

## Espectro Eletromagnético (Parte III)

Nesta aula estudaremos os raios ultravioleta que são raios muito utilizados em câmaras de bronzamento artificial, dos raios X que são essenciais para os diagnósticos médicos, além dos raios gama que são os raios mais energéticos liberados na explosão de uma bomba atômica.

### Raios Ultravioleta (UV)

Os raios ultravioleta são ondas eletromagnéticas com comprimentos de onda entre 400 nm e 100 nm, correspondentes a frequências que alcançam até  $10^{18}$  Hz. Esta denominação é devido a sua frequência ser acima do violeta da luz visível. A energia contida nos raios ultravioleta de grande comprimento de onda é suficiente para estimular a produção de um pigmento nas células da pele conhecido como melanina. A este fenômeno de estimulação damos o nome de bronzamento, sendo ele responsável pela proteção da nossa pele quanto à exposição exagerada aos raios do Sol, por exemplo. Esta parte de baixa energia dos raios ultravioleta não apresenta riscos para a saúde.



O Sol emite muito ultravioleta



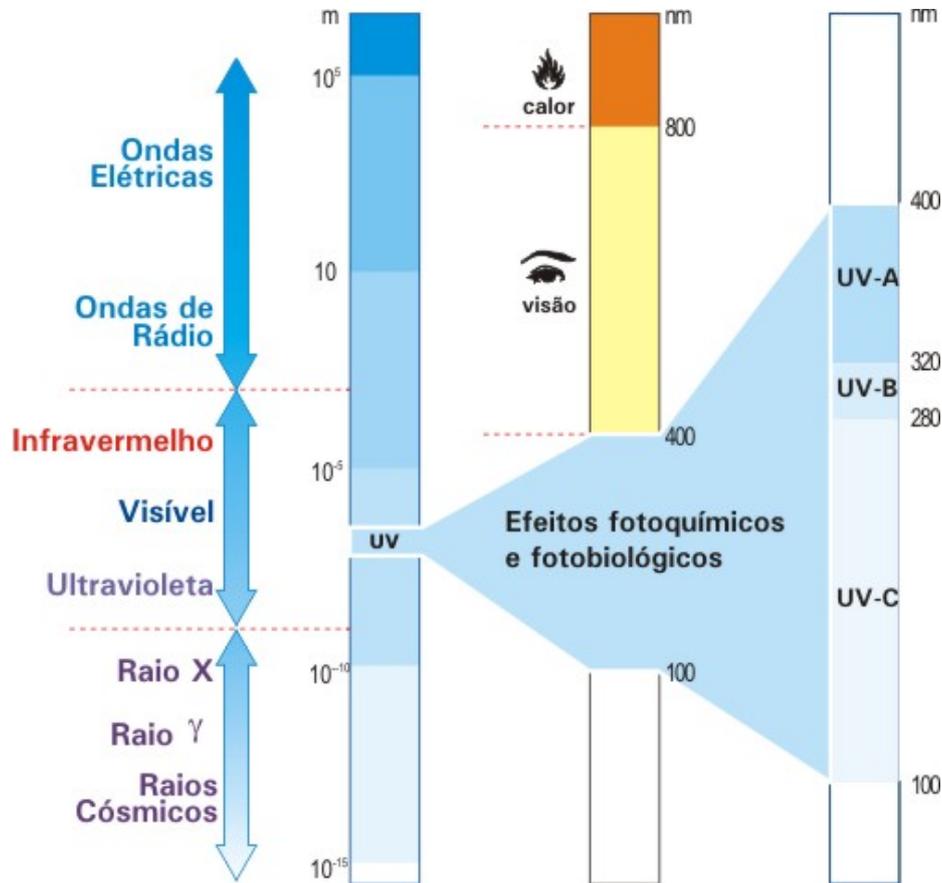
Pessoa passando um filtro solar

Os raios ultravioleta de pequeno comprimento de onda, por outro lado, possuem uma energia bem maior, suficiente para danificar as células da pele, causando queimaduras e câncer de pele em seres humanos. Daí a necessidade de proteger a pele usando um protetor solar. O poder destrutivo dos raios ultravioleta é usado nos hospitais para esterilizar instrumentos cirúrgicos.

O Sol produz raios ultravioleta em grande quantidade. Felizmente, a atmosfera da Terra, e particularmente a camada de ozônio, absorve grande parte desses raios, protegendo assim os seres vivos que habitam o nosso planeta. Mesmo assim, as pessoas que passam muito tempo expostas ao Sol devem proteger a pele passando um filtro solar, que é transparente à luz visível, mas absorve os perigosos raios ultravioleta.

A radiação ultravioleta que atinge a Terra se divide em radiação UVA e UVB, embora haja também os raios UVC, que não chegam até o nosso planeta. A radiação UVA, é a maior parte do espectro ultravioleta e possui intensidade constante durante todo o ano, atingindo a pele praticamente da mesma forma durante o inverno ou o verão. Sua intensidade também não varia muito ao longo do dia, sendo pouco maior entre 10 e 16 horas que nos outros horários.

Os raios UVA penetram profundamente na pele, sendo os principais responsáveis pelo fotoenvelhecimento. Tem também importante participação nas fotoalergias e também predispõe a pele ao surgimento do câncer. É interessante saber que o UVA também está presente nas câmaras de bronzamento artificial, em doses mais altas do que na radiação proveniente do Sol.



Os raios ultravioleta (UV) estão divididos em UVA, UVB e UVC

A radiação UVB já tem uma incidência bem maior durante o verão, especialmente entre 10 e 16 horas. Os raios UVB penetram superficialmente na pele e são os causadores das queimaduras solares, que são as principais responsáveis pelas alterações celulares que predispõem ao câncer de pele. Assim, fica o alerta para o fato de que, sendo apenas os raios UVB que causam as queimaduras solares, o fato da pessoa não ter ficado vermelha não significa que não tenha sido atingida danosamente pela radiação UVA. Aquele sol de inverno que pareceu não causar problemas porque você não se queimou nada, na verdade também está prejudicando sua pele favorecendo, principalmente, o seu envelhecimento, da mesma forma que as câmaras de bronzamento artificial.

Nas câmaras de bronzamento artificial a quantidade de UVA emitida pode chegar a ser 10 vezes maior que a da luz solar. Pode-se imaginar o dano causado à pele por este tipo de tratamento. Este dano, somente aparece muitas vezes com o passar dos anos. Desta forma, especialistas afirmam que o uso destas câmaras para bronzamento deve ser evitado e o uso de filtro solar imprescindível a tempos de exposição ao Sol muito prolongados.

Os filtros solares podem ser químicos (absorvem os raios UV) ou físicos (refletem os raios UV). É comum a associação de filtros químicos e físicos para se obter um filtro solar de FPS mais alto. A sigla FPS significa Fator de Proteção Solar e todo filtro solar tem um número que determina o seu FPS, que pode variar de 2 a 60 (até agora, nos produtos comercializados no Brasil). O FPS mede a proteção contra os raios UVB, responsáveis pela queimadura solar, mas não medem a proteção contra os raios UVA.



**Filtro solar**



**Lâmpada de luz negra usada em festas**

Na matéria, os átomos de algumas substâncias absorvem raios ultravioleta e emitem parte da energia na forma de luz visível. Convém lembrar que tanto a luz visível como os raios ultravioleta são ondas eletromagnéticas, mas a luz visível tem um comprimento de onda maior, e portanto uma energia menor que a dos raios ultravioleta. Este fenômeno, conhecido como fluorescência, é responsável pelos efeitos de “luz negra” tão populares em casas noturnas e festas. Este fenômeno tem explicação no átomo, nas transições de elétrons entre níveis de energia e o tempo de transição entre esses níveis.

Hoje os raios ultravioleta são usados também em máquinas que permitem identificar cédulas de dinheiro falsas, pois a tinta usada nas cédulas falsas reflete esta luz de forma diferente de uma cédula verdadeira.



**Máquina identificadora de cédulas falsas de dinheiro com UV**

## **Raios X**

Os raios X são ondas eletromagnéticas com comprimento de onda entre 100 nanômetros e 0,1 nm. Estas ondas de alta energia podem atravessar, com maior ou menor atenuação, quase todos os materiais. Por esta razão, os raios X são muito usados na medicina para obter imagens de ossos e órgãos internos. Os raios X também são usados na indústria para inspecionar peças em busca de trincas e outros defeitos.

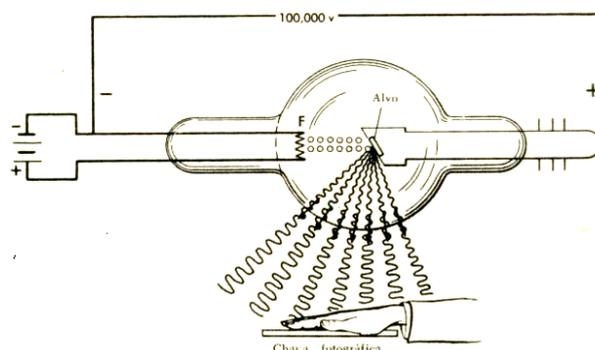


Radiografia da mão



Radiografia da cabeça de um Homo Sapiens

Os tubos de raios X usados por médicos e dentistas se parecem com lâmpadas incandescentes. Em uma extremidade do tubo, existe um filamento de tungstênio que é aquecido a altas temperaturas por uma corrente elétrica, como o filamento de uma lâmpada. Na outra extremidade do tubo existe uma placa de metal. Para produzir os raios X, é aplicada uma alta tensão entre o filamento e a placa metálica, mantida em um potencial positivo, que faz com que os elétrons que são emitidos pelo filamento sejam acelerados e se choquem violentamente com o metal. A súbita desaceleração dos elétrons ao penetrar no material, resulta na produção das ondas eletromagnéticas de alta energia que chamamos de raios X e que ao atravessarem os materiais, por exemplo, a nossa mão, conseguem gerar a imagem dos ossos em uma chapa fotográfica (radiografia).



**Tubo de raios X: elétrons são desacelerados ao colidirem com a placa de metal e emitem raios X**

Dentre as muitas das aplicações em potencial dos raios X, como em aeroportos, estudos estruturais de cristais muito pequenos e inspeções de peças muito grandes, estas não podem ser concretizadas por causa da intensidade relativamente pequena das fontes de raios X convencionais. No entanto, está sendo feito um grande esforço para desenvolver fontes mais potentes de raios X. Uma destas instalações encontra-se em Campinas e é conhecido como Luz Síncroton.

Para um aprofundamento maior sobre os raios X, recomendamos a leitura do texto suplementar: A Descoberta dos Raios X. Este texto foi extraído do trabalho de dissertação de mestrado de Maxwell Roger Siqueira e apresenta um excelente caráter histórico acerca da descoberta dos raios X e o caminho seguido por seu descobridor.

## Raios Gama

As ondas de maior energia do espectro eletromagnético são chamadas de raios gama. Os comprimentos de onda variam entre 0,1 nm e 1 pm<sup>1</sup>. Os raios gama se originam dentro do núcleo atômico devido a transições nucleares, por exemplo, quando um elemento radioativo sofre uma desintegração. O processo de desintegração de um elemento radioativo será estudado no bloco sobre as radiações corpusculares.

Os raios gama são muito usados na medicina. Alguns tipos de diagnósticos envolvem a administração ao paciente de uma substância radioativa que emite raios gama. Se esta substância se acumula nos lugares onde o osso está se regenerando, por exemplo, os médicos podem acompanhar o processo observando os lugares onde são emitidos os raios gama. Os detectores de raios gama utilizados nesta forma específica de medicina nuclear são muito caros e volumosos. Os médicos também usam os raios gama para o tratamento de câncer. Neste tipo de tratamento, os raios gama são usados para matar as células cancerosas que não podem ser removidas cirurgicamente.

A cirurgia com raios gama está se revelando um método promissor para tratar certos problemas do cérebro, como tumores benignos e malignos e malformações dos vasos sanguíneos. O método utiliza um feixe de raios gama focalizados no tumor ou na malformação. Este feixe destrói as células dos tumores ou vasos malformados. Os raios gama são emitidos por uma fonte radioativa, geralmente de cobalto-60 ou césio-137. A cirurgia com raios gama é não-invasiva, indolor, não provoca hemorragia e quase sempre pode ser realizada com anestesia local.

Entretanto os raios gama também podem trazer sérias conseqüências quando usados de forma inadequada. Os efeitos que eles causaram sobre as centenas de pessoas que sobreviveram a acidentes como os de Goiânia em 1987 com o césio-137, Chernobyl na Ucrânia em 1986 com a explosão do reator nuclear e as bombas atômicas jogadas sobre as cidades de Hiroshima e Nagasaki em 1945, ainda nos trazem na lembrança, os efeitos devastadores dessa forma de radiação. Isso se deve ao fato de que estes raios por serem muito energéticos, conseguem atravessar o nosso corpo sem maiores dificuldades, conseguindo atingir as cadeias de DNA presentes no núcleo das células e alterando-as, causando muitas vezes as chamadas mutações genéticas tão exploradas em filmes e desenhos como “Hulk” e “Quarteto Fantástico”. Também podem causar a manifestação de algum tipo de câncer.

### Raios Cósmicos

Os raios cósmicos foram identificados no início do século XX em pesquisas sobre a condutividade elétrica em gases contidos em recipientes fechados. Nessa ocasião, percebeu-se que, mesmo com todas as devidas precauções, o ar contido num recipiente sempre exibia alguma condutividade elétrica resultante da ionização das moléculas dos gases componentes. Essa ionização e a conseqüente condutividade elétrica que dela se origina ocorriam em

---

<sup>1</sup> 1 picômetro (1 pm) = 0,000000000001 metro = 10<sup>-12</sup> m.

qualquer lugar, mesmo na superfície do mar, onde a radioatividade natural, emitida por componentes minerais da superfície terrestre, é desprezível. A única forma de reduzi-la, já que não era possível eliminá-la, era isolar o recipiente do exterior por grossas armaduras de chumbo. Devia existir, portanto, uma radiação natural mais penetrante que qualquer outra até então conhecida.

De 1911 a 1912, o físico austríaco Victor Hess (1883-1964) efetuou uma série de ascensões em balão a altitudes de até 5.000 m, realizando inúmeras pesquisas. Concluiu então que essa radiação se origina do espaço cósmico, daí o nome de raios cósmicos.

Hoje podemos definir os raios cósmicos como sendo 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-luz<sup>2</sup> da Terra.

### Questões

- 1-) Que tipos de radiações o Sol emite? Que sensores naturais permitem que nós “enxerguemos” essas radiações?
- 2-) Para que serve um filtro solar? Somente as pessoas de pele clara é que devem usar filtro solar? Justifique.
- 3-) Qual das radiações UV é a mais perigosa? Por quê?
- 4-) Como são gerados os raios X? Como são gerados os raios gama? Qual o mais energético?
- 5-) Em desenhos e filmes, a radiação gama pôde transformar uma pessoa em um monstro. Isso ocorreu, por exemplo, no desenho do Hulk, onde o doutor David Banner foi bombardeado em um acidente com radiação gama. Pensando nos raios gama, isso de fato poderia acontecer? Justifique.

---

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