

ONDAS MECÂNICAS E A LUZ COMO ONDA ELETROMAGNÉTICA

INTRODUÇÃO AO ESTUDO DAS ONDAS

Você é capaz de dizer o que uma criança brincando em um balanço, um banhista praticando surf em uma linda praia, um pacote de pipocas estourando no forno de microondas, uma ligação em um aparelho de telefone celular e uma radiografia têm em comum? Pense um pouco! Não é uma pergunta muito difícil, embora também não pareça ser fácil. De uma maneira geral, há um princípio físico presente em todas as atividades descritas no parágrafo anterior: o fenômeno ondulatório!

A onda do mar (essencial para o surf) e o balanço da criança são exemplos típicos de um determinado tipo de onda, a onda mecânica; enquanto que os eletrodomésticos, para funcionar, necessitam da presença de um outro tipo de onda: as eletromagnéticas, como a luz e as ondas de rádio.

Embora representem o mesmo princípio físico, ondas mecânicas e eletromagnéticas são bastante diferentes entre si. Vale a pena dar uma boa olhada nessas diferenças e, de quebra, aproveitar para relembrar e entender melhor alguns aspectos do texto sobre a relação entre Eletricidade e Magnetismo, que já trabalhamos. Mas primeiro, vamos ver as diferenças entre os tipos de onda pegando como exemplo a luz e o som.

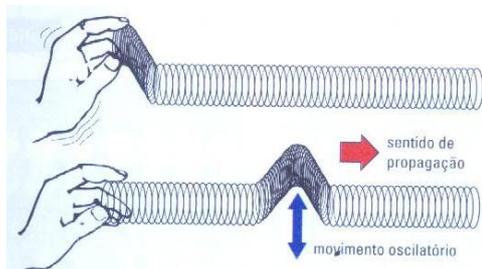
A luz e o som são vibrações que se propagam através do espaço como ondas. Entretanto, elas são dois *tipos* de ondas diferentes! O som é uma propagação de vibrações, no tempo e no espaço, através de um MEIO MATERIAL - o ar. Sem a presença de um meio material, o som não pode se propagar, embora muitos filmes de ficção científica insistam em mostrar o som de grandiosas explosões de naves espaciais, isso seria impossível na vida real, pois o som, como onda mecânica, não se propaga no vácuo. Ondas mecânicas são as ondas produzidas por uma perturbação num meio material, como, por exemplo, uma onda na água do mar, a vibração de uma corda de violão ou a voz de uma pessoa.

Podemos entender melhor esse conceito pensando no exemplo da criança brincando no balanço: ela não pode se balançar se não houver algo que vá para frente e para trás no parque, certo? Ou para cima e para baixo, como uma vibração ou uma perturbação em um meio qualquer que estava quietinho até essa “vibração”. E todas as vibrações que necessitam de um meio qualquer para poderem se propagar são chamadas **ondas mecânicas**.

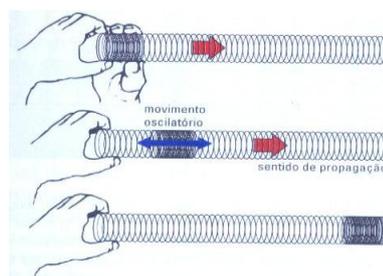
Já a luz é uma **onda eletromagnética**, portanto pode se propagar no vácuo - o que é ótimo, senão, de que maneira a luz do sol e das estrelas atravessaria o espaço até chegar ao nosso planeta? O fenômeno das ondas eletromagnéticas é a base da física moderna, mas apresentam um pequeno inconveniente: ao contrário da vibração em uma corda de violão ou de uma onda no mar, elas não podem ser observadas, apenas imaginadas - ou você conhece alguém que já tenha visto uma onda de rádio se propagando por aí? Felizmente, porém, elas tendem a se comportar de maneira muito parecida com as ondas mecânicas, por possuírem as mesmas características básicas. Assim, para conseguir imaginar uma onda eletromagnética e seu comportamento, primeiro é preciso saber quais são as propriedades que ela tem em comum e que uma onda mecânica apresenta: são elas a **frequência**, o **período**, o **comprimento de onda**, a **velocidade de propagação**, a **amplitude** e a **energia**. Mas não se assuste com esses nomes, se você já foi à praia ou brincou de pular-corda alguma vez na vida, pode ter certeza que já conhece bem esses elementos característicos de uma onda...

Existem dois tipos diferentes de onda mecânica: a onda transversal e a longitudinal. Com certeza você já teve contato com ambas, em situações que talvez nem tenha percebido, como a torcida de um jogo de futebol fazendo a famosa “ola” ou uma fileira de pedras de dominó caindo em seqüência: uma onda transversal parece apenas oscilar, enquanto uma onda longitudinal parece *empurrar*. São exemplos possíveis devido a principal propriedade de uma onda, que é não transportar **matéria**; uma onda transporta apenas **energia**.

Essa classificação das ondas é feita de acordo com sua direção de oscilação, comparada com a direção de propagação: quando a direção das vibrações é perpendicular a direção de propagação, a onda é chamada **transversal**; quando a direção das vibrações é a mesma que a direção de propagação, a onda é chamada **longitudinal**. Simples, não? Ondas transversais podem ser produzidas com o auxílio de uma mola, conforme mostra a figura:



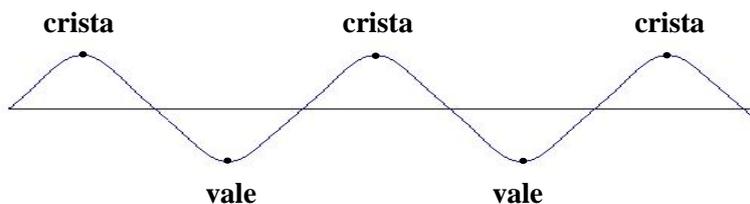
GASPAR, Alberto, vol.2, p.33



GASPAR, Alberto, vol.2, p.33

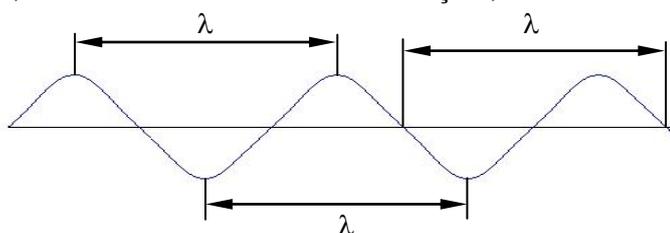
São exemplos de ondas **transversais** as ondas em uma corda e as ondas eletromagnéticas, assim como as ondas sonoras são um exemplo de onda **longitudinal**. Já as ondas sísmicas, responsáveis pelos terremotos e tsunamis, são ondas mecânicas que podem ser tanto transversais quanto longitudinais.

Agora, para entender os elementos que constituem uma onda, vamos usar como exemplo uma onda transversal se propagando em uma corda. A corda esticada representará o ponto de equilíbrio, o local (ou posição) em que a perturbação é nula. As posições de maior deslocamento da corda em relação ao ponto de equilíbrio são chamadas de **crista** e **vale**.



Cristas são os pontos *superiores* da onda, enquanto os vales são seus pontos *inferiores*. E a distância entre o topo da crista e o ponto médio da onda (ou seja, o máximo deslocamento da posição de equilíbrio) recebe o nome de **Amplitude**. Brincando de produzir ondas em uma mola ou corda, você vai perceber que para produzir uma onda com *maior* amplitude, é necessário empregar *mais* energia: a energia aumenta (ou diminui) com a amplitude elevada ao quadrado.

Imagine agora que está segurando em uma das extremidades da mesma corda, pedindo a um amigo que segure firmemente a outra ponta, e comece a brincar fazendo ondulações, como mostra a figura.



O que chamamos de **comprimento de onda** corresponde à distância entre dois pontos "iguais" (consecutivos) da onda. Por exemplo, a distância entre dois vales, ou entre duas cristas. O comprimento de onda é representado pela letra grega *lambda* (λ).

A **freqüência** é o número de vibrações (ida e volta) medido em um intervalo de tempo, determinando o número de comprimentos de onda (oscilações completas) que passam em intervalo de tempo. É representada pela letra grega *ni* (ν).

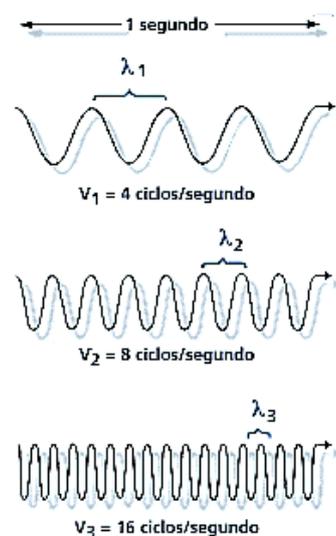
Você deve ter percebido que para "criar" uma onda nessa corda imaginária, é necessário se imaginar dando um pulso rápido com o braço, movendo-o para cima e para baixo, não é? Isso acontece porque (no caso) seu braço está desempenhando o papel de **fonte** da onda, e a energia que você está empregando no pulso é quem será responsável pela freqüência da onda. No Sistema Internacional de Unidades, utilizamos o **Hertz** para medir a freqüência de uma onda, que significa a quantidade de eventos que ocorrem em **um segundo**.

O número de vibrações produzidas em sua corda imaginária, por segundo, depende da energia transferida para ela: é necessária uma *maior* quantidade de energia para produzir uma *maior* quantidade de ondas por segundo.

Diretamente relacionado com o inverso da freqüência de uma onda, temos o **período**, que representa o tempo decorrido para que um ciclo de vibração (uma onda completa) seja produzido; o tempo que um evento leva para ocorrer por completo, uma única vez. Por exemplo, é o tempo que o balanço leva para realizar uma oscilação completa, de ida e volta. É simbolizado pela letra (**T**) e medido em segundos no Sistema Internacional de Medidas (**S.I.**). Como dissemos, a **Freqüência** e o **período** são grandezas físicas **inversamente relacionadas**: quanto maior for o período, menor será a freqüência de oscilação de uma onda, de forma que:

$$\nu = 1 / T \text{ ou } T = 1 / \nu$$

Considerando que em uma onda a variação de espaço (ΔS) considerada é representada pelo comprimento de onda (λ), e o intervalo de tempo (Δt) é representado pelo período (T), a já conhecida expressão de velocidade média ($V_m = \Delta S / \Delta t$), para uma onda, será substituída por:



velocidade = comprimento de onda X freqüência ou velocidade = comprimento de onda X [1 / Período]

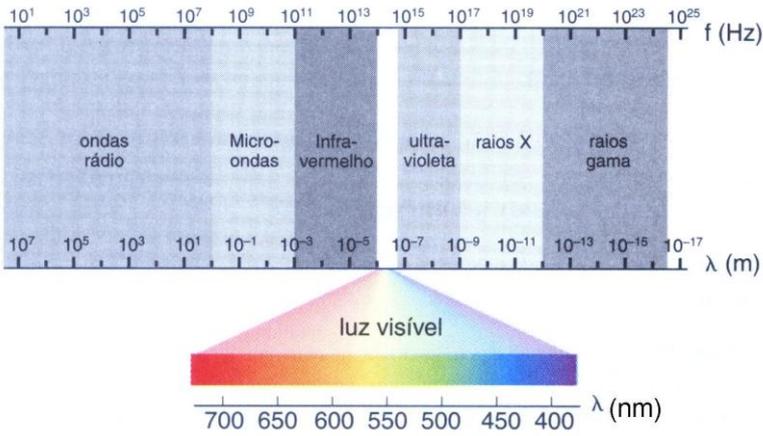
Porém, no caso de uma onda mecânica, é preciso levar em consideração que ela se propaga em um meio, cuja estrutura molecular interfere em sua velocidade de propagação. Por exemplo, a velocidade de propagação de uma onda sonora na água é de 1445 m/s, a uma dada temperatura, que é diferente da sua velocidade de propagação no ar, que é de 340 m/s, a certa temperatura.

Já as ondas eletromagnéticas, embora não necessitem de um meio para se propagar, a velocidade também sofre uma alteração, de acordo com a natureza do meio no qual ela se propaga. Ou seja: uma onda eletromagnética irá mudar sua velocidade, se mudarmos o meio em que ela se propaga.

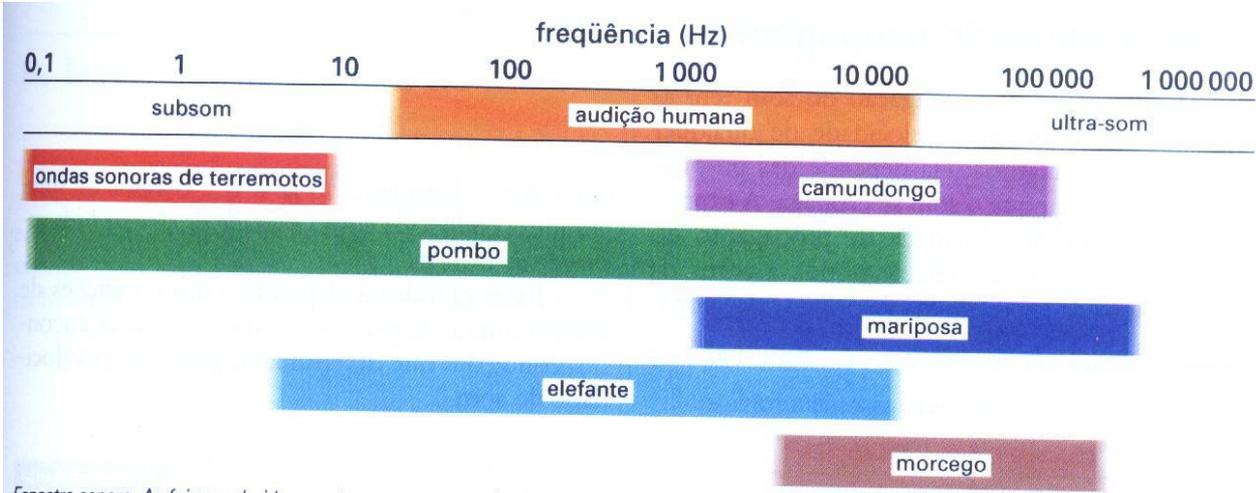
Espectro Eletromagnético e Sonoro

Calma, não é de assombração que nós iremos falar agora, mas das diferenças entre os tipos de ondas eletromagnéticas. Afinal, ondas de rádio não são idênticas às de TV, embora ambas sejam ondas eletromagnéticas. Mas em que elas diferem? Basicamente, pela freqüência correspondente a cada tipo de onda.

O conjunto de todas as ondas de rádio, TV, microondas, radiação infravermelha, luz, radiação ultravioleta, raios X e raios gama, constitui o chamado **espectro eletromagnético**. Ondas sonoras (que são ondas mecânicas longitudinais) também possuem seu próprio espectro, denominado (adivinha?) **espectro sonoro**: ele é composto por todas as faixas de freqüências sonoras, audíveis ou não pelo ser humano. Abaixo, seguem respectivamente os espectros eletromagnético e sonoro:



Alvarenga, Beatriz, vol. único



GASPAR, Alberto, vol.3, p.63

Agora que já estamos familiarizados com as propriedades das ondas eletromagnéticas, podemos estudar como elas são produzidas – e entender melhor o conteúdo já estudado no texto sobre a relação entre eletricidade e magnetismo. Afinal, ondas mecânicas são originadas a partir de um **pulso**, e toda onda só pode ser criada a partir

de uma **fonte**: como são criadas, então as ondas eletromagnéticas?

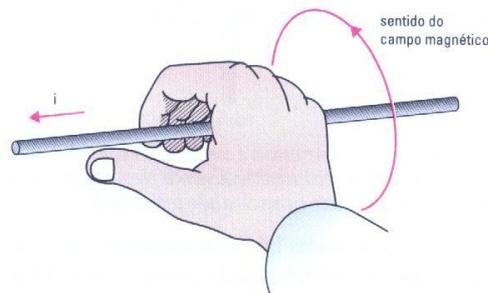
Você se lembra do que acontece se conectarmos um condutor aos terminais de um gerador, como uma pilha ou bateria? Sabemos que a diferença de energia potencial entre os pólos estabelece um campo elétrico no interior do condutor; e que é devido a esse campo elétrico externo que os elétrons livres do condutor passam a se movimentar. Assim, uma carga, ao se movimentar, faz variar a intensidade de seu campo elétrico, porque ele passa a se movimentar junto com ela. Mas, essa variação na intensidade do campo elétrico irá induzir um campo magnético circular em torno do fio (que pode ser facilmente detectado, conforme a experiência de Öersted, lembra-se?). É possível deduzir o sentido do campo magnético “agarrando mentalmente” o fio condutor (nunca toque em um fio condutor durante a passagem de corrente!) com a mão direita, de forma que seu dedo indicador esteja no sentido em que passa a corrente elétrica.

Assim como a variação de um campo elétrico produz um campo magnético, a variação de um campo magnético também induz um campo elétrico variável, como já estudamos na experiência de Faraday, certo? Agora, imagine um fio percorrido por uma corrente contínua. Há um campo elétrico no fio, o que faz com que seus elétrons-livres se desloquem. Há também um campo magnético ao redor do fio, já que há corrente elétrica: no momento em que você ligar

(ou desligar) o fio do gerador, a corrente passará de uma intensidade zero (desligado) ao valor da corrente contínua e durante esse intervalo de tempo, os elétrons livres do fio estão acelerando (ou desacelerando), o que causará uma variação no campo elétrico dos elétrons; conseqüentemente, uma variação no campo magnético ao redor do fio.

Essas variações do campo cessam quando a corrente contínua se estabelece, assumindo sua intensidade fixa: e agora você entende por que, na sala de aula, só observou a interferência no rádio quando ligou (e desligou) o fio na pilha, mas não quando ele permaneceu ligado.

Portanto, se a corrente no fio for alternada, o campo elétrico vai variar, fazendo seus elétrons livres se moverem alternadamente no fio: esses elétrons se movem fazendo um *vai-e-vem*, acelerando e desacelerando, variando assim seu campo elétrico. Ao mesmo tempo, com a variação d corrente, o campo magnético por ela induzido também vai variar. Como é que se chama mesmo esse tipo de perturbação que se propaga? Ah, sim, uma onda: só que uma onda eletromagnética, pois ambas as informações (a variação dos campos elétrico e magnético) irão se propagar. Mesmo que os elétrons parem de se movimentar, os campos elétrico e magnético permanecerão existindo, e a informação das variações sofridas continuará se propagando na forma de uma onda eletromagnética, rumo ao infinito (como é mostrado no filme “Contato”).



GASPAR, Alberto, vol. 3, p. 214