

## 27- ONDAS ELETROMAGNÉTICAS

Hoje nos comunicamos utilizando telefones celulares. Assistimos televisão. Ouvimos o rádio. É bom entendermos que nós nos comunicamos por meio da produção de ondas eletromagnéticas que se propagam e que depois são detectadas nos diversos aparelhos, nos rádios, nos televisores e nos celulares.



Fig. 1- Sem as ondas eletromagnéticas, não teríamos como nos comunicar com a mesma eficiência.

Assim é que nas ondas eletromagnéticas passaram a ser fundamentais levando em conta a comunicação entre os seres humanos no planeta terra. Ondas eletromagnéticas são ondas semelhantes que se propagam e que depois são detectadas nos diversos aparelhos, nos rádios, nos televisores e nos celulares. Assim é que as ondas eletromagnéticas passaram a ser fundamentais levando em conta a comunicação entre os seres humanos no planeta terra.

A questão é: o que são ondas eletromagnéticas?

Ondas eletromagnéticas são ondas semelhantes às ondas que se propagam numa corda, por exemplo. Só que no caso das ondas eletromagnéticas como o nome bem indica, os campos elétricos e magnéticos se propagam pelo espaço. Propagam-se com uma velocidade e que no caso do ar que é semelhante o vácuo, a velocidade de propagação dessas ondas é de 300.000 km/s que é a velocidade da luz.

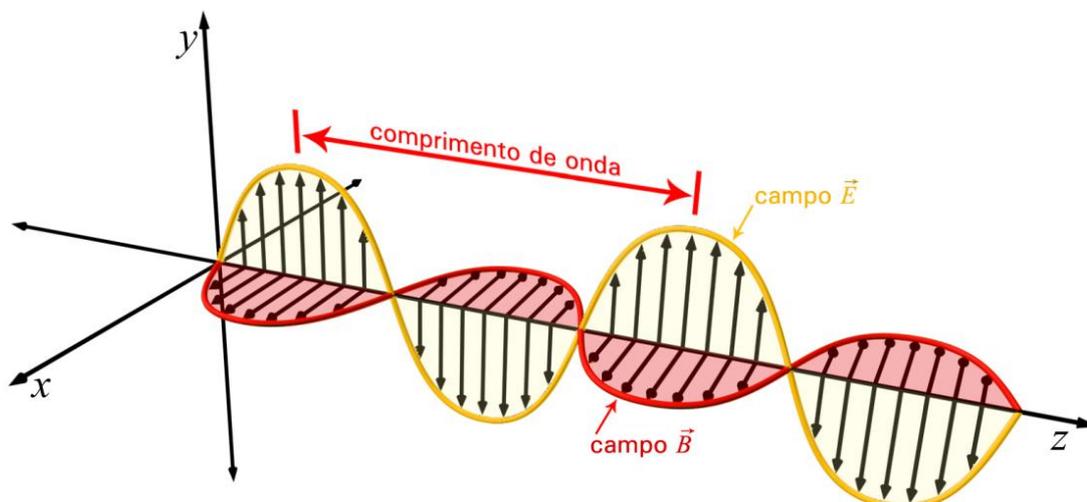


Fig. 2- Uma onda eletromagnética consiste de campos elétricos e magnéticos que se propagam com a velocidade da luz.

A luz é composta por ondas eletromagnéticas. Assim, as ondas eletromagnéticas elas desempenham hoje um papel fundamental nas nossas vidas. Veja-se que elas foram descobertas há aproximadamente 150 anos e foi uma descoberta teórica feita por um cientista de nome Maxwell.

No entanto, elas foram descobertas experimentalmente alguns anos depois, ou seja, demorou algum tempo até se provar que a teoria de Maxwell que previa ondas eletromagnéticas estava correta. A partir daí como sabemos tudo mudou. O nome desse cientista é James Clark Maxwell.

Cada onda eletromagnética é caracterizada por um período e por um comprimento de onda ou por uma frequência de tal forma que o produto da frequência pelo comprimento de onda é igual à velocidade da luz. Essa é uma característica interessante a respeito da luz ou das ondas eletromagnéticas por que agora nós podemos dividir as ondas eletromagnéticas num espectro eletromagnético. Nós utilizamos a palavra espectro para nos referirmos a todas as frequências possíveis e elas são classificadas em função do valor da frequência.

Até o ano de 1864 acreditava-se que os fenômenos associados à luz e aqueles associados ao eletromagnetismo seriam inteiramente distintos. Nesse sentido poder-se-ia dizer que a óptica e o eletromagnetismo eram considerados até então ciências distintas. Nesse ano, Maxwell sugeriu que se pode encontrar a descrição de todos os fenômenos eletromagnéticos a partir das soluções de um conjunto de 4 equações conhecidas hoje como equações de Maxwell.

Elas são equações que preveem relações simples entre taxas de variação dos campos elétricos e magnéticos e as distribuições das cargas elétricas e das correntes que lhes dão origem.

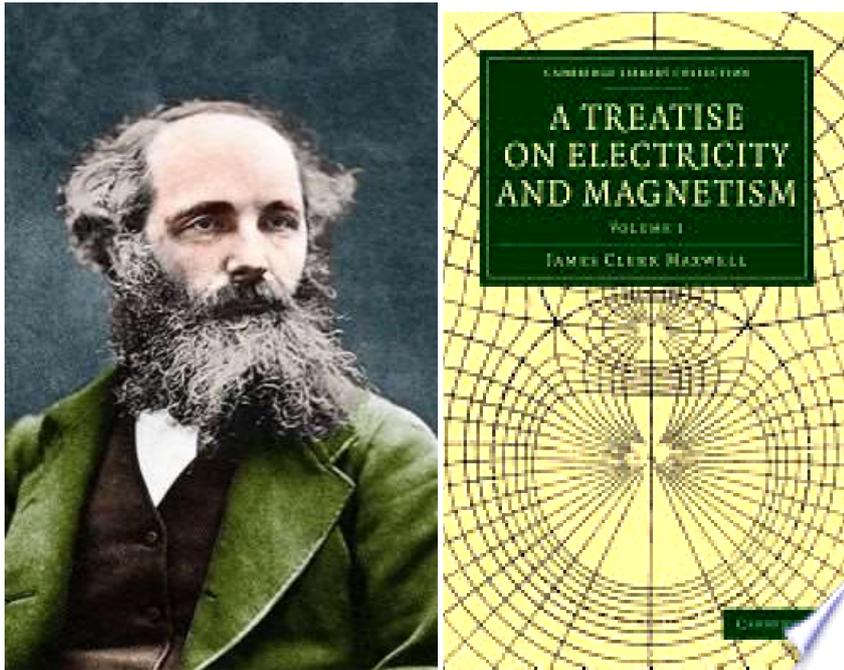


Fig. 3- Maxwell e sua obra mais famosa.

Maxwell foi um pouco mais além da fenomenologia do eletromagnetismo, conhecido àquela época, e acrescentou um novo termo a uma das equações, termo esse conhecido como corrente de deslocamento. Esse novo termo, a corrente de deslocamento prevê, por outro lado, o surgimento de um campo magnético pelo mero fato do campo elétrico variar com o tempo. Ou seja, um campo elétrico variável tem o mesmo papel que uma corrente elétrica. É importante observar que a adição da corrente de deslocamento foi justificada, acertadamente, por Maxwell

Dessa forma Maxwell percebeu que a descrição dos fenômenos associados à luz, podem ser entendidos a partir do eletromagnetismo. Deu-se assim o que denominamos hoje de unificação do eletromagnetismo com a óptica. Ao unificar a ciência do eletromagnetismo com a óptica, James Clerk Maxwell deu uma das mais significativas contribuições à ciência como um todo. A rigor, Maxwell demonstrou que todos os fenômenos associados à luz, e mais geralmente às ondas eletromagnéticas, podem ser entendidos a partir da sua teoria para o eletromagnetismo.

As ondas Eletromagnéticas foram produzidas e detectadas por Hertz. A previsão teórica das mesmas deve ser creditada à percepção de Maxwell de que as leis de conservação devem ser encaradas como um guia seguro na formulação das leis físicas.

De acordo com a teoria de Maxwell, A velocidade de propagação das ondas eletromagnéticas depende das propriedades elétricas e magnéticas do material no qual a onda eletromagnética se propaga. Sua relação com a permissividade elétrica ( $\epsilon$ ) e a permeabilidade magnética do material ( $\mu$ ) é:

$$v^{-1} = \sqrt{\epsilon\mu}$$

As ondas eletromagnéticas têm, portanto, uma velocidade de propagação que depende das propriedades eletromagnéticas do meio. É importante observar que o vácuo deve ser encarado como um meio no qual as ondas podem se propagar. Isso não veio a ser entendido de pronto, nem mesmo por Maxwell, o qual advogava a existência de um meio dotado de um

caráter absoluto denominado Éter. A velocidade de propagação das ondas eletromagnéticas no vácuo, representada pela letra  $c$ , é dada por:

$$c^{-1} = \sqrt{\epsilon_0 \mu_0}$$

Onde agora adotamos os valores da permissividade elétrica ( $\epsilon_0$ ) e a permeabilidade magnética do vácuo ( $\mu_0$ ). O valor da velocidade da luz no vácuo, adotada hoje uma constante fundamental da natureza é:

$$c = 299,792,458 \text{ metros por segundo.}$$

De acordo com a Teoria da relatividade de Einstein, a velocidade da luz seria a velocidade limite de propagação e, ademais tem um caráter absoluto. Ou seja, o seu valor é o mesmo independente do referencial adotado para medi-la.

Ondas eletromagnéticas têm frequências e comprimentos de onda bem definidos. Com base nessas características, podemos classificá-las em classes. Isso será feito, como é usual, levando-se em conta a característica da onda harmônica denominada frequência ( $\nu$ ) ou, equivalentemente, seu comprimento de onda ( $\lambda$ ). Lembrando que no caso das ondas eletromagnéticas a relação entre ambas é:

$$\nu \lambda = c$$

Onde  $c$  é a velocidade da luz no meio no qual ela se propaga. A seguir, este meio será considerado como sendo o vácuo.

Ao conjunto de todas as frequências, damos o nome de espectro eletromagnético.

A classificação em classes é feita a partir de certos intervalos da frequência. É usual fazer um agrupamento das ondas eletromagnéticas em sete grandes categorias, ou classes:

- Raios Gama,
- Raios-X,
- Radiação Ultravioleta,
- Luz,
- Radiação infravermelha,
- Micro-ondas
- Ondas de Rádio.

Essa divisão está ilustrada na figura (fig.-1). Nela, as ondas eletromagnéticas estão classificadas de acordo com o comprimento de ondas. O mesmo pode ser feito em relação à frequência.

750 nm (infravermelho), os olhos são totalmente insensíveis à radiação

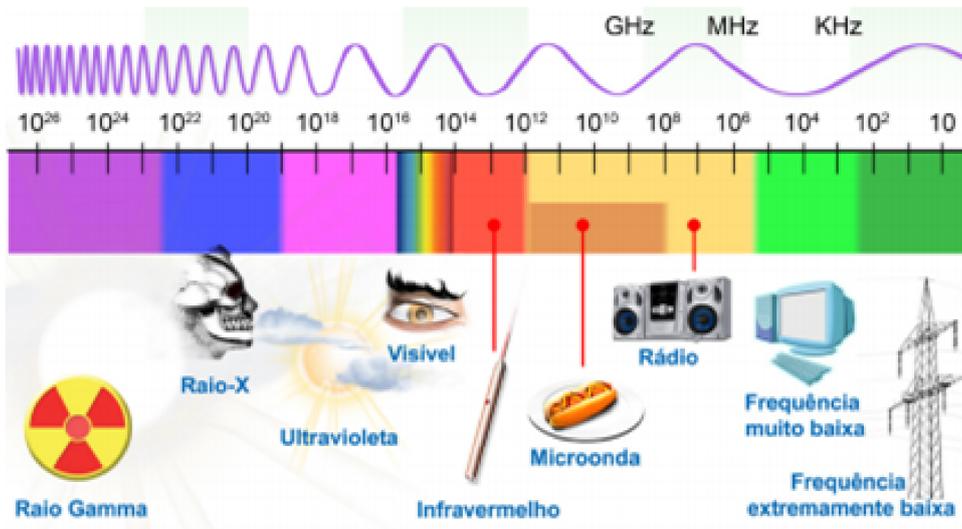


Fig. 4- As sete principais divisões, ou classes, do espectro eletromagnético.