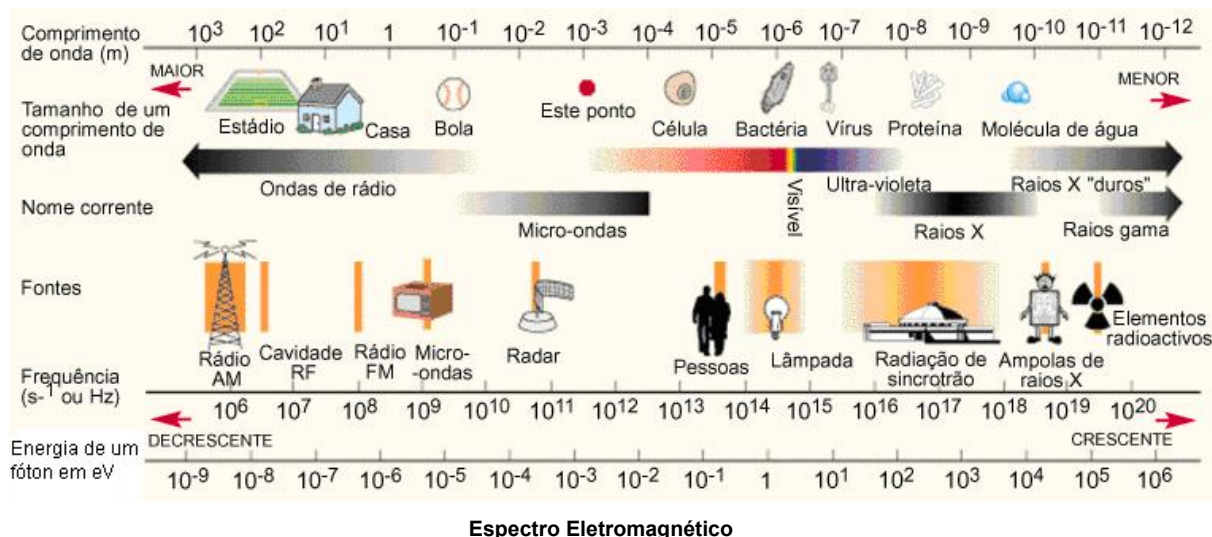


Interação da Radiação com a Matéria e seus Efeitos

Na figura abaixo, temos novamente o esquema do espectro eletromagnético, mostrando as faixas de frequência que classificam os diversos tipos de radiações.



O conjunto das radiações eletromagnéticas pode também ser classificado segundo os efeitos de alteração estrutural que provoquem, ou não, em átomos ou moléculas da matéria sobre as quais elas incidam. Nesta perspectiva, as radiações são diferenciadas entre:

- **não-ionizantes** e;
- **ionizantes**.

As radiações ionizantes são aquelas que provocam uma ruptura na organização elétrica do átomo ou molécula, arrancando-lhe, com o choque na passagem, um ou mais elétrons de sua estrutura, tornando-o(a) um íon e quimicamente ativo(a). As **radiações ionizantes** encontram-se no extremo superior do espectro de frequências, onde encontramos **os raios-X, os raios γ e os raios cósmicos**.

As radiações não-ionizantes não provocam tais efeitos. As alterações provocadas são temporárias; os átomos e moléculas atingidos por radiações não-ionizantes permanecem intactos na sua organização eletrônica, quando essas alterações desaparecem pelo retorno ao estado fundamental de energia mínima. As **radiações não-ionizantes** compreendem desde as **ondas de rádio até as radiações ultravioletas**.

Desta forma, a **energia associada aos fótons** de cada radiação é que determinam o seu **caráter ionizante ou não**. Por exemplo, para o nosso corpo que é constituído principalmente de átomos de carbono, oxigênio, nitrogênio e hidrogênio, temos como **limiar biológico uma energia da ordem de 13,6 eV**, energia esta necessária minimamente para que se possa ionizar algum dos átomos mencionados anteriormente em nosso corpo. Essa energia corresponde a uma radiação com **freqüência de aproximadamente $3,3 \cdot 10^{15}$ Hz e comprimento de onda na faixa do ultravioleta, por volta de 909 Å**.

Efeitos das Radiações Ionizantes e Não-Ionizantes na Matéria

Vamos fazer novamente um pequeno passeio pelo espectro eletromagnético, onde tentaremos identificar para cada uma das faixas de radiações ionizantes e não-ionizantes apontadas anteriormente, suas características, recordando suas origens, suas formas de interação com a matéria e os efeitos produzidos por essa interação e, ainda, destacando as principais aplicações que nos beneficiam, bem como danos ou prejuízos que nos causem.

Ondas de Rádio

Nosso passeio começará pelo extremo onde se encontram as radiações de baixa frequência, na direção daquelas, no outro extremo, de frequência mais alta. Ou, o que equivale, em termos de comprimentos de onda, das ondas de maior comprimento de onda para as de menores comprimentos de onda.

As ondas de rádio são aquelas cujas frequências se encontram no intervalo de 10^5 a 10^{10} Hz, que apresentam os maiores comprimentos de ondas do espectro, na faixa de 3 km a 3 cm e portam energias inferiores a 10^{-5} eV. Elas são geradas por circuitos oscilantes, em transmissores de estações, mas também em grandes corpos no espaço, tais como cometas, planetas ou nuvens de gás gigantes. São ondas deste tipo que trazem até nós os sinais que recebemos nos nossos aparelhos de rádio, TV e telefones celulares. No nível atômico e molecular, **as ondas de rádio não provocam efeitos sobre a matéria; o corpo humano, como a maioria dos materiais, é transparente** a essas radiações.

Microondas

No intervalo de 10^{10} a 10^{12} Hz estão as microondas. Os comprimentos de onda respectivos situam-se na faixa de 3 cm a $300 \mu\text{m}^1$; elas transportam energias de 10^{-5} a 10^{-3} eV. As microondas são geradas por válvulas eletrônicas especiais. Nessa faixa energética encontram-se apenas estados quânticos de rotação e de torsão molecular. Logo, os **efeitos** que uma **microonda** provocará em **moléculas** serão aqueles de **girar ou torsionar as moléculas da matéria** que recebe a radiação, produzindo calor como resultado destes movimentos. É desta forma que um forno de microondas opera, aquecendo/cozinhando os alimentos. Mas é também pela mesma razão, que microondas são usadas na pesquisa para se obter informações sobre a estrutura de moléculas. A partir da análise dos espectros de rotação molecular é possível se determinar a intensidade das ligações químicas e os ângulos formados por moléculas; **Microondas** são também usadas para a transmissão de informações porque elas **atravessam nuvens, chuva, neve e fumaça**; elas são empregadas em radares, sensoriamento remoto e, ainda, em telefonia celular e transmissão de dados informatizados.

¹ 1 micrômetro ($1\mu\text{m}$) = $0,000001 \text{ m} = 10^{-6} \text{ m}$.

Raios Infravermelhos

Continuando o passeio, seguem-se as ondas (ou raios) infravermelhas, ou ondas de calor, ou ainda radiação térmica, situadas na faixa de 10^{11} a $4 \cdot 10^{14}$ Hz, com comprimentos de onda entre 1 milímetro e 750 nanômetros e energias na faixa de 0,0012 a 1,65 eV. As ondas infravermelhas são geradas pela vibração ou oscilação dos elétrons das camadas mais externas de átomos e moléculas. Ao interagir com a matéria, as **ondas infravermelhas colocam as moléculas em vibração**. No cotidiano, **experimentamos os efeitos dessas interações quando sentimos calor** proveniente do Sol, de radiadores, de ferros de passar roupa, e até de nosso próprio corpo.

Radiações infravermelhas **são utilizadas** para diversas finalidades: aquecimento/cozimento de alimentos em fornos de restaurantes, nos controles remotos de aparelhos elétricos/eletrônicos, na formação de imagens, com câmeras e filmes especiais sensíveis a essas radiações, e em terapias. Às radiações infravermelhas está associado o efeito estufa que é usado beneficemente em agricultura e jardinagem, mas também responsável pelo aquecimento global da Terra. O efeito estufa é o papel que a camada de CO_2 da atmosfera desempenha, impedindo que as radiações solares refletidas na faixa do infravermelho se propaguem para longe da Terra a fim de manter a temperatura em níveis adequados à vida, à disponibilidade de água, produzindo mudanças climáticas.

Luz Visível

Prosseguindo, chegamos à faixa das radiações visíveis, que, genericamente, identificamos como luz. Em comparação com amplitude total do espectro, a luz ocupa uma faixa muito estreita de frequência, situada entre o infravermelho e o ultravioleta, que vai de $4,3 \cdot 10^{14}$ a $7,5 \cdot 10^{14}$ Hz, correspondente a comprimentos de onda de 750 a 400 nanômetros e a energias de 1,65 a 3,1 eV. A origem da luz está nas oscilações ou transições dos elétrons entre as camadas mais externas dos átomos, conforme visto anteriormente quando estudamos os modelos atômicos. Estas radiações são essenciais para a existência da vida uma vez que propiciam a realização da fotossíntese pelas plantas, além de favorecerem o aparecimento das condições climáticas para o equilíbrio do mundo em que vivemos.

Radiação Ultravioleta

Tendo atravessado a estreita faixa de frequência do visível, nosso passeio se aproxima do extremo superior do espectro, alcançando a região das radiações ultravioleta, ou radiações UV. Tal denominação, o prefixo latino **ultra** significa **além**, como você pode perceber, vem da posição ocupada por estas radiações na escala de frequência, além da luz violeta, a última radiação visível para nós. As radiações UV têm frequências entre $7,5 \cdot 10^{14}$ e $3 \cdot 10^{16}$ Hz, que

correspondem a comprimentos de onda na faixa de 400 nm a 10 nm e a energia compreendidas entre 1,8 a 3,1 eV.

Nesta faixa de energia está o limiar entre as radiações não-ionizantes e as ionizantes. Tal como a luz, as radiações ultravioletas também se originam de transições eletrônicas das camadas mais externas dos átomos. Aquelas de menores comprimentos de onda (de frequências mais altas) têm energia no patamar da energia de ionização de muitas moléculas, tornando-se assim muito perigosas, pois provocam muitos danos à saúde; podemos fazer um pequeno jogo de palavras, afirmando que as radiações ultravioletas são ultra violentas! Sua fonte primária é o Sol, mas elas também são produzidas em dispositivos criados pelo homem. Um exemplo disso são os arcos de solda elétrica, usados para soldar metais. Dado às altas energias que carregam, **as radiações ultravioletas são fortemente absorvidas pela maioria das substâncias sólidas.** Sobre a **pele**, o seu efeito é muito conhecido: o **tom bronzeado** que adquirimos no verão; vem justamente da absorção pela nossa pele das radiações UV emitidas pelo Sol. Mas também aí reside o perigo maior de se adquirir também um **câncer de pele**. Os protetores solares são substâncias que absorvem os raios UV, impedindo a sua ação sobre nossa pele.

Nossos **olhos** são particularmente suscetíveis aos danos das radiações ultravioletas, pois elas provocam a conhecida **inflamação UV ou mesmo a cegueira**, provocada pela reflexão das radiações UV na neve que é uma das poucas substâncias que não as absorve, mas as reflete. Não é por outra razão que você vê um soldador usar um visor de proteção quando faz uma solda elétrica.

Como toda radiação, a UV não tem só riscos, ou representa só ameaças para nós, existem também, felizmente, os bons usos, tanto em terapias, quanto em tecnologias. Quanto às primeiras, destacamos o uso de das radiações UV para estimular o sistema imune e os sistemas de várias enzimas.

Raios X, Raios Gama e Raios Cósmicos

Chegamos ao fim do nosso passeio, chegando as **radiações ionizantes, que compreendem os raios X, a radiação γ e os raios cósmicos.**

Devemos lembrar que os raios cósmicos são as radiações de altíssima energia, da ordem de de 100 a 1000 trilhões de elétron-volts, que chegam à Terra, vindas do espaço, cujas fontes estão na longínqua constelação Cygnus, situada a 37 mil anos-luz² da Terra. Já os raios X e raios γ são ondas eletromagnéticas também muito energéticas, com energias entre 1000 eV a 200.000 eV, para os raios X, e maiores que 200.000 eV, para os raios gama. São extremamente penetrantes, e diferem um do outro quanto à origem, pois os raios γ se originam dentro do núcleo atômico, enquanto que os raios X têm origem fora do núcleo, na desexcitação dos elétrons.

² Ano-luz: distância que a luz percorre em 1 ano; 1 ano-luz = $9,5 \cdot 10^{15}$ m.

Estas radiações interagem com a matéria através do **efeito fotoelétrico**³, pelo **efeito Compton**⁴ ou **pela produção de pares**⁵, e nesses efeitos são emitidos elétrons ou pares elétron-pósitron⁶ que, por sua vez, **ionizam a matéria**. Para blindagem desse tipo de radiação usa-se chumbo, concreto, aço ou terra.

Questões

1-) Qual a diferença entre as radiações ionizantes e as radiações não-ionizantes? Dê um exemplo de cada uma delas.

2-) Complete a tabela abaixo, preenchendo as colunas de energia, comprimento de onda, dimensões típicas das radiações e a sua classificação como radiações ionizantes ou não-ionizantes. Consulte o texto para ajudá-lo neste preenchimento:

Tipo de Radiação	Energia (E)	Comprimento de Onda (λ)	Dimensões Típicas	Classificação da Radiação	Aplicações em nosso cotidiano
<i>Ondas de Rádio</i>					
<i>Microondas</i>					
<i>Raios Infravermelhos</i>					
<i>Luz Visível</i>					
<i>Raios Ultravioletas</i>					
<i>Raios X</i>					
<i>Raios Gama</i>					

³ Efeito Fotoelétrico: corresponde ao fenômeno de emissão de elétrons por certos metais, quando expostos à luz de determinadas frequências.

⁴ Efeito Compton: corresponde ao fenômeno de espalhamento de um fóton por um elétron em um material. O fóton espalhado tem menor frequência e, portanto, menor energia que o fóton incidente.

⁵ Produção de Pares: formação de um par elétron-pósitron, por fótons com energia mínima de 1,022 MeV.

⁶ Pósitron: antipartícula do elétron, que possui carga elétrica oposta a dele.