

Ondas eletromagnéticas

Flaviano Williams Fernandes

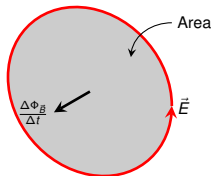
Instituto Federal do Paraná
Campus Irati

1 de outubro de 2025

Sumário

- 1 **A teoria do eletromagnetismo**
- 2 **Ondas eletromagnéticas**
- 3 **Aplicações**
- 4 **Apêndice**

Campo elétrico induzido



Φ_B : B por area perpendicular a espira

Campo elétrico induzido \vec{E} .

Lei de Faraday

A variação do fluxo do campo magnético que atravessa uma espira fechada faz aparecer um campo elétrico induzido ao redor dessa espira.

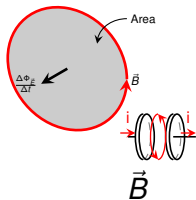
Corollary

Ao contrário da corrente induzida, o campo elétrico pode existir na ausência de matéria.

Campo magnético induzido

Simetria dos fenômenos elétricos e magnéticos

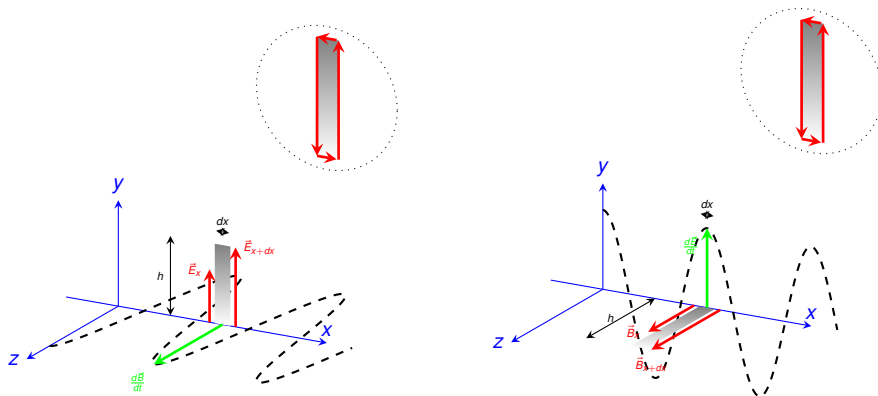
Maxwell, usando a idéia de simetria, sugeriu que assim como a variação de um **campo magnético** no espaço pode induzir um **campo elétrico**, a variação do **campo elétrico** também pode induzir um **campo magnético**.



Campo magnético induzido \vec{B} .

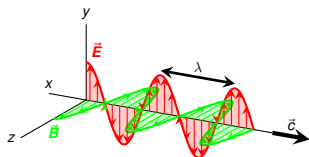
Lei de Maxwell

A variação do fluxo do campo elétrico que atravessa uma espira fechada faz aparecer um campo magnético induzido ao redor dessa espira,



Campo elétrico induzido pela variação de \vec{B} . Campo magnético induzido pela variação de \vec{E} .

A unificação das teorias do eletromagnetismo e a contribuição dada por Maxwell, sugeriu que os campos elétricos e magnéticos deveriam ser representados por funções senoidais, ou seja, tanto o campo elétrico quanto o magnético são ondas que se propagam na mesma direção e sentido e com a mesma velocidade c .



Onda eletromagnética.

A intensidade I da onda, ou seja, energia transportada por área e por tempo, é diretamente proporcional ao quadrado da amplitude do campo elétrico E dessa onda,

$$I \propto E^2.$$

Corollary

Uma onda transporta energia mas não transporta matéria, portanto a onda não possui massa.

A velocidade da onda eletromagnética

O campo elétrico é definido como

$$E = K \frac{Q}{r^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r^2},$$

onde $\epsilon_0 \approx 8,9 \times 10^{-12} \text{ F/m}$.

O campo magnético ao redor de um fio condutor é definido como

$$B = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{i}{r},$$

onde $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ N/A}^2$.

Pela teoria do eletromagnetismo temos que a velocidade da onda é dado por

$$c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0\epsilon_0}}.$$

Velocidade da onda eletromagnética no vácuo

$$c \approx 3 \times 10^8 \text{ m/s}.$$

A luz como onda eletromagnética

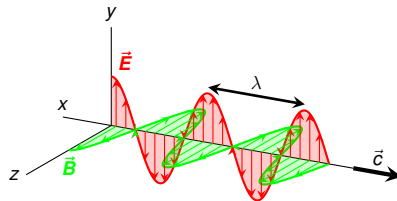
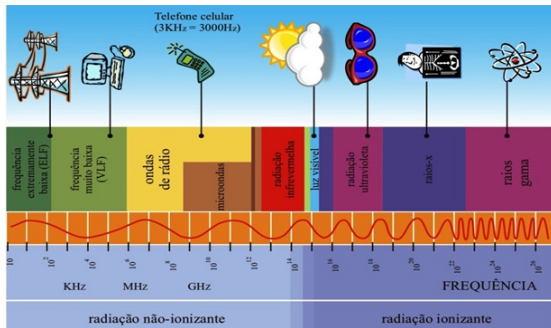
Maxwell percebeu que a velocidade c obtida à partir do eletromagnetismo é exatamente idêntica a velocidade da luz, já bem conhecida na época através de diversas técnicas de medição.

"A velocidade das ondas transversais em nosso meio hipotético, calculada a partir dos experimentos electromagnéticos dos Srs. Kohrausch e Weber, concorda tão exactamente com a velocidade da luz, calculada pelos experimentos óticos do Sr. Fizeau, que é difícil evitar a inferência de que a luz consiste nas ondulações transversais do mesmo meio que é a causa dos fenómenos eléctricos e magnéticos."

Corollary

*A luz é uma onda eletromagnética capaz de se **propagar no vácuo** com a velocidade de aproximadamente 3×10^8 m/s. Isso é possível, pois podemos ter variações dos campos elétrico e magnético na ausência de matéria.*

Espectro eletromagnético



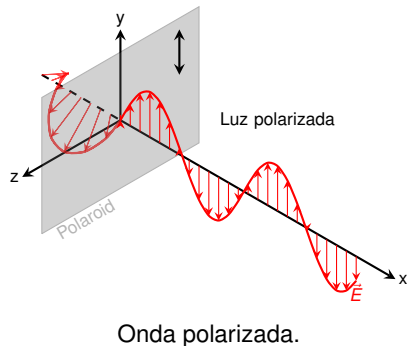
Onda eletromagnética.

Corollary

A radiação eletromagnética está presente em todos os lugares do nosso cotidiano.

Polarização da Luz

Diferentemente de ondas transmitidas por uma antena de rádio ou TV, as ondas emitidas pelo sol tem a direção do campo elétrico mudando aleatoriamente ao longo do tempo. Uma maneira de filtrar a luz do sol é a utilização de um filtro polarizador, que permite passar somente as ondas cuja direção do campo elétrico é paralelo a direção de orientação dos átomos que compõem o material. Demais campos elétricos são absorvidos devido a polarização dos elétrons no material.



Alfabeto grego

Alfa	A	α
Beta	B	β
Gama	Γ	γ
Delta	Δ	δ
Epsílon	E	ϵ, ε
Zeta	Z	ζ
Eta	H	η
Teta	Θ	θ
Iota	I	ι
Capa	K	κ
Lambda	Λ	λ
Mi	M	μ

Ni	N	ν
Csi	Ξ	ξ
ômicon	O	o
Pi	Π	π
Rô	P	ρ
Sigma	Σ	σ
Tau	T	τ
Ípsilon	Υ	υ
Fi	Φ	ϕ, φ
Qui	X	χ
Psi	Ψ	ψ
Ômega	Ω	ω

Referências

 A. Máximo, B. Alvarenga, C. Guimarães, Física. Contexto e aplicações, v.1, 2.ed., São Paulo, Scipione (2016)

Esta apresentação está disponível para download no endereço
<https://flavianowilliams.github.io/education>