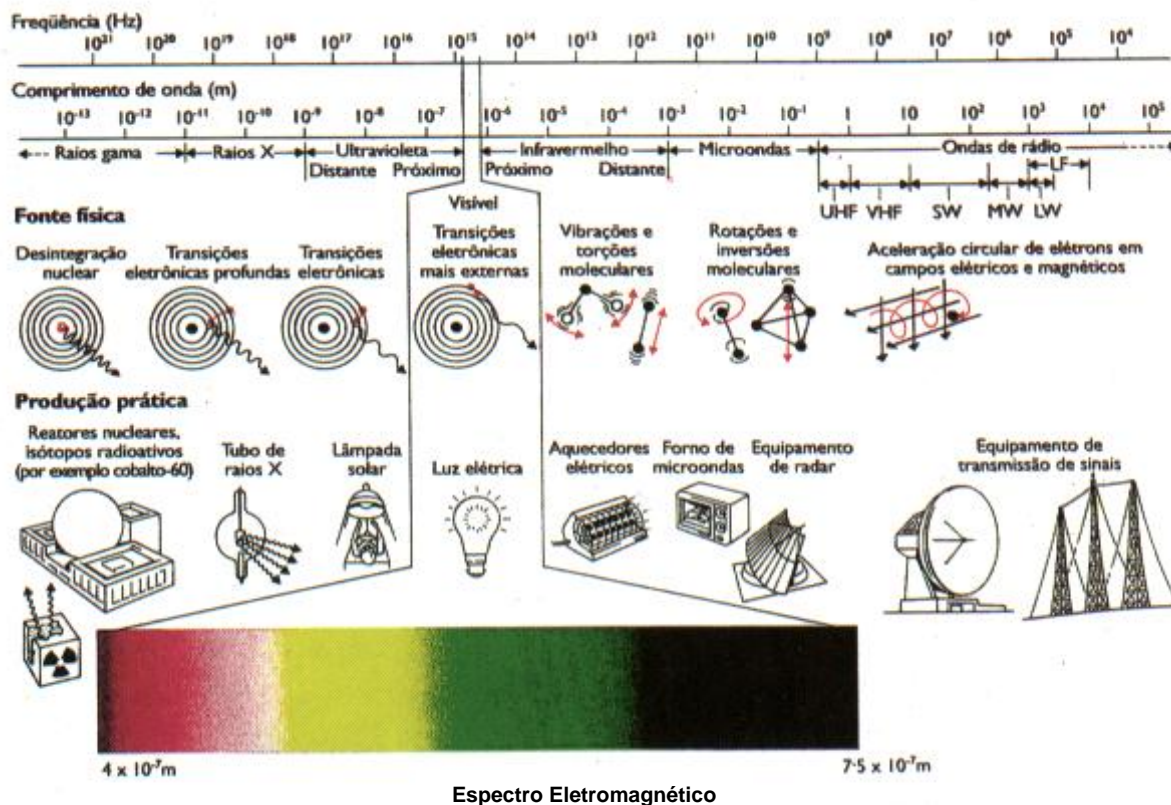


Espectro Eletromagnético (Introdução)

Quando acendemos uma vela ou quando ligamos uma lâmpada incandescente ou mesmo quando olhamos para os raios do Sol, temos em comum nestes três exemplos a presença da luz. Desde a sua identificação por Maxwell como sendo uma onda eletromagnética, muitas outras ondas eletromagnéticas foram descobertas com comprimentos de ondas que vão desde o tamanho do raio da Terra (aproximadamente 6.370 km) até o tamanho do núcleo atômico (aproximadamente 10^{-15} m). Podemos dar como exemplos de ondas eletromagnéticas as ondas de rádio, as microondas, os raios infravermelhos, os raios ultravioleta, os raios X, os raios gama e os raios cósmicos. O conjunto destas ondas é chamado de **espectro eletromagnético**.

O espectro eletromagnético é composto então por ondas que se propagam no vácuo com a velocidade da luz ($c = 3 \cdot 10^8$ m/s), sem a necessidade de um meio material. Na figura abaixo temos o espectro eletromagnético com as muitas frequências e comprimentos de onda que a compõem, e que podem ser relacionados pela expressão $c = \lambda \cdot f$, onde λ representa o comprimento de onda, em metros (m), e f a frequência da onda eletromagnética, medida em Hertz (Hz).

Devemos perceber que quando dizemos que temos uma onda eletromagnética do tipo infravermelha, ou simplesmente, radiação infravermelha, na verdade temos um conjunto de ondas dentro de um intervalo de frequências (ou comprimentos de onda) que receberam essa denominação. Na figura abaixo, percebemos que o intervalo de frequência da luz visível corresponde a uma faixa muito pequena, sendo a menor de todas.



Como ondas eletromagnéticas possuem comprimentos de onda com valores desde muito pequenos a muito grandes, podemos representar esses comprimentos através de unidades de medida adequadas. A tabela a seguir apresenta algumas unidades muito usadas para o comprimento de onda de algumas radiações eletromagnéticas:

Tipo de Onda Eletromagnética	Comprimento de Onda	Observação
Rádio, TV, Radar	de 3 km a 1 cm	1 km = 1.000 m = 10^3 m 1m = 100 cm = 10^2 m
Raios Infravermelhos	de 0,01 cm a 8.000 Å	Å = angstrom 1 Å = 10^{-8} cm = 10^{-10} m
Luz Visível	de 7.500 Å a 3.900 Å	-
Raios Ultravioleta	de 3.900 Å a 2.000 Å	-
Raios X	de 100 Å a 0,1 Å	-
Raios Gama	de 0,1 Å a 0,0001 Å	-

Os fótons da radiação eletromagnética

Podemos dizer que toda radiação eletromagnética é composta de um feixe de partículas denominadas **fótons**. Os fótons podem ser considerados como partículas elementares. Assim, sempre que você estiver em contato com a luz, seja qual for o tipo de luz, por exemplo, do Sol, das estrelas ou de uma lâmpada elétrica, você estará em contato com essas partículas elementares. Essas partículas, os fótons, estão em todo o Universo com certeza e em todas as suas regiões. Eles são muito numerosos no Universo. Excedem em muito as demais partículas. Na realidade, quando falamos dos fótons estamos falando não de um ou dois, mas de bilhões e bilhões de fótons.

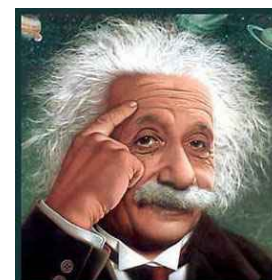
Se os fótons são tão numerosos, por que não sentimos os seus efeitos? Na realidade, podemos sentir os efeitos associados à presença de grande número de fótons. Por exemplo, só podemos ver um objeto ao nosso redor se tivermos luz à nossa disposição. Fótons com energia compreendida entre determinados valores, e desde que em grande número, compoem uma onda eletromagnética, são capazes de sensibilizar um dos nossos sentidos, o sentido da visão.

Os fótons são partículas que apresentam propriedades interessantes. Vejamos algumas dessas propriedades:

1º) São partículas que não apresentam massa;

2º) São partículas que possuem energia bem definida.

Einstein em 1905, quando explicou o Efeito Fotoelétrico, o qual lhe deu anos mais tarde em 1921 o prêmio Nobel de Física, inferiu que a energia de um fóton (ou quantum de energia) é dada pela expressão: $E = n \cdot h \cdot f$, onde:



Albert Einstein (1879-1955)

E = representa a **energia do fóton**, medida em **Joules (J) ou elétron-volt (eV)**¹;

n = representa o **número de fótons**;

h = representa a **constante de Planck** que apresenta o seguinte valor: **$h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ J.s**;

f = representa a **freqüência da radiação**, medida em **Hertz (Hz)**.

Assim, podemos dizer cada fóton corresponde a um pequeno pacote de energia, um **quantum**, é por isso que podemos chamá-lo de “corpúsculo” ou “partícula” de energia. Um conjunto de fótons pode ser chamado de **quanta** de energia. Assim podemos perceber pela expressão acima que a energia de um fóton é **quantizada**, isto é, só pode assumir **valores múltiplos de $h \cdot f$ (0, 1 hf; 2 hf; 3 hf, ...)**.

3º) O fóton **não tem carga elétrica**. Esta é outra propriedade interessante do fóton. Isso quer dizer apenas que ele não é atraído ou repelido por ímãs ou por objetos eletrizados.

4º) A **velocidade de qualquer fóton**, não importa sua energia, é de aproximadamente **$3 \cdot 10^8$ m/s**, no vácuo. Desta forma, a velocidade do fóton é a velocidade limite na natureza, não havendo objeto capaz de se movimentar com velocidade maior que a de um fóton.

Diante destes fatos podemos concluir o seguinte:

Para cada radiação eletromagnética existirá um fóton de energia correspondente e com uma energia definida pela expressão $E = h \cdot f$, movendo-se com uma velocidade $c = 3 \cdot 10^8$ m/s.

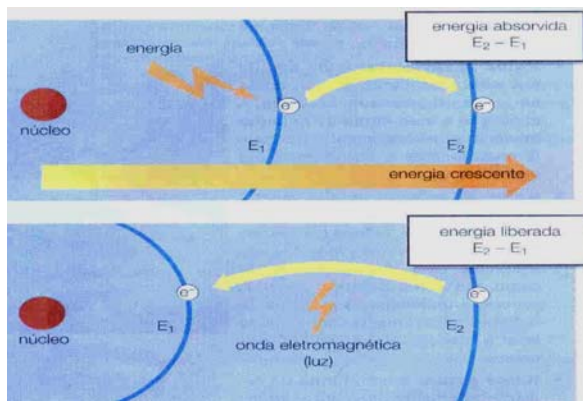
Os fótons e o modelo Atômico de Bohr

Em 1913, o físico dinamarquês Niels Bohr (1885-1962), prêmio Nobel em 1922, propôs um novo modelo para o átomo, uma vez que o modelo antecessor conhecido como modelo planetário de Rutherford, apresentava inconsistências quanto ao movimento de um elétron em sua eletrosfera. Neste caso, o elétron deveria segundo a teoria eletromagnética de Maxwell, emitir radiação eletromagnética, caindo de encontro ao núcleo, pois era o que previa a teoria para uma carga acelerada. Porém, isso de fato não ocorria, pois as eletrosferas dos átomos são estáveis. Assim, evidenciou-se a necessidade de se propor um novo modelo atômico.

O modelo atômico de Bohr postulava que, para a eletrosfera de um átomo só podem existir determinados níveis de energia, denominados de **estados estacionários ou quânticos**: a cada um desses estados corresponde uma determinada energia. Em seu modelo, Bohr propôs que, em um **estado estacionário, o átomo não emite radiação**. Assim, sua eletrosfera mantém-se estável. Experimentos realizados em 1914 por James Frank (1882-1964) e Gustav Hertz (1887-1975), ambos físicos alemães, confirmaram a existência dos estados estacionários.

¹ Um **elétron-volt (eV)** corresponde a energia necessária para que um elétron, com carga de $1,6 \cdot 10^{-19}$ C, seja acelerado ao atravessar uma diferença de potencial de 1 V. Assim temos: **$1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ ou $1 \text{ J} = 6,25 \cdot 10^{18} \text{ eV}$** . A unidade **eV** é muito utilizada, assim como seus múltiplos: **keV** (quiloelétron-volt) e **MeV** (megaelétron-volt). Assim temos: **$1 \text{ keV} = 1.000 \text{ eV} = 10^3 \text{ eV}$ e $1 \text{ MeV} = 1.000.000 \text{ eV} = 10^6 \text{ eV}$** .

Bohr também postulou que todo átomo, ao passar de um estado estacionário para outro, emite ou absorve um quantum de energia igual à diferença entre as energias correspondentes aos dois estados, conforme mostra a figura ao lado. Assim, cada quantum de energia que é emitido ou absorvido, corresponde a fótons com uma frequência (f) e energia (E) bem definidos pela relação $E = h.f$.



O átomo emitindo luz

Desta forma, percebemos que: o elétron “saltará” do nível de **menor energia** (E_1) para o nível de **maior energia** (E_2) se **absorver** um quantum $h.f$, tal que $h.f = E_2 - E_1$; da mesma forma, o elétron ao retornar do nível de **maior energia** (E_2) para o nível de **menor energia** (E_1) se **emitir** um quantum de radiação $h.f$, tal que $h.f = E_2 - E_1$.

Com base neste modelo e utilizando os postulados de Bohr, podemos explicar as diferentes colorações que temos na chama de uma vela da seguinte forma: Cada coloração que percebemos na chama de uma vela, corresponde a fótons de energias diferentes que são emitidos quando elétrons estão realizando transições entre níveis de maior energia para níveis de menor energia, conforme é apresentado nos postulados de Bohr. Assim, para cada coloração presente na chama de uma vela, temos fótons sendo emitidos com frequência e energia bem definidos e que estão relacionados pela expressão: $E = h \cdot f$.

Questões

1-) Consultando a figura do espectro eletromagnético da primeira página deste texto, responda:

- Quem tem maior frequência: uma radiação ultravioleta ou uma radiação infravermelha?
- Quem tem maior comprimento de onda: os raios X ou as ondas de rádio?
- Qual o intervalo de frequência, aproximadamente, dos raios gama?
- Que radiação tem um comprimento de onda da ordem de 10^{-2} m?

2-) O que são fótons? Quando um átomo emite luz?

3-) Voltando a experiência sobre a análise da chama de uma vela realizada na aula anterior, percebemos que ela apresentou diferentes colorações, onde se destacaram as seguintes cores: **amarela** e **azul**. Determine através da expressão $E = n \cdot h \cdot f$:

- a energia, em Joules (J) e em elétron-volt (eV), de **um fóton** da luz **amarela** e da luz **azul**, sabendo que a frequência da cor **amarela** é de $5,3 \cdot 10^{14}$ Hz e da cor **azul** é de $6,3 \cdot 10^{14}$ Hz.
- Compare-as e diga quem tem o maior e o menor valor de energia. Estes valores estão de acordo com o que foi discutido na aula anterior?

4-) Pesquise em qualquer livro didático de Física, qual o **segundo Postulado da Teoria da Relatividade Especial de Einstein**. Escreva-o em seu caderno. Procure dar um exemplo que ilustre o significado deste postulado.

(Dica: Pode ser feito um desenho ou esquema para facilitar a sua explicação)