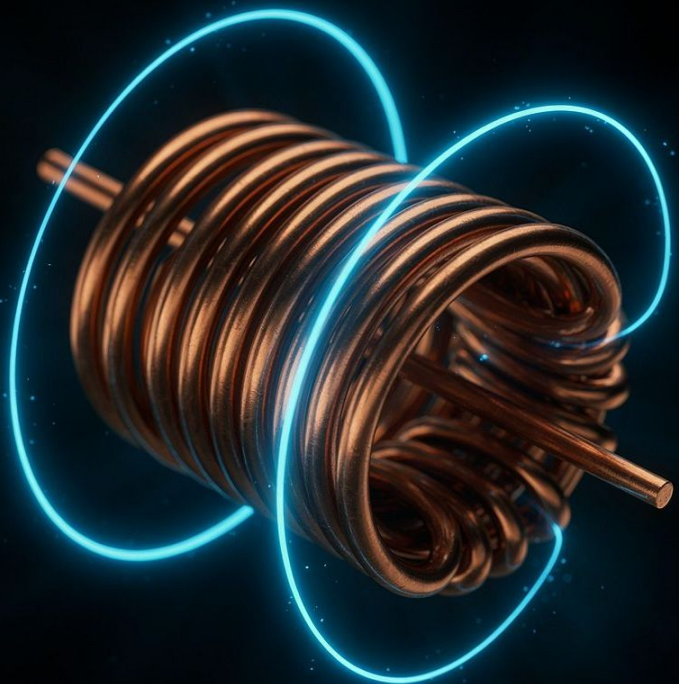




Guia de Eletromagnetismo para o Enem: Indução e Aplicações

Do campo magnético aos transformadores — tudo o que você precisa dominar sobre indução eletromagnética para o Enem, com fórmulas, exercícios e gabarito.

FÍSICA · ENEM

ELETROMAGNETISMO

Material exclusivo do Estuda ENEM

Campo e Fluxo Magnético: o que realmente atravessa a espira

Campo Magnético B

O campo magnético é caracterizado pelo vetor B , medido em Tesla (T). Ele descreve a intensidade e a direção das linhas de força em cada ponto do espaço ao redor de um ímã ou condutor com corrente.

Fluxo Magnético Φ_B

O fluxo magnético representa a quantidade de campo que efetivamente atravessa uma área A , levando em conta o ângulo α entre o vetor campo e a normal à superfície:

$$\Phi_B = B \cdot A \cdot \cos \alpha$$

A área efetiva é $A_{ef} = A \cdot \cos \alpha$. Quando o campo é perpendicular à área ($\alpha = 0^\circ$), o fluxo é máximo. Quando é paralelo ($\alpha = 90^\circ$), o fluxo é nulo. A unidade é o **Weber (Wb)**.

O "Gatilho" da Indução: variação de fluxo (não basta ter ímã)

Um erro clássico no Enem é imaginar que a simples presença de um ímã próximo a uma bobina já gera corrente. **Não é assim.** O que provoca a indução é a **variação do fluxo magnético no tempo** — se o fluxo é constante, não há fem, não há corrente.

Ímã Parado

Fluxo constante $\rightarrow \Delta\Phi = 0 \rightarrow$ **nenhuma corrente induzida**. O galvanômetro não desvia.

Ímã em Movimento

Fluxo variável $\rightarrow \Delta\Phi \neq 0 \rightarrow$ **corrente induzida existe**. O galvanômetro desvia.

Velocidade Importa

Quanto mais rápido o fluxo varia (menor Δt), **maior a fem induzida** e maior a deflexão.

📌 Regra de ouro para a prova: pergunte-se sempre — "o fluxo está variando?" Se sim, há indução. Se não, não há.

Lei de Faraday: a fem induzida nasce da taxa de variação

A Fórmula Central

A Lei de Faraday estabelece que a **força eletromotriz (fem) induzida** é proporcional à taxa de variação do fluxo magnético no tempo:

$$\varepsilon = - \frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t}$$

O módulo de ε aumenta quando **$\Delta \Phi$ é grande** (variação intensa do campo ou da área) ou quando **Δt é pequeno** (variação muito rápida). Em bobinas com N espiras, multiplica-se por N: $\varepsilon = -N \cdot \Delta \Phi / \Delta t$.

Como cai no Enem

- Dados: variação de fluxo e intervalo de tempo $\rightarrow$ calcule ε diretamente.
- Dados: B, A, α variando $\rightarrow$ calcule $\Delta \Phi$ primeiro, depois $\varepsilon = \Delta \Phi / \Delta t$.
- O sinal negativo indica o sentido (Lei de Lenz) — geralmente o enunciado pede apenas o módulo.

Lei de Lenz: o sentido "se opõe" para conservar energia

A Lei de Lenz completa a Lei de Faraday definindo o **sentido** da corrente induzida. Ela é uma consequência direta da conservação de energia: a natureza "resiste" a qualquer mudança no fluxo.

Princípio Fundamental

A corrente induzida circula no sentido que **cria um campo magnético oposto à variação do fluxo** que a originou. Se o fluxo aumenta, a corrente induzida age para diminuí-lo. Se o fluxo diminui, a corrente age para mantê-lo.

O Sinal Negativo na Fórmula

O sinal "-" na fórmula $\varepsilon = -\Delta\Phi/\Delta t$ não é apenas matemático — ele expressa fisicamente essa oposição entre causa (variação do fluxo) e efeito (corrente induzida). É a formalização da Lei de Lenz.

Analogia para Fixar

Pense na corrente induzida como um "freio": ela sempre age contra o movimento ou a variação que a gerou. É por isso que gera-se calor ao freiar sistemas eletromagnéticos — energia mecânica vira energia elétrica.

Corrente Induzida e fem: conectando magnitude e direção

Como surge a corrente induzida?

A fem induzida (ϵ) age como uma "bateria" no circuito. Se o circuito estiver fechado, essa fem impulsiona uma **corrente induzida** $i = \epsilon / R$, onde R é a resistência total do circuito. Em circuito aberto, existe a fem mas não circula corrente.

Aproximação vs. Afastamento (Lenz na prática)

Ao **aproximar** um polo Norte de uma espira, o fluxo aumenta $\rightarrow$ a corrente induzida cria um polo Norte na face voltada ao ímã (repele).
Ao **afastar**, o fluxo diminui $\rightarrow$ corrente inverte e cria um polo Sul (atrai). A direção muda completamente!

Roteiro para resolver qualquer questão

1. Identifique se o fluxo aumenta ou diminui.
2. Aplique Lenz: a corrente se opõe a essa variação.
3. Use a regra da mão direita para definir o sentido.
4. Calcule $i = \epsilon / R$ se houver dados numéricos.

Geradores Elétricos: transformam movimento em eletricidade

Geradores são a aplicação direta da Lei de Faraday em escala industrial. Uma bobina gira continuamente entre os polos de um ímã (ou eletroímã), fazendo o fluxo variar de forma periódica e produzindo uma **corrente alternada (CA)**.



Rotação Contínua

A bobina gira entre os polos magnéticos. O ângulo α entre B e a normal varia com o tempo, fazendo $\Phi_B = B \cdot A \cdot \cos\alpha$ oscilar continuamente.



fem Gerada

A variação do fluxo produz uma fem $\varepsilon = -\Delta\Phi/\Delta t$. Quanto maior a velocidade angular e mais espiras, maior a tensão gerada.



Corrente Alternada

A saída é uma onda senoidal — a corrente inverte o sentido periodicamente, que é exatamente o padrão da rede elétrica residencial de 60 Hz no Brasil.

Transformadores: mudam tensão sem contato elétrico direto

O transformador é um dos dispositivos mais elegantes da física: ele transfere energia elétrica entre dois circuitos **sem nenhum contato direto**, usando apenas indução mútua.

Como funciona?

A corrente alternada no enrolamento **primário** (N_P espiras) cria um fluxo magnético variável no núcleo de ferro. Esse fluxo atravessa o enrolamento **secundário** (N_S espiras) e induz uma tensão proporcional ao número de espiras.

Equações do Transformador Ideal

$$\frac{V_P}{V_S} = \frac{N_P}{N_S}$$

$$V_P \cdot I_P \approx V_S \cdot I_S \quad (\text{potência conservada})$$

Elevador: $N_S > N_P \rightarrow V_S > V_P$. **Redutor:** $N_S < N_P \rightarrow V_S < V_P$. A corrente varia inversamente à tensão.



Exercícios Rápidos Enem — com Gabarito

1

Flash Enem 1 — Conceitual

Enunciado: Um ímã repousa imóvel dentro de uma bobina fechada. Há corrente induzida?

Resolução: Não. O fluxo é constante ($\Delta\Phi = 0$). Pela Lei de Faraday, $\varepsilon = -\Delta\Phi/\Delta t = 0$. Sem variação, sem fem, sem corrente. Apenas movimento relativo entre ímã e bobina gera indução.

2

Flash Enem 2 — Cálculo de fem

Dados: Espira de área $0,1 \text{ m}^2$ em campo $B = 2 \text{ T}$ gira 90° em $\Delta t = 0,5 \text{ s}$ (fluxo vai de máximo a zero).

Resolução: $\Delta\Phi = 2 \cdot 0,1 \cdot \cos 90^\circ - 2 \cdot 0,1 \cdot \cos 0^\circ = 0 - 0,2 = -0,2 \text{ Wb}$.
 $\varepsilon = |\Delta\Phi/\Delta t| = 0,2/0,5 = 0,4 \text{ V}$

3

Flash Enem 3 — Transformador

Dados: $V_P = 110 \text{ V}$, $V_S = 220 \text{ V}$, $N_P = 2000$ espiras. Ache N_S e a relação de correntes.

Resolução: $N_S = N_P \cdot (V_S/V_P) = 2000 \cdot (220/110) = 4000$ espiras. Corrente: $I_S = I_P \cdot (V_P/V_S) = I_P/2$ (a corrente cai pela metade quando a tensão dobra).

Resumo das Principais Fórmulas

Tudo que você precisa revisar antes da prova — em um único cartão de referência.

Fluxo Magnético

$$\Phi_B = B \cdot A \cdot \cos \alpha$$

Unidade: Weber (Wb). Máximo quando $\alpha = 0^\circ$; nulo quando $\alpha = 90^\circ$.

Lei de Faraday

$$\varepsilon = - \frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t}$$

N espiras: multiplique por N. Quanto maior $\Delta \Phi$ ou menor Δt , maior a fem.

Lei de Lenz

O sentido da corrente induzida **se opõe** à variação do fluxo. O sinal "−" na fórmula de Faraday expressa essa oposição fisicamente.

Transformador Ideal

$$\frac{V_P}{V_S} = \frac{N_P}{N_S} \Rightarrow V_P I_P = V_S I_S$$

Elevador: $N_S > N_P$. Redutor: $N_S < N_P$.

- ❑ Estratégia Enem: leia o enunciado procurando "variação de fluxo". Se houver variação → aplique Faraday para magnitude e Lenz para sentido. Se não houver → não há indução.