

FÍSICA IV

AULA 04: AS EQUAÇÕES DE MAXWELL; ONDAS ELETROMAGNÉTICAS

TÓPICO 03: ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO



Arco-íris [1]



Raio-x [2]



Micro-ondas [3]



Ondas de rádio [4]



Televisão [5]

À primeira vista pode parecer que as figuras mostradas acima nada têm em comum. Afinal as situações relacionadas com cada uma, apresentam propriedades muito diferentes; Mas o estudo das radiações eletromagnéticas nos diz que a luz do belo arco-íris, os raios X que permitem ver o interior de nosso corpo, as ondas do micro-ondas, tão útil na cozinha e as ondas de rádio e TV que permitem a recepção de vozes, música e imagens, são da mesma natureza.

O conjunto de todos os comprimentos de onda e frequência recebe o nome de espectro eletromagnético.



PARADA OBRIGATÓRIA

A energia das ondas eletromagnéticas depende somente da frequência, sendo diretamente proporcional a ela:

$$E = hf$$

h é uma constante universal chamada constante de Planck e seu valor é $6,63 \times 10^{-34}$ J.s

VELOCIDADE DA ONDA

A onda eletromagnética anda no vácuo com velocidade c .

Você aprendeu em Física II que um período T é o tempo necessário para uma onda se deslocar exatamente de uma distância que é o seu comprimento de onda λ .

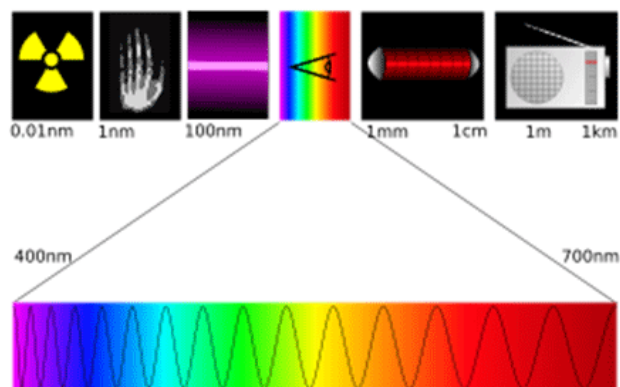
Da definição de velocidade você tem:

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$
$$\text{Se } \Delta t = T \Rightarrow \Delta s = \lambda$$
$$v = \frac{\lambda}{T}, \text{ mas } \frac{1}{T} = f, \text{ então:}$$
$$v = \lambda \cdot f$$

Agora a energia pode ser dada também em termos do comprimento de onda:

$$E = hf \text{ ou } E = \frac{hc}{\lambda}$$

As ondas eletromagnéticas cobrem uma faixa extremamente grande de comprimentos de onda e frequências que vai da região das ondas de rádio até os raios gama.



Fonte [6]

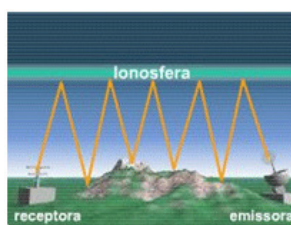
VEJA AGORA A DESCRIÇÃO DO ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO, DE ACORDO COM CADA FAIXA DE FREQUÊNCIA:

AS ONDAS DE RÁDIO

Uma onda de rádio é uma onda eletromagnética na faixa de comprimento de onda 10^4 m (10 km) a 10^{-1} m (10 cm).

Quando você sintoniza a Rádio Universitária, por exemplo, e o locutor anuncia: "você está ouvindo a FM 107,9 MHz - ZYC 407". Isso quer dizer que você está ouvindo uma estação de rádio transmitida por um sinal FM na frequência de 107,9 megahertz. As letras ZYC são códigos atribuídos pela ANATEL. Megahertz significa "milhões de ciclos por segundo", então "107,9 megahertz" significa que o transmissor da estação de rádio oscila numa frequência de 107.900.000 ciclos por segundo.

NÃO CONFUNDA AS ONDAS DE RÁDIO COM AS ONDAS SONORAS QUE VOCÊ OUVE.



Fonte [7]

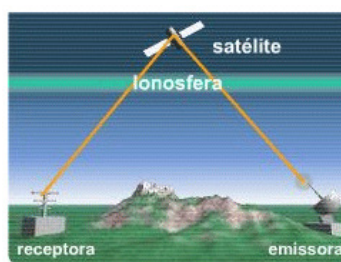
Ondas de rádio de uma certa faixa de frequência (ondas curtas) são facilmente refletidas pela camada ionizada da atmosfera (ionosfera) e por isso podem ser emitidas e captadas a grandes distâncias. De um modo geral, ondas de rádio são produzidas por oscilações de elétrons em antenas metálicas.

As ondas de rádio foram descobertas em 1888 por Heinrich Rudolf Hertz (1857 – 1894).

AS MICRO-ONDAS - TV E RADAR

Outra região importante do espectro é a região das micro-ondas, com frequência na faixa de 10^9 Hz. Essa faixa de frequência inclui os sinais de radar, telefones celulares e transmissões via satélite. Essas ondas não são refletidas pela ionosfera, assim podem ser captadas a longa distância.

As micro-ondas, na faixa de 2450 Hz, são também utilizadas para cozinhar e aquecer alimentos nos fornos de micro-ondas.



Fonte [8]

RADIAÇÃO

1 - A RADIAÇÃO INFRAVERMELHA

2 - A RADIAÇÃO VISÍVEL (A LUZ)

3 - A RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA

4 - OS RAIOS X

5 - A RADIAÇÃO GAMA

1. A RADIAÇÃO INFRAVERMELHA

Depois da luz visível, a radiação infravermelha foi a primeira a ser descoberta por William Herschell ((Curiosidade: William Herschell tornou-se famoso por ser o descobridor do planeta Urano)), em 1880.

A região do infravermelho é considerada como a zona compreendida entre os comprimentos de onda entre 700 nm (nanômetro) a 1 mm, com frequência na faixa de 300 GHz (1 GHz = 10⁹ Hz)) a 400 THz (1 THz = 10¹² Hz).

A radiação infravermelha é chamada também de radiação térmica e seu principal efeito é o de aquecer os objetos. Isso é uma consequência do fato da frequência da radiação infravermelha ser da mesma ordem de grandeza da frequência de vibração das moléculas que formam os objetos.

Todos os corpos, animal, vegetal ou mineral, emitem radiação infravermelha devido à agitação térmica de seus átomos e moléculas.



Fonte [9]

O calor que sentimos quando estamos próximos a uma fogueira, é, em grande parte, devido à propagação das ondas infravermelhas: radiação térmica.

Nossos olhos não veem a radiação infravermelha, mas a pele a detecta: Quando nos expomos ao sol, na praia, por exemplo, o ardor que sentimos na pele é a ação da radiação infravermelha.

2. A RADIAÇÃO VISÍVEL (A LUZ)

A luz visível constitui uma estreita faixa do espectro eletromagnético, apresentando comprimentos de onda entre 400 nm (luz violeta) a 700 nm (luz vermelha).

É capaz de excitar os nossos olhos, causando-nos a sensação de visão.

A menor frequência visível nos dá a sensação de vermelho e a maior frequência visível, a sensação de violeta.



Fonte [10]

A luz visível é apenas uma estreita faixa do espectro eletromagnético, mas para nós, humanos é extremamente importante, pois é usada no mecanismo da nossa visão.

A percepção do visível varia muito de uma espécie animal para a outra. Os cachorros e os gatos, por exemplo, não vêem todas as cores, apenas azul e amarelo, mas de maneira geral, em preto e branco numa nuance de cinzas.

Nós humanos vemos numa faixa que vai do vermelho ao violeta, passando pelo verde, o amarelo e o azul. Mesmo entre os humanos pode haver grandes variações.

As cobras veem no infravermelho e as abelhas no ultravioleta, cores para as quais somos cegos.

A frequência da luz visível cresce do vermelho para o violeta, conseqüentemente a energia da radiação também cresce.

A luz violeta por ter o menor comprimento de onda é a mais energética. A luz vermelha, ao contrário, é a menos energética, pois seu comprimento de onda é o maior na faixa do visível.

Não se esqueça, a energia é inversamente proporcional ao comprimento de onda:

$$E = \frac{hc}{\lambda}$$

3. A RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA

A radiação ultravioleta é a parte do espectro com comprimentos de onda compreendidos entre 100 nm e 200 nm.

A radiação ultravioleta é classificada em três tipos: radiação ultravioleta A (UVA), radiação ultravioleta B (UVB) e radiação ultravioleta C (UVC).

Denominação	Faixa de comprimento de onda (nm)	Denominação popular
UVA	400 – 315	Luz negra
UVB	315 – 280	Luz eritematogênica
UVC	280 – 100	Radiação germicida

Fonte: Radiação Ultravioleta: Características e Efeitos, Emico Okuno e Maria Aparecida C. Vilella, Ed. Livraria da Física , 2005

Nosso corpo absorve radiação eletromagnética de todo o espectro, mas em forma e intensidades distintas. As nossas células respondem de forma diversa á cada faixa do espectro eletromagnético.

As células da pele e os nossos olhos são particularmente sensíveis à radiação ultravioleta.

Na pele, um dos efeitos imediatos da radiação ultravioleta são a queimadura solar (eritema) e o bronzeamento (melanogênese). Os efeitos tardios são o fotoenvelhecimento e o câncer de pele.

O câncer de pele pode ocorrer devido a uma mutação num gene em decorrência da absorção da radiação ultravioleta pelo DNA. A mutação causada pela radiação ultravioleta é uma espécie de assinatura, já que ela não é produzida por nenhum agente cancerígeno conhecido.

Quanto mais a pessoa se expõe ao sol, maior o risco, principalmente nos horários de pico da intensidade da incidência da radiação solar, entre 10 horas e 16 horas.

Grande parte da radiação ultravioleta emitida pelo Sol em direção ao nosso planeta é absorvida pela camada de ozônio que envolve a Terra, protegendo-nos assim, da componente mais perigosa da radiação eletromagnética: a radiação UVC.

4. OS RAIOS X

Os raios X foram descobertos pelo físico alemão Wilhelm Conrad Röntgen (1845-1923) em 8 de novembro de 1895.



Fonte [11]

Esse tipo de radiação eletromagnética possui frequências altíssimas (de 10^{17} Hz a 10^{21} Hz), portanto sua energia é maior do que a da radiação ultravioleta.

Os Raios X, assim denominados por Röntgen, que desconhecia inicialmente a natureza daquela radiação, podem ser produzidos quando elétrons são acelerados em direção a um alvo metálico.

O raios X não têm carga elétrica, portanto não são defletidos por campos magnéticos. Isto é, se um feixe de raios X penetrar em uma região onde existe um campo magnético, não sofrerá nenhum desvio.

Os raios X têm a propriedade de atravessar materiais de baixa densidade, como os tecidos musculares, por exemplo, mas são absorvidos por materiais de densidade elevada, como, por exemplo, os nossos ossos.

Essa propriedade foi de imediato utilizada pela Medicina, na obtenção de radiografias.

Nesse site

http://www.if.ufrgs.br/tex/fis142/fismod/mod06/m_s01.html [12] você poderá conhecer em detalhes, a descoberta dos raios X.

5. A RADIAÇÃO GAMA

Ondas eletromagnéticas que apresentam as mais altas frequências (5×10^{19} Hz até aproximadamente 10^{22} Hz) do aspecto eletromagnético onde elas se localizam na faixa de comprimentos de onda entre 6 pm ($1 \text{ pm} = 10^{-12}$ m) até aproximadamente 0,3 fm ($1 \text{ fm} = 10^{-15}$ m.).

Raios Gama, como os Raios X, não têm carga elétrica. São muito penetrantes podendo atravessar todo o nosso corpo e causar danos irreversíveis ao nosso organismo.

A radiação gama é emitida pelos núcleos atômicos dos elementos quando eles se desintegram.

A radiação gama, por ser altamente energética é utilizada no tratamento de tumores cancerígenos, porque destrói as células malignas.

As bombas nucleares lançadas sobre Hiroshima e Nagasaki em Agosto de 1945, promoveram fortes emissões de radiação gama em virtude dos processos de fissão nuclear envolvidos no processo.



Fonte: [13]



OLHANDO DE PERTO

O espectro eletromagnético também é chamado de arco-íris de Maxwell.



CURIOSIDADE

Você sabia que embora o crédito da invenção do primeiro transmissor de ondas eletromagnéticas, seja dado ao italiano Guglielmo Marconi (1874 – 1937) foi um brasileiro, o Padre Roberto Landell de Moura (1861 – 1928) [14] um dos pioneiros na descoberta do telefone sem fio, ourádio [15] ?

UM BRASILEIRO NAS ONDAS DE RÁDIO



Roberto Landell de Moura [16]

Em 1893, muito antes da primeira experiência realizada por Guglielmo Marconi, o padre gaúcho Roberto Landell de Moura realizava, em São Paulo, do alto da Av. Paulista para o alto de Sant'Ana, as primeiras transmissões de telegrafia e telefonia sem fio, com aparelhos de sua invenção, numa distância aproximada de uns oito quilômetros em linha reta, entre aparelhos transmissor e receptor. Esse feito foi presenciado pelo Cônsul Britânico em São Paulo, C. P. Lupton, autoridades brasileiras, o povo e vários capitalistas paulistanos.

Nas palavras do próprio padre Landell:

“Os americanos, decorridos 17 anos de prazo que marca a lei das patentes, puseram em execução prática as minhas teorias. Não sou menos feliz por isso. Eu vi sempre nas minhas descobertas, uma dádiva de Deus.”

O transmissor de ondas, primeiro invento de Landell de Moura:



Fonte [17]

FONTES DAS IMAGENS

1. <http://www.mestredicas.com/wp-content/uploads/2012/06/arco-iris-lindas-fotos.jpg>
2. [http://www.brasilecola.com/upload/e/raio%20X\(1\).jpg](http://www.brasilecola.com/upload/e/raio%20X(1).jpg)
3. <http://www.brasilecola.com/upload/conteudo/images/microondas.jpg>
4. http://www.camadasatmosfera.xpg.com.br/Figuras/ondas_radio.jpg
5. <http://blog.efacil.com.br/wp-content/uploads/2010/10/tv-led.png>
6. <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/f/fc/Spectre.svg/300px-Spectre.svg.png>
7. http://4.bp.blogspot.com/_dYkyHOuGzeg/R5PzGQOdFuI/AAAAAAAAA BJw/JaH9JSCXgkM/s200/frecuencias+Radio_AM.jpg

8. [http://2.bp.blogspot.com/_dYkyHOuGzeg/R5PzPwOdFvI/AAAAAAAAA
BJ4/OkufaomsVTs/s200/frecuencias+Radar_e_microondas.jpg](http://2.bp.blogspot.com/_dYkyHOuGzeg/R5PzPwOdFvI/AAAAAAAAA
BJ4/OkufaomsVTs/s200/frecuencias+Radar_e_microondas.jpg)
9. [http://4.bp.blogspot.com/_1Y45HoyhOtU/TB_hzeVhL8I/AAAAAAAAA
Hs/SSHZijRlMD8/s1600/fogueira.jpg](http://4.bp.blogspot.com/_1Y45HoyhOtU/TB_hzeVhL8I/AAAAAAAAA
Hs/SSHZijRlMD8/s1600/fogueira.jpg)
10. http://www.las.inpe.br/~cesar/Infrared/gifs/espec_vis.jpg
11. [http://www.dentalpress.com.br/cms/wp-
content/uploads/2008/02/raio-x_450.jpg](http://www.dentalpress.com.br/cms/wp-
content/uploads/2008/02/raio-x_450.jpg)
12. http://www.if.ufrgs.br/tex/fis142/fismod/modo6/m_s01.html
13. [http://nautilus.fis.uc.pt/wwwfi/hipertextos/espectro/img/esp_gama_
bomba.gif](http://nautilus.fis.uc.pt/wwwfi/hipertextos/espectro/img/esp_gama_
bomba.gif)
14. http://pt.wikipedia.org/wiki/Roberto_Landell_de_Moura
15. <http://www.aminharadio.com/radio/replica>
16. http://www.oconsolador.com.br/11/padre_landel.jpg
17. [http://www.brasilcultura.com.br/wp-
content/uploads/2009/07/landell5-300x254.jpg](http://www.brasilcultura.com.br/wp-
content/uploads/2009/07/landell5-300x254.jpg)
18. <http://www.denso-wave.com/en/>

