên tục qua cuộn dây.
3. Một dòng điện cảm ứng xoay chiều được tạo ra, đủ để thắp sáng bóng đèn.
4. **Nguyên lý cốt lõi:** Chuyển hóa cơ năng (chuyển động quay) thành điện năng.

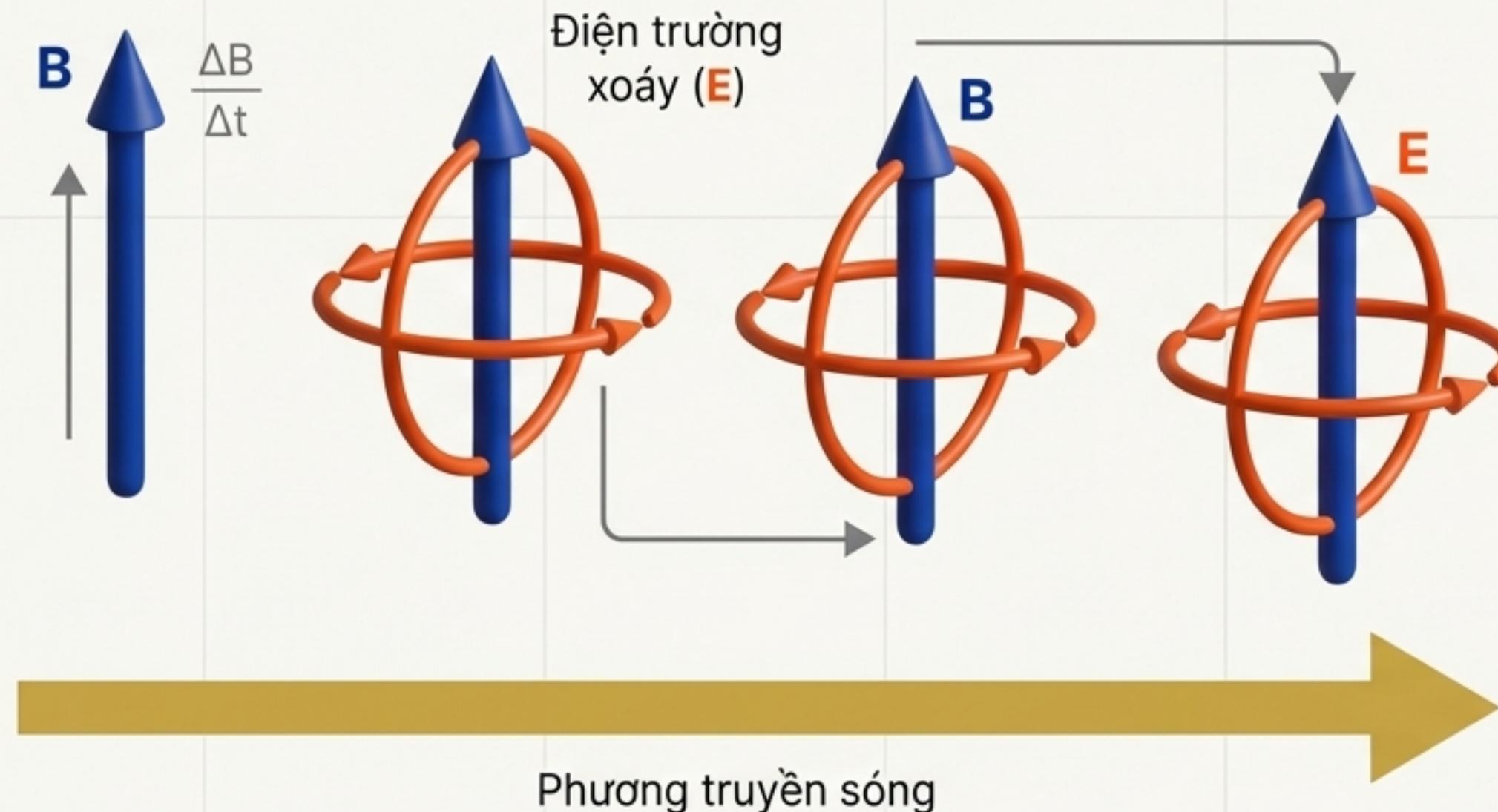
# Một Kết Nối Sâu Sắc Hơn: Điện Từ Trường

Hiện tượng cảm ứng điện từ cho thấy một sự thật sâu sắc hơn: không chỉ trong dây dẫn, mà ngay trong không gian xung quanh, một từ trường biến thiên theo thời gian sẽ sinh ra một **điện trường xoáy**.



Điện trường này khác với điện trường của điện tích đứng yên.  
Đường sức của nó là những đường cong khép kín.

# Hệ Quả Tối Thượng: Sự Lan Truyền Của Sóng Điện Từ



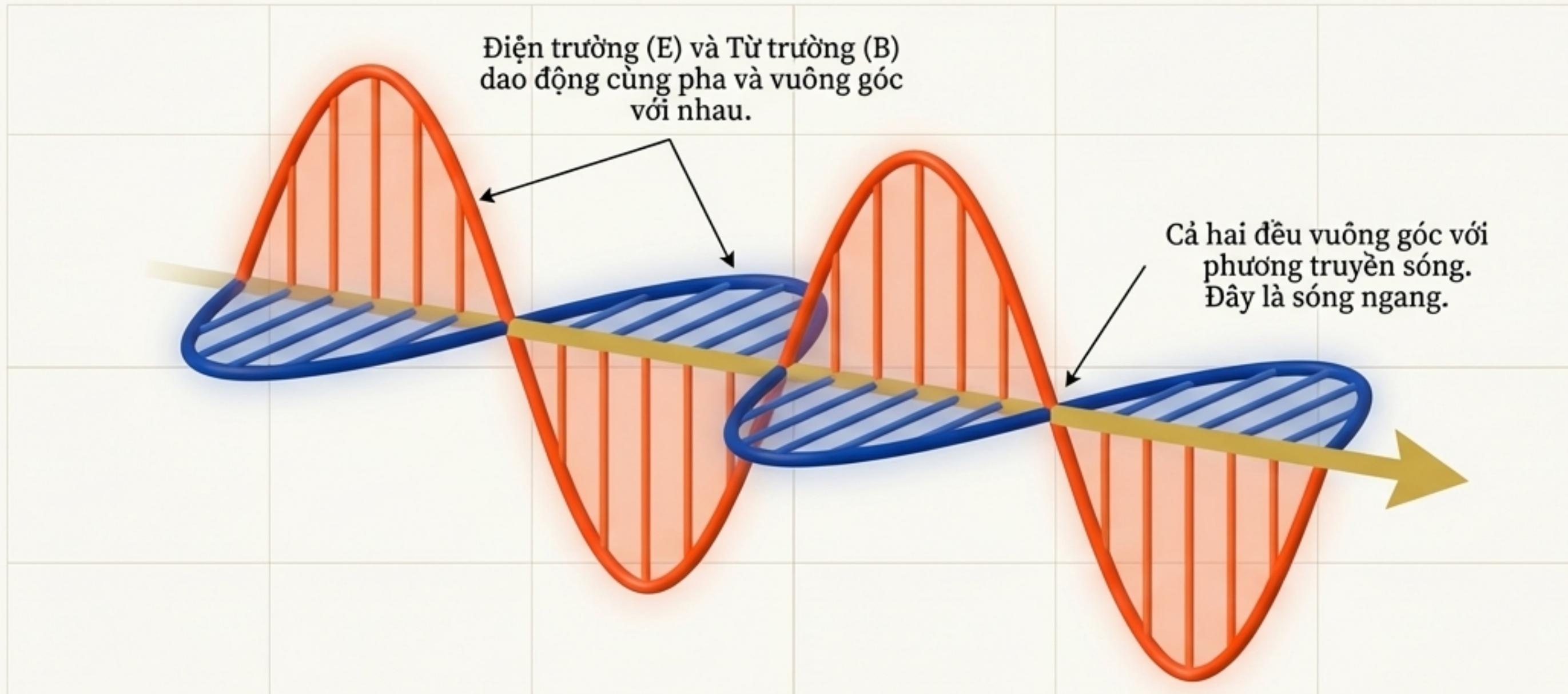
## The Reciprocal Relationship

James Clerk Maxwell đã tiên đoán và lý thuyết hóa rằng điều ngược lại cũng đúng: Một điện trường biến thiên theo thời gian sẽ sinh ra một từ trường biến thiên trong không gian xung quanh.

## The Birth of a Wave

Sự tương tác qua lại này—từ trường biến thiên tạo ra điện trường xoáy, rồi điện trường biến thiên lại tạo ra từ trường—tạo thành một quá trình tự duy trì, lan truyền trong không gian dưới dạng **sóng điện từ**.

# Từ Cuộn Dây Đến Vũ Trụ



Ánh sáng mà chúng ta nhìn thấy, sóng radio mang thông tin, và tia X trong y học—tất cả đều là sóng điện từ. Tất cả đều tuân theo cùng một nguyên lý cơ bản được khám phá bởi một nam châm và một cuộn dây. Hiện tượng cảm ứng điện từ không chỉ vận hành chiếc bếp từ, nó còn dệt nên tấm thảm của thực tại.