

Redes sem Fio

Tecnologia em Redes de Computadores
Prof. Macêdo Firmino

Aula 02

Introdução as Ondas Eletromagnéticas

“A morte é o sinal de igual na equação da vida.” (Malba Tahan)



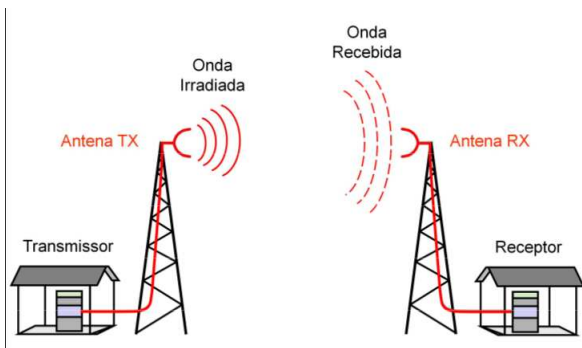
INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
RIO GRANDE DO NORTE

O que Aprenderemos?

- Compreender os princípios básicos das ondas eletromagnéticas, campo elétrico e campo magnético;
- Explorar como as ondas eletromagnéticas são utilizadas na transmissão de dados.



Em transmissão sem fio utilizamos ondas eletromagnéticas para transportar as informações. Ondas eletromagnéticas são formas de energia que se propagam através do espaço na forma de campos elétricos e magnéticos oscilantes perpendicularmente entre si e perpendicularmente à direção de propagação da onda.



Ondas Eletromagnéticas

As ondas eletromagnéticas são geradas por cargas elétricas em movimento acelerado e são caracterizadas por sua frequência, amplitude, fase e comprimento de onda. Estas características são modificadas para carregar as informações.

As ondas eletromagnéticas são amplamente utilizadas na transmissão de dados devido à sua capacidade de se propagar pelo espaço carregando informações e sem a necessidade de um meio material. Isso significa que as ondas eletromagnéticas podem se propagar no vácuo, tornando possível a comunicação via rádio, televisão, celular e transmissão de dados via satélite.



Ondas Eletromagnéticas

Outra vantagem é que elas se propagarem em alta velocidade, com a maior velocidade possível em cada meio (velocidade da luz). Quanto mais denso o meio, menor é essa velocidade máxima. Por exemplo, no vácuo a velocidade da luz é de aproximadamente 300 mil quilômetros por segundo e, no cobre, 200 mil quilômetros por segundo.

Nas fibras ópticas, as ondas eletromagnéticas são utilizadas de forma um pouco diferente em comparação com as comunicações sem fio. Em vez de propagar-se pelo espaço, as ondas eletromagnéticas são guiadas através do núcleo da fibra óptica.



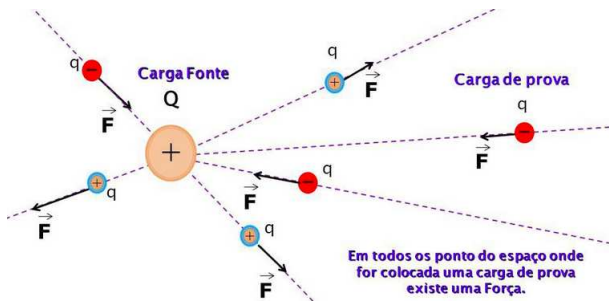
Onda Eletromagnética

Para entendermos as ondas eletromagnéticas primeiro iremos conhecer os conceitos de campo elétrico, corrente elétrica e campo magnético.

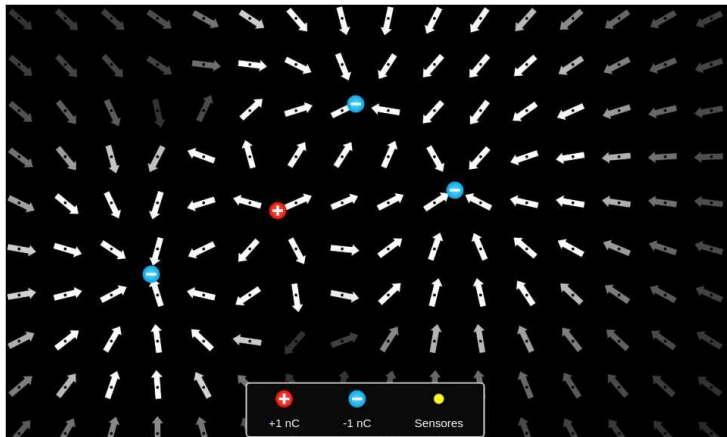


Campo Elétrico

Toda carga elétrica apresenta um campo elétrico que representa a influência que esta carga produz em seus arredores. Quanto mais próximas estiverem duas cargas, maior será a força elétrica (atração ou repulsão) entre elas.



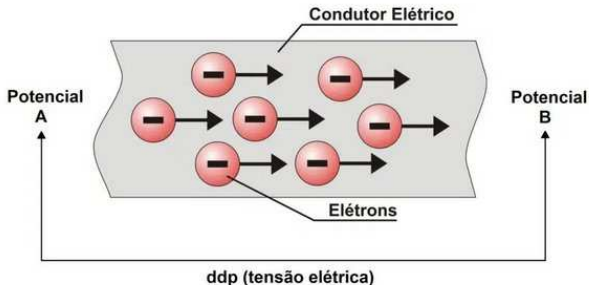
Simulador de Campo Elétrico



https://phet.colorado.edu/sims/html/charges-and-fields/latest/charges-and-fields_pt

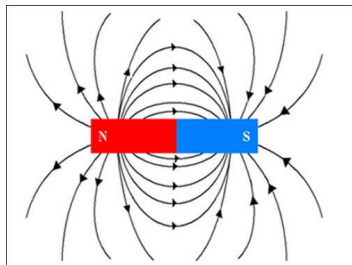
Corrente Elétrica

Cargas elétricas, como os elétrons, em movimento formam a chamada corrente elétrica. A corrente elétrica acontece no interior de diferentes materiais condutores, em razão da aplicação de uma diferença de potencial elétrico. Em outras palavras, a corrente elétrica é uma grandeza física que nos permite conhecer qual é a quantidade de carga que atravessa a secção transversal de um condutor a cada segundo.



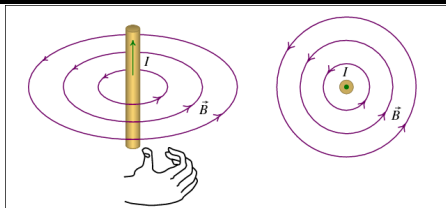
Campo Magnético

Campo Magnético é uma região do espaço ao redor de um ímã ou de uma corrente elétrica onde a força magnética é observada. Esse campo exerce uma força magnética sobre ímãs (por exemplo bússulas) e outras partículas carregadas em movimento, como elétrons, prótons ou outras partículas carregadas em um condutor, por exemplo.



Campo Magnético

O campo magnético pode ser gerado por corrente elétrica, ou seja, um condutor percorrido por uma corrente elétrica gera um campo magnético ao seu redor. Quanto maior a corrente maior será o campo magnético, e quanto mais distante for a mediação menor será o campo magnético. A direção do campo magnético é determinada pela regra da mão direita.



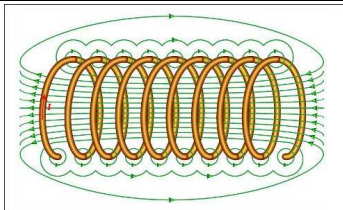
$$\vec{B} = \frac{\mu \cdot i}{2 \cdot \pi \cdot r}$$

onde, B é o vetor campo magnético, μ é a permeabilidade magnética, i é a corrente elétrica e r é o raio do condutor.



Campo Magnético

Um solenóide é um condutor enrolado de modo helicoidal. Quando é percorrido por uma corrente elétrica é gerado um campo magnético diretamente proporcional ao número de espiras e a corrente elétrica, observe a equação:

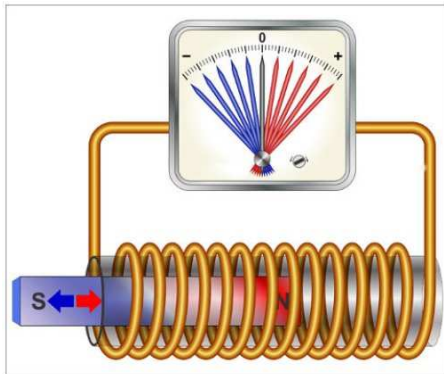


$$\vec{B} = \mu \cdot \frac{N}{L} \cdot i$$

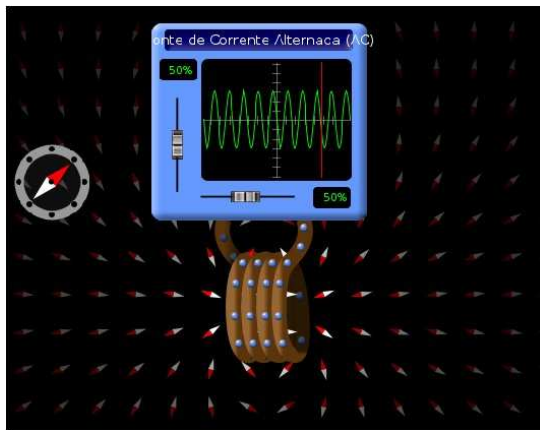
onde: N/L representa o número de espiras por unidade de comprimento do solenoide.

Campo Elétrico Induzido

Lei de Faraday: a variação no fluxo de campo magnético através de materiais condutores induz o surgimento de uma corrente elétrica.



Simulador de Campo Magnético



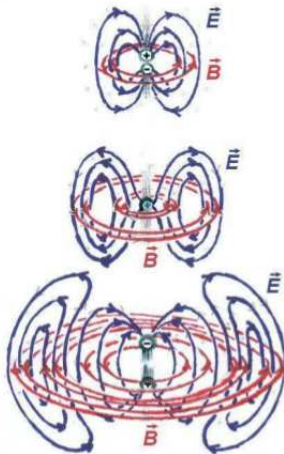
<https://phet.colorado.edu/en/simulation/legacy/faraday>

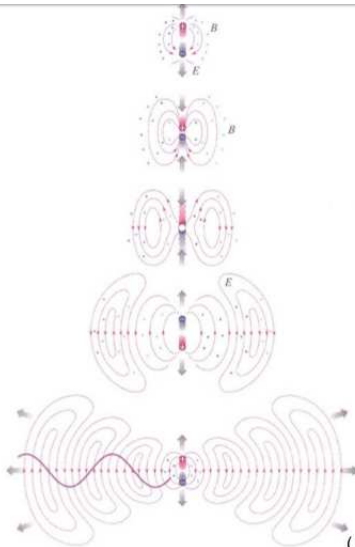
<https://phet.colorado.edu/en/simulation/faradays-law>

Relação entre Campo Elétrico, Magnético e Ondas Eletromagnéticas

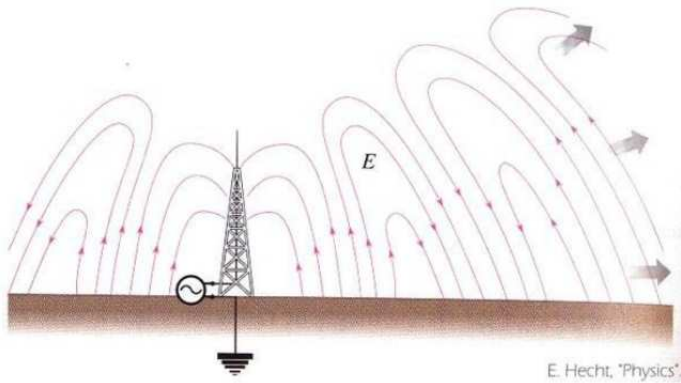
Vimos que quando o campo elétrico varia, ele gera um campo magnético associado. Quando o campo magnético varia, ele gera um campo elétrico associado. Os campos elétrico e magnético em uma onda eletromagnética estão inter-relacionados. Quando um campo varia, ele induz o surgimento do outro campo, de tal forma que esse fenômeno se repete constantemente formando as ondas eletromagnéticas. Esse processo é autossustentável, pois a variação de um campo gera a variação no outro, e vice-versa.



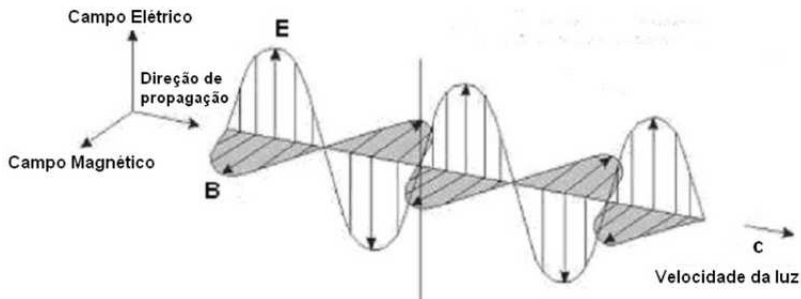




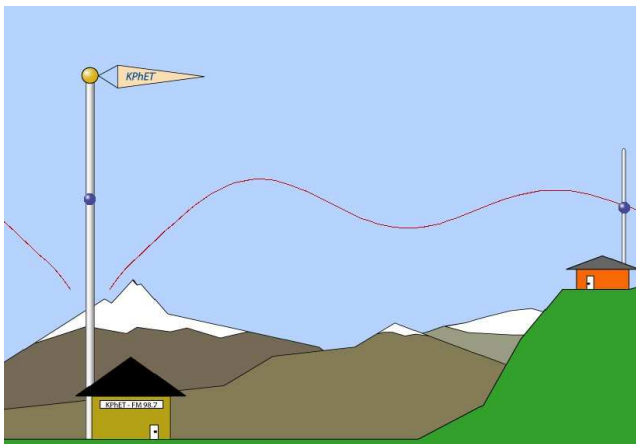
(Eugene Hecht, "Physics", 1998)



Ondas eletromagnéticas



Ondas Eletromagnéticas



<https://phet.colorado.edu/en/simulation/legacy/radio-waves>



INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
RIO GRANDE DO NORTE

Ondas Eletromagnéticas

Características das ondas eletromagnéticas:

- São formadas pela combinação de campos elétricos e magnéticos variáveis;
- O campo elétrico, o campo magnético e a direção de propagação são perpendiculares entre si;
- A velocidade de propagação dessas ondas no vácuo é a velocidade da luz ($3 \cdot 10^8$ m/s);
- Ao propagar em meios materiais a velocidade obtida é menor do que quando a propagação ocorre no vácuo. Quanto mais denso o meio, menor é essa velocidade máxima. Por exemplo, a velocidade da luz no cobre é de aproximadamente $2 \cdot 10^8$ m/s.



Leis de Maxwell

As equações básicas que permitem calcular o campo eletromagnético são conhecidas como equações de Maxwell. As equações de Maxwell representam a generalização e unificação entre as Leis de Gauss, a Lei de Ampère e a Lei de Faraday.



Leis de Maxwell

Lei de Maxwell-Gauss descreve a relação entre um campo elétrico, as cargas elétricas geradoras do campo e o meio. Cargas elétricas produzem campos elétricos.

$$\oint E \cdot dA = \frac{q}{\epsilon_0}$$

onde: E é o campo elétrico, q é a quantidade de carga elétrica, ϵ_0 é a permissividade elétrica e dA é o elemento vetorial diferencial da superfície "A".

Leis de Maxwell

Lei de Maxwell-Gauss as linhas de campo magnético são contínuas, ao contrário das linhas de força de um campo elétrico que se originam em cargas elétricas positivas e terminam em cargas elétricas negativas. Não existem monopolos magnéticos.

$$\oint B \cdot dA = 0$$

onde: B é o campo magnético, dA é o elemento vetorial diferencial da superfície “A”.



Leis de Maxwell

Lei de Maxwell-Ampère descreve a relação entre um campo magnético, a corrente elétrica que o origina e o meio. Ela estabelece que um campo magnético é sempre produzido por uma corrente elétrica ou por um campo elétrico variável. Uma corrente elétrica produz um campo magnético.

$$\oint B \cdot dl = \mu_0 \cdot i$$

onde: B é o campo magnético, μ_0 é a permeabilidade magnética, i é a corrente elétrica dl é o elemento vetorial diferencial do comprimento tangencial à curva.



Leis de Maxwell

Lei de Maxwell-Faraday descreve as características do campo elétrico originando um fluxo magnético variável. Os campos magnéticos originados são variáveis no tempo, gerando assim campos elétricos do tipo rotacionais. Um fluxo magnético variável produz um campo elétrico.

$$\oint E \cdot dl = - \frac{d\phi_B}{dt}$$

onde: E é o campo elétrico, ϕ_B é o fluxo magnético e dl é o elemento vetorial diferencial do comprimento tangencial à curva..



Leis de Maxwell

A velocidade de propagação (c) das ondas eletromagneticas depende do meio:

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

onde: μ_0 é a permeabilidade magnética ($1,26 \cdot 10^{-6} \text{ T.m/A}$ no vácuo), e ϵ_0 corresponde a permissividade elétrica ($8,85 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2/\text{N.m}^2$ no vácuo).

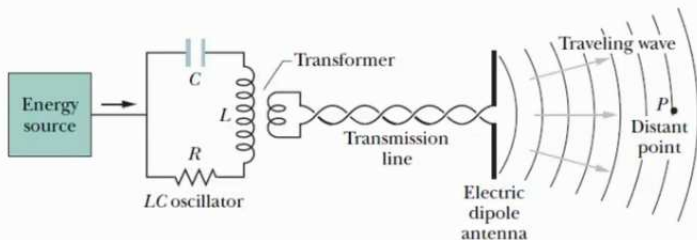


Geração de Ondas Eletromagnéticas

Ondas eletromagneticas podem ser geradas:

- Núcleos de átomos radioativos, como urânio, rádio e outros materiais. Estas ondas eletromagneticas (geralmente na faixa dos raios gama) tem altíssima frequência e energia se tornando prejudicial a saúde, mas utilizado na medicina (radioterapia);
- Materiais fosforescentes: certos materiais absorvem energia (geralmente da luz UV) e depois a reemitem lentamente ondas eletromagneticas na forma de luz visível.
- Impacto de elétrons dotados de altas velocidades em um anteparo metálico (por exemplo, tubo de TV e de raios x);
- **Por processos eletrônicos controlado, como osciladores, e emitidas a partir de um dispositivo de irradiação (antena). Estas podem ser usadas para transmitir informações.**

Geração de Ondas Eletromagnéticas



Gauss' law for electricity

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = q_{enc}/\epsilon_0$$

Gauss' law for magnetism

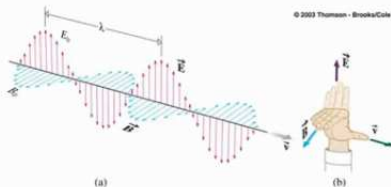
$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{A} = 0$$

Faraday's law

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{s} = -\frac{d\Phi_B}{dt}$$

Ampere - Maxwell law

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = \mu_0 \epsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt} + \mu_0 i_{enc}$$



Dúvidas



INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
RIO GRANDE DO NORTE