



Universidade Federal do ABC

BC-1308 Biofísica

Radiações eletromagnéticas

Aula 11

Radiações eletromagnéticas

Jiří Borecký
CCNH
2014



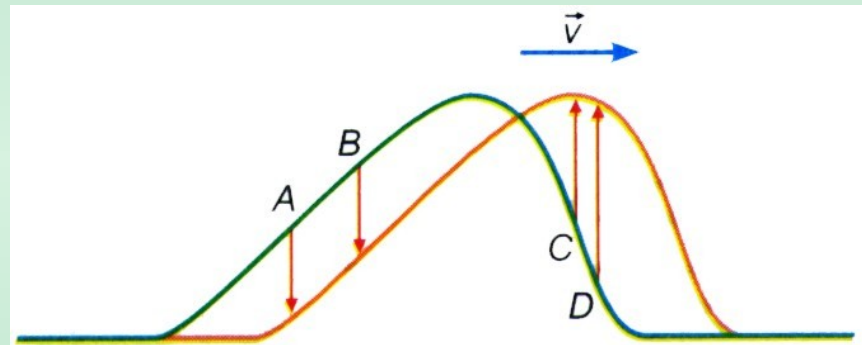
Universidade Federal do ABC

BC-1308 Biofísica

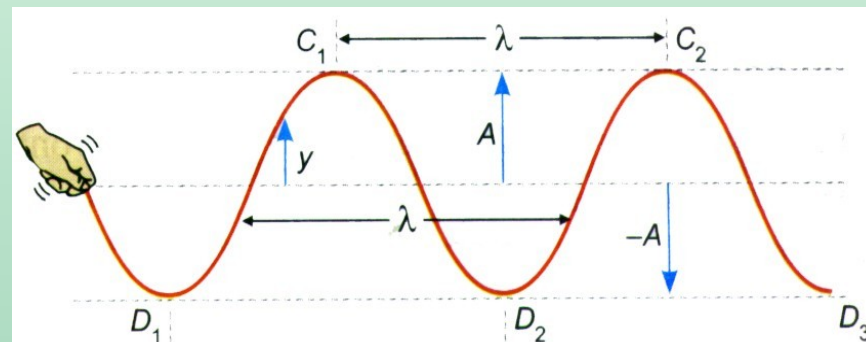
Introdução

Radiações eletromagnéticas

- **Onda é uma perturbação que se propaga, transportando energia, mas não matéria.**
- **Pulso: Uma onda correspondente a uma perturbação simples**



- **Uma sucessão de pulsos iguais produz uma onda periódica**





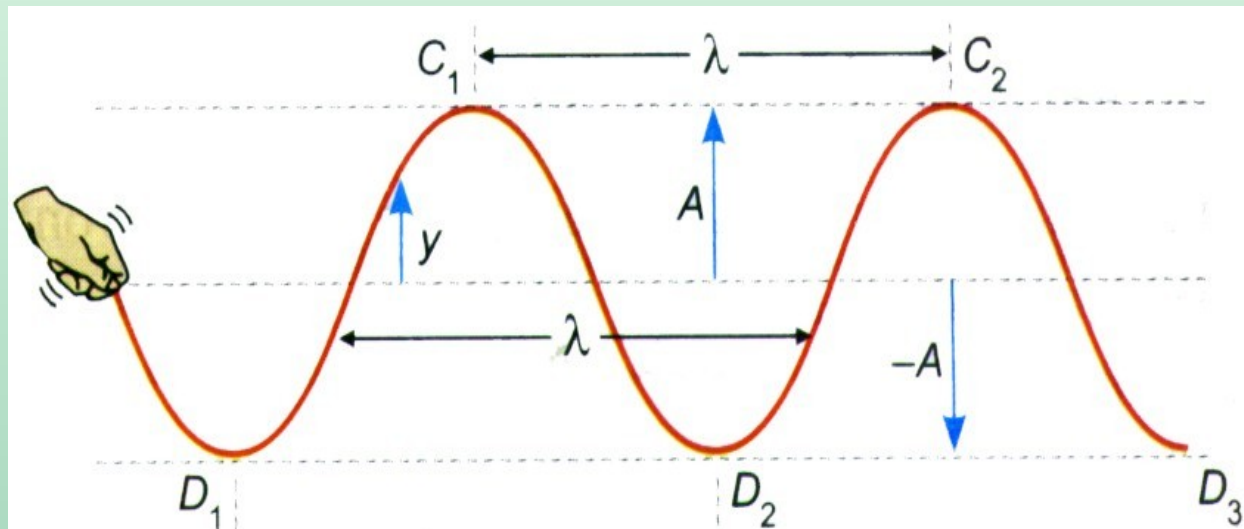
Universidade Federal do ABC

BC-1308 Biofísica

Onda eletromagnética

Radiações eletromagnéticas

- Elongação (y): valor algébrico da ordenada do ponto oscilante da corda.
- Amplitude da onda (A): o maior valor da elongação, relacionada com a energia transportada pela onda.
- Cristas e vales: os pontos C_1 , C_2 , ... são denominados cristas, e os pontos D_1 , D_2 , ..., vales.
- Período (T): tempo de uma oscilação completa de qualquer ponto da corda.
- Frequência (ν): número de oscilações executadas por qualquer ponto da corda, por unidade de tempo.
- Comprimento de onda (λ): é a menor distância entre dois pontos que vibram em concordância de fase; em particular, é a distância entre duas cristas ou dois vales consecutivos.



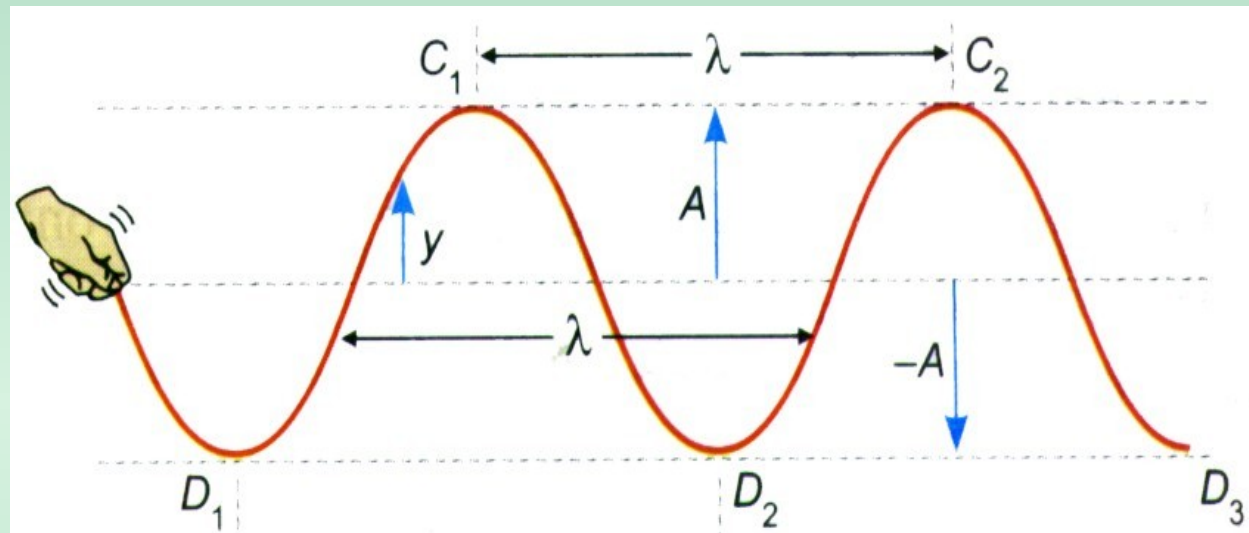


Universidade Federal do ABC

BC-1308 Biofísica

Onda eletromagnética

Radiações eletromagnéticas



- As ondas periódicas são periódicas no tempo e no espaço. Assim, a cada intervalo de tempo igual a um período (T) as fases se repetem. Se fixarmos um instante, a cada comprimento de onda (λ), as fases também se repetem. A velocidade da onda (v) é definida:

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{\lambda}{T} \quad v = \frac{1}{T} \quad v = \lambda \cdot \nu$$



Universidade Federal do ABC

BC-1308 Biofísica

Radiação

Radiações eletromagnéticas

- Propagação da energia através do espaço ou da matéria
- Dividida em 2 grupos:
 - Radiação corpuscular
 - Radiação eletromagnética





Universidade Federal do ABC

BC-1308 Biofísica

Radiação corpuscular

Radiações eletromagnéticas

- A radiação de natureza corpuscular é caracterizada por sua carga, massa e velocidade.
- Elas podem viajar com velocidades altas, dependendo de sua energia cinética, mas nunca alcançam a velocidade da luz no vácuo.
- Exemplos:
 - Prótons
 - Elétrons
 - Alfa (núcleos de hélio)
 - Beta (elétrons)

$$E = \frac{1}{2}mv^2$$



Universidade Federal do ABC

BC-1308 Biofísica

Radiação Eletromagnética

Radiações eletromagnéticas

- Constitue um modo de propagação de energia
- Exemplos: luz, raios X, raios γ
- 1ª vez descrita por Maxwell, em termos de oscilações eletromagnéticas
- Pode ser representada por uma variação espacial na intensidade de um campo elétrico (E) e magnético (B)
- Energia propagada com velocidade da luz **c**
 - 3×10^8 m/s no vácuo (*exatamente* 299.792.458 m/s)
- É caracterizada pela amplitude e frequência de oscilação



Universidade Federal do ABC

BC-1308 Biofísica

Radiação eletromagnética

Radiações eletromagnéticas

➤ A radiação eletromagnética:

- Onda eletromagnética é dada pela equação

$$(\nabla^2 - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2}{\partial t^2}) E = 0$$

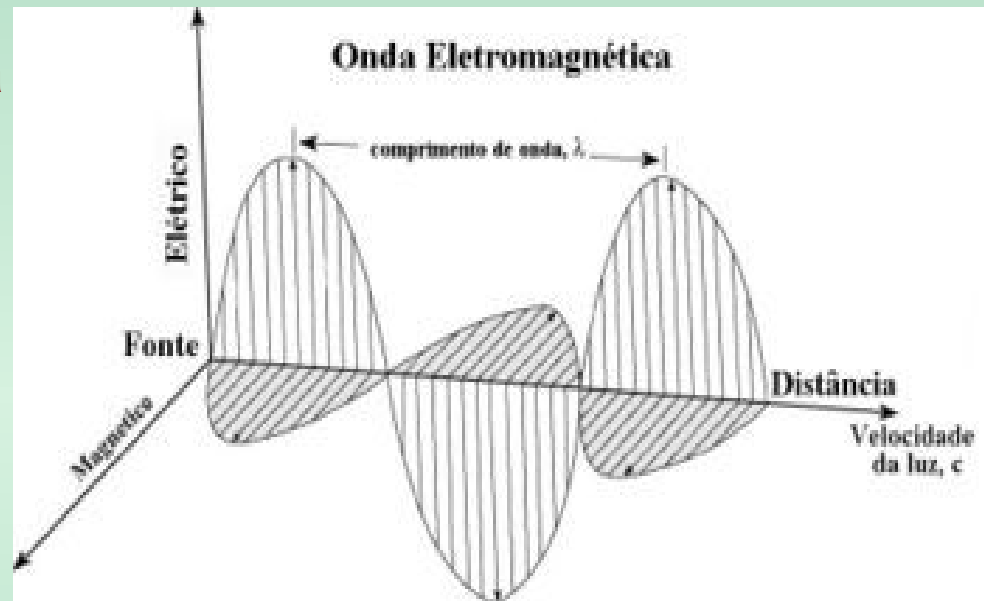
$$(\nabla^2 - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2}{\partial t^2}) B = 0$$

- Modelo de partícula – quantum de energia é dado pela equação de Planck-Einstein

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

- Exemplo: energia de raio X:

$$E = \frac{6,626 \times 10^{-34} \text{ Js} \times 3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}}{5 \times 10^{-10} \text{ m}} = 3,98 \times 10^{-16} \text{ J} \rightarrow 240 \text{ MJmol}^{-1}$$





Universidade Federal do ABC

BC-1308 Biofísica

Onda eletromagnética

Radiações eletromagnéticas

Material	Índice de refração	Velocidade da luz (m/s)	Fração da c
vácuo	1,000	299.792.458	1
ar	1,0003	299.702.547	0,9997
água	1,333	224.900.568	0,75
Quartzo fundido	1,4585	205.548.480	0,686
plexiglas	1,51	198.538.052	0,662
Vidro óptico	1,52	197.231.880	0,658
diamante	2,417	124.034.943	0,41
Fosfeto de gálio	3,50	85.654.988	0,286

- Velocidade da luz no vácuo é $c = 1/\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}$ onde ϵ_0 é constante elétrica (permitividade de vácuo) e μ_0 é constante magnética (permeabilidade de vácuo)



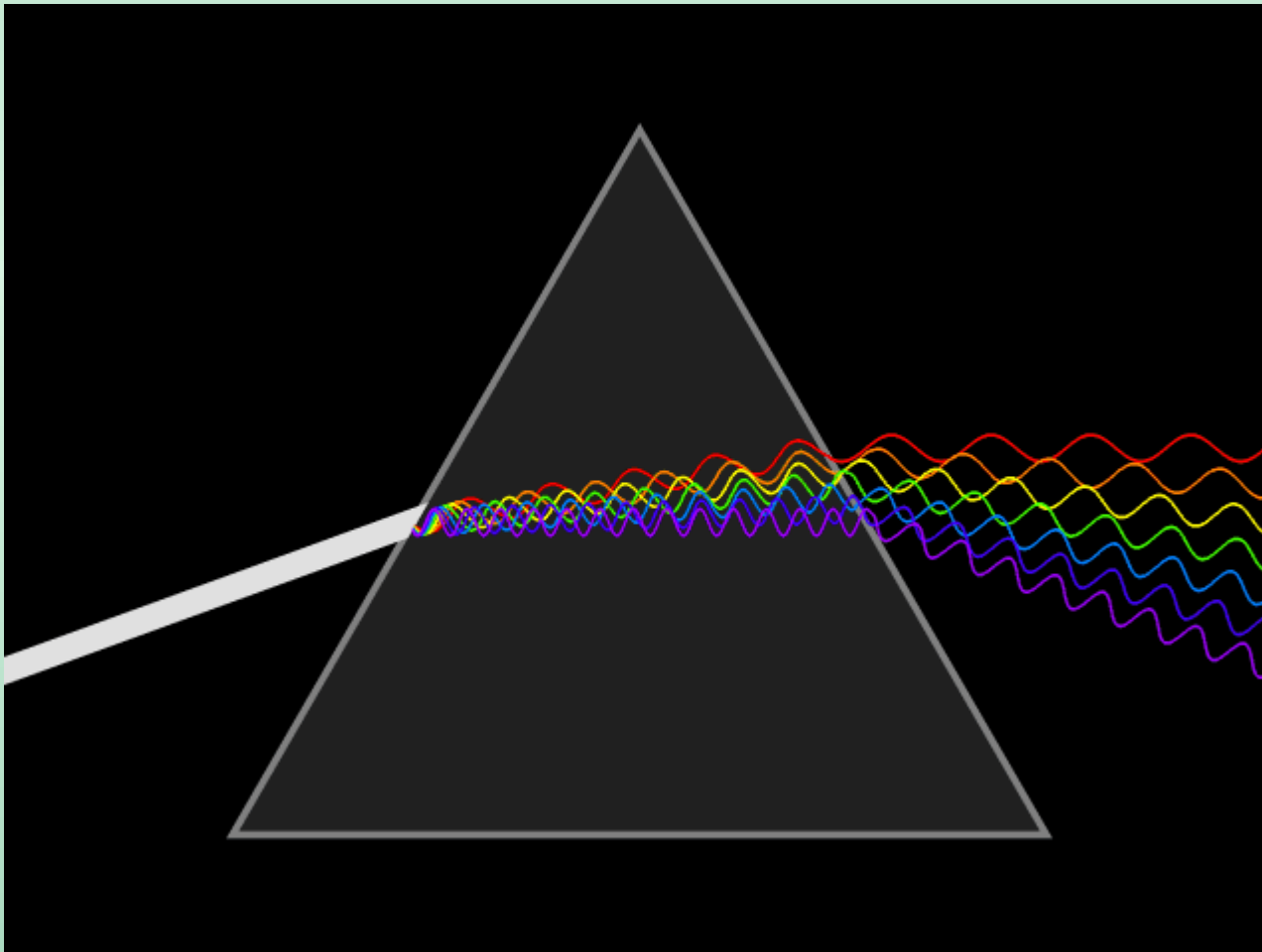
Universidade Federal do ABC

BC-1308 Biofísica

Radiação eletromagnética

Radiações eletromagnéticas

- Radiação é composta por um conjunto de ondas eletromagnéticas com os comprimentos de onda diferentes



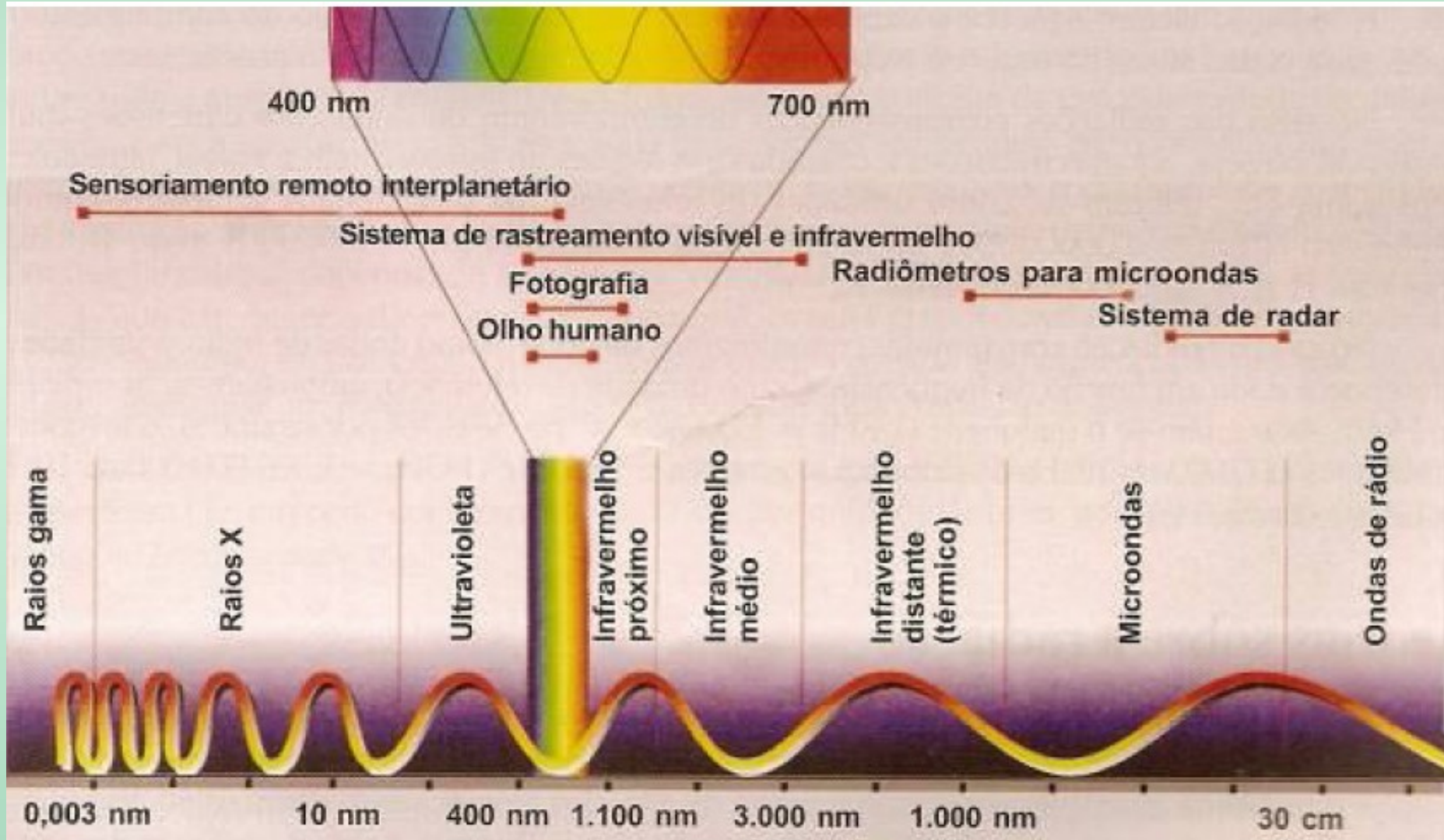


Universidade Federal do ABC

Espectro de ondas eletromagnéticas

BC-1308 Biofísica

Radiações eletromagnéticas



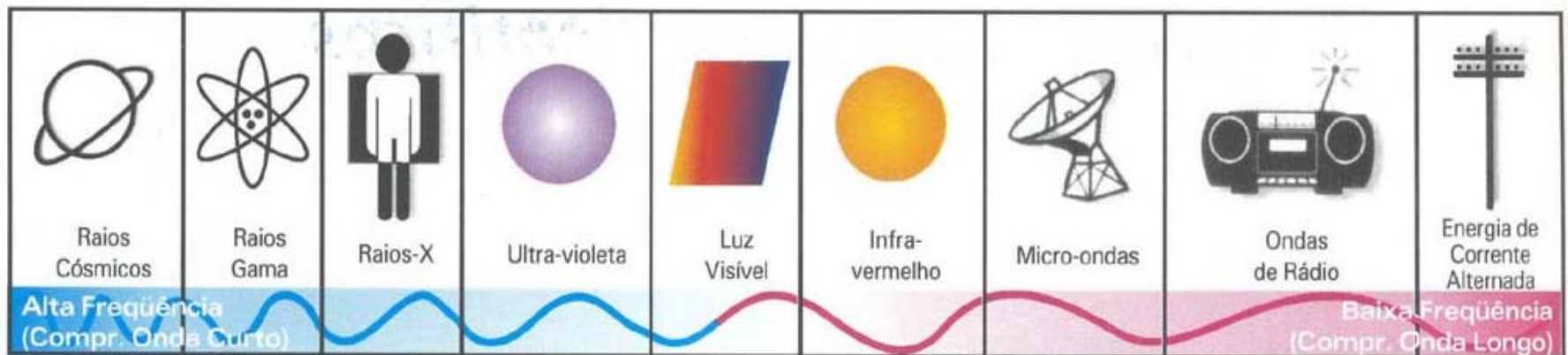
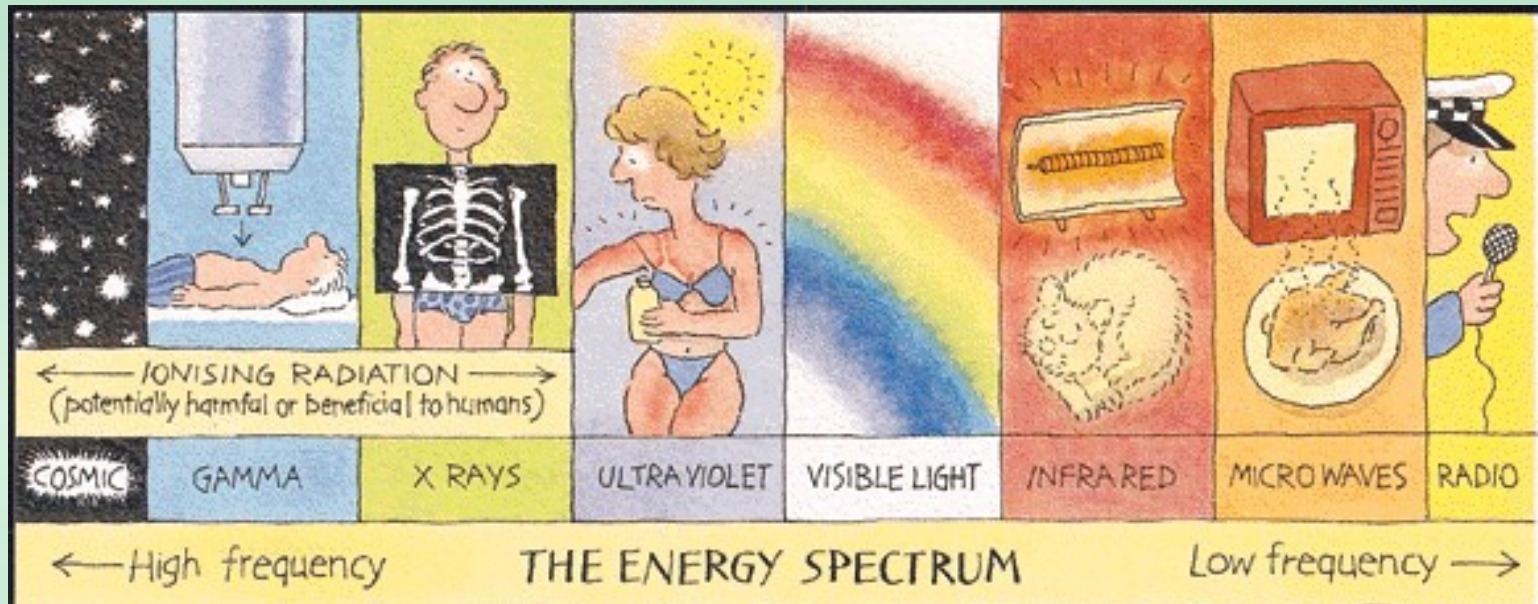


Universidade Federal do ABC

BC-1308 Biofísica

Espectro de ondas eletromagnéticas

Radiações eletromagnéticas



Espectro eletromagnético



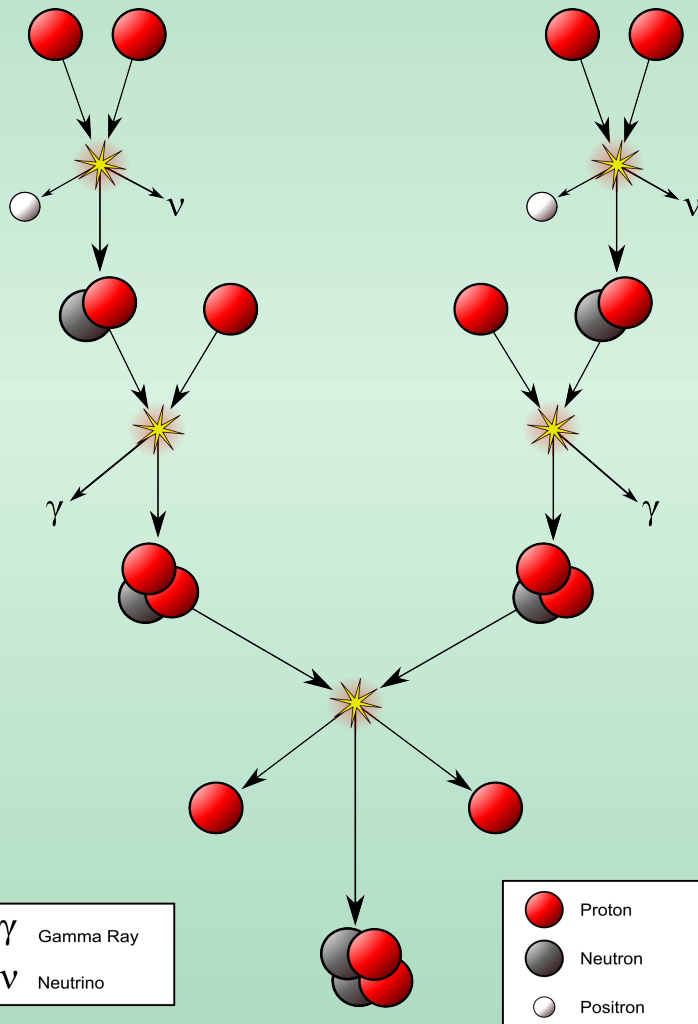
Universidade Federal do ABC

BC-1308 Biofísica

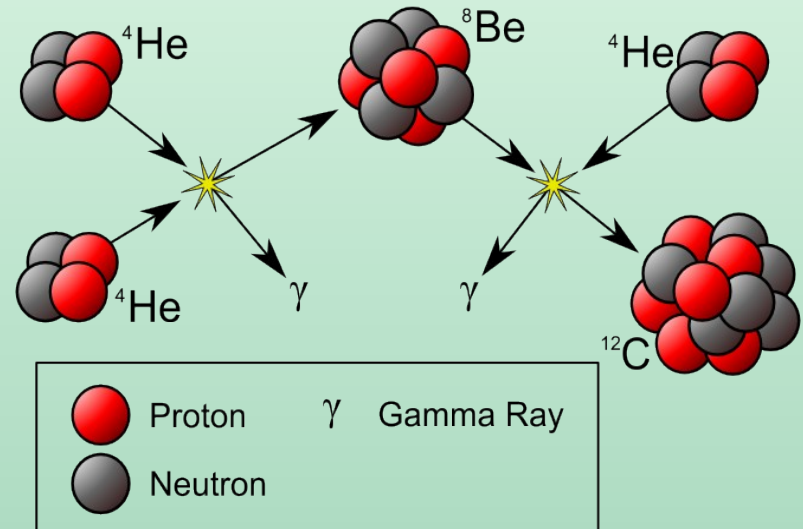
Radiação gama

Radiações eletromagnéticas

➤ Fusão próton-próton



➤ Processo de triplo alfa





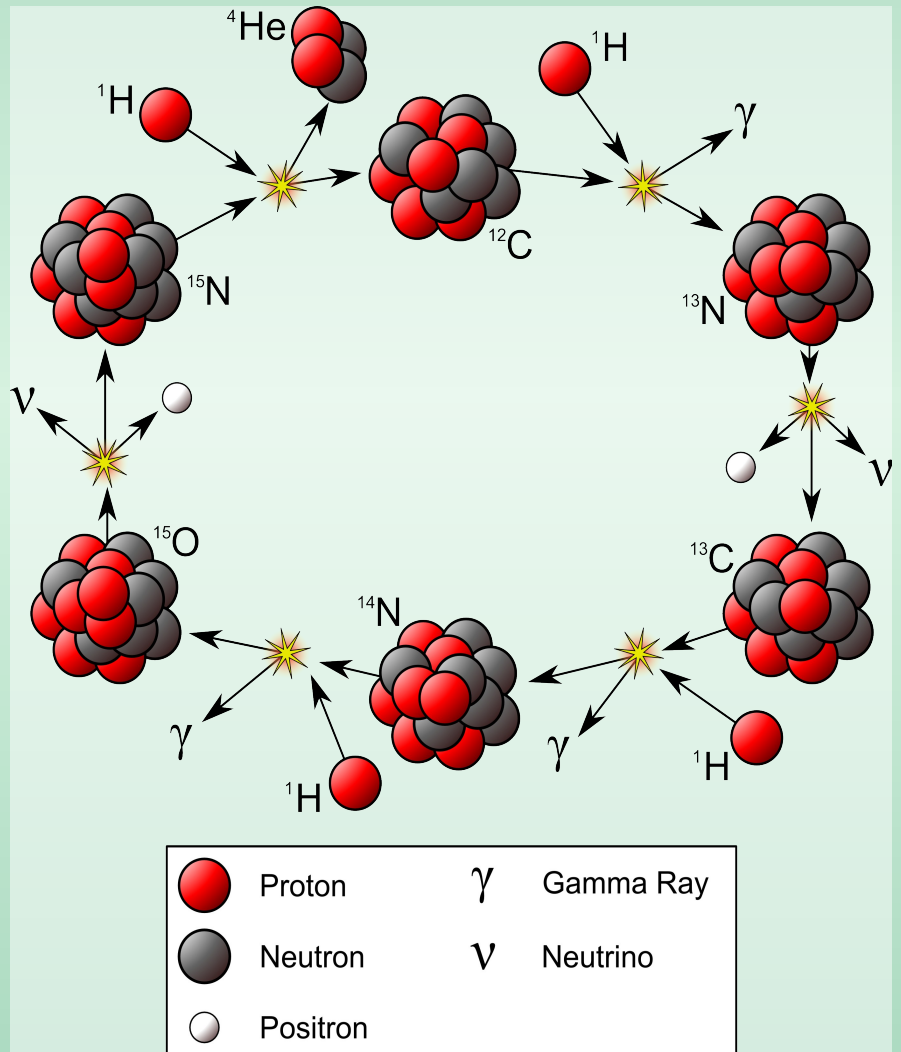
Universidade Federal do ABC

BC-1308 Biofísica

Radiação gama

Radiações eletromagnéticas

- Radiação eletromagnética produzida geralmente por
 - elementos radioativos
 - processos subatômicos como a aniquilação de um par pósitron-elétron.
- Este tipo de radiação tão energética também é produzido em fenômenos astrofísicos de grande violência.
- Possui comprimento de onda de alguns picômetros até comprimentos mais ínfimos como $10^{-15}/10^{-18}$ metros.



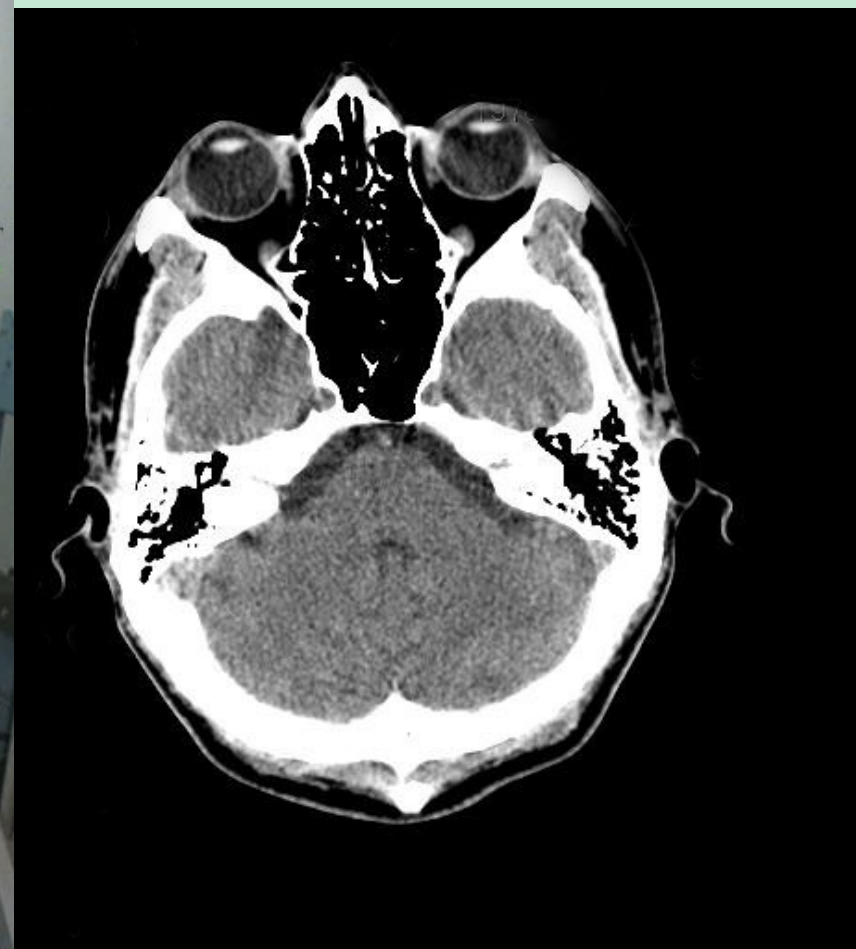
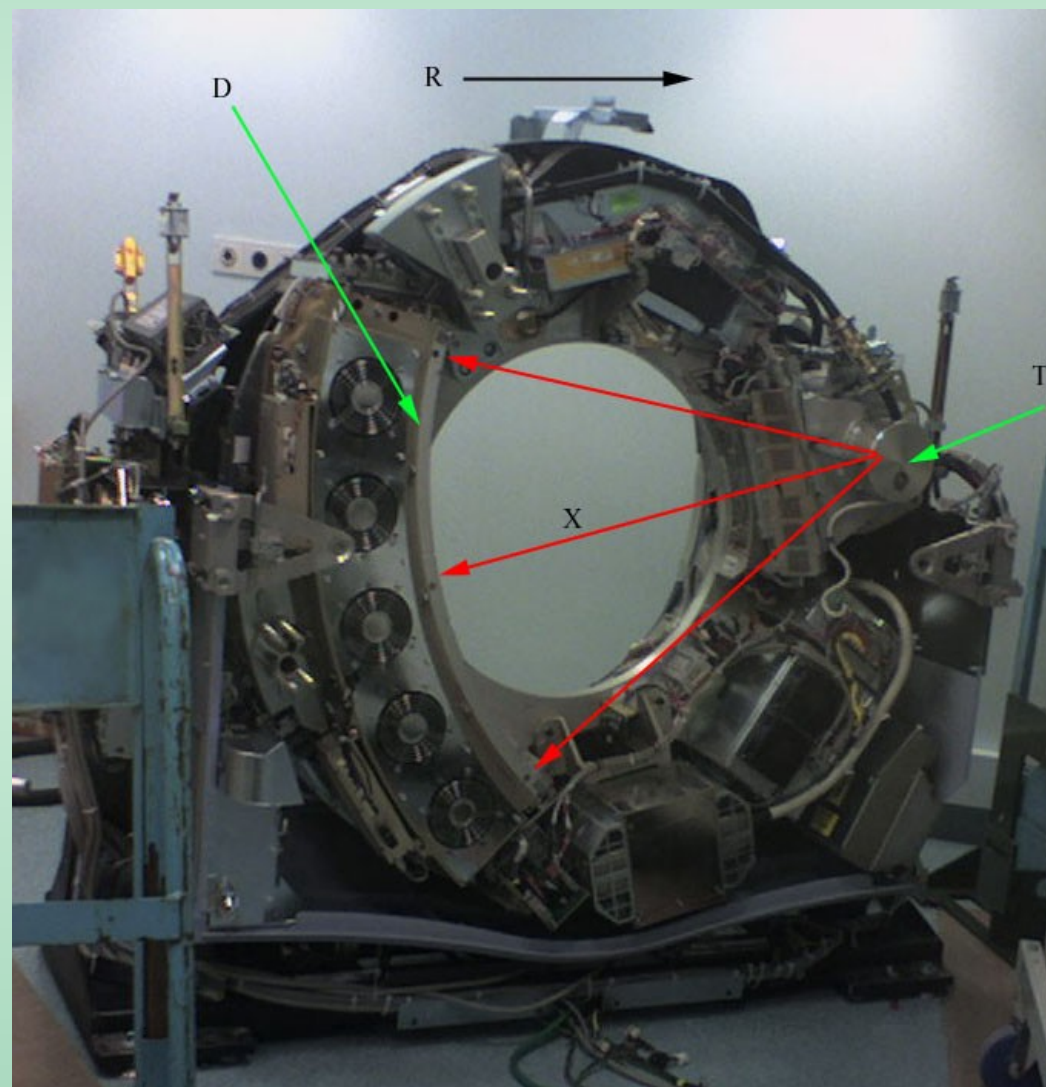


Universidade Federal do ABC

BC-1308 Biofísica

Tomógrafo

Radiações eletromagnéticas





Universidade Federal do ABC

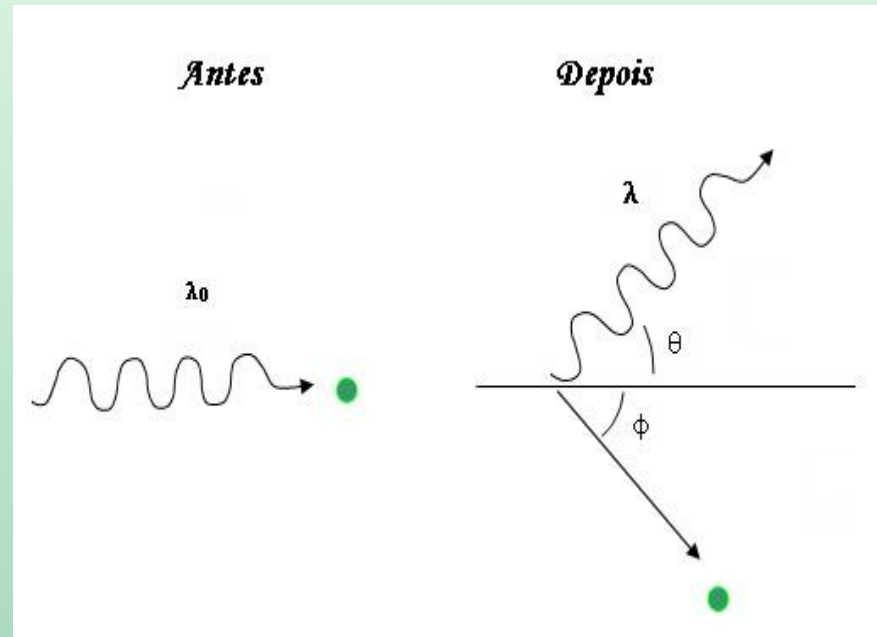
BC-1308 Biofísica

Efeito de Compton

Radiações eletromagnéticas

- Efeito Compton ou o Espalhamento de Compton, é a diminuição de energia (aumento de comprimento de onda) de um fóton de raio-X ou de raio gama, quando ele interage com a matéria.
- Câmera gama: um detector de raios gama, como um cristal de cintilação (de Oxiortosilicato de Lutécio, germanato de bismuto ou mais frequentemente de iodeto de sódio) ativado com Tálcio contido numa caixa escura, que transforma a energia de cada raio gama em muitos fótons de luz e infravermelhos (fenômeno de fluorescência)

$$\lambda_2 = \frac{h}{m_e c} (1 - \cos \theta) + \lambda_1$$





Universidade Federal do ABC

BC-1308 Biofísica

Tomografia por emissão de pósitrons

Radiações eletromagnéticas

- Utiliza-se glicose ligada a um elemento radioativo (normalmente Flúor radioativo) e injeta-se no paciente. As regiões que estão metabolizando essa glicose em excesso, tais como tumores ou regiões do cérebro em intensa atividade aparecerão em vermelho na imagem criada pelo computador. Um exemplo de um grande utilizador de glicose é o músculo cardíaco - miocárdio.





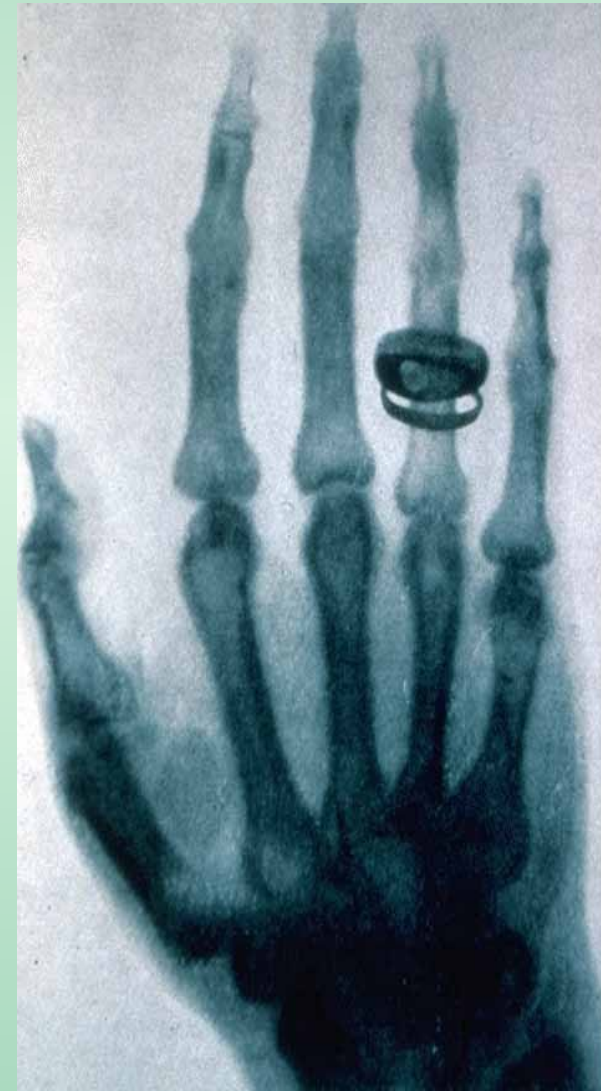
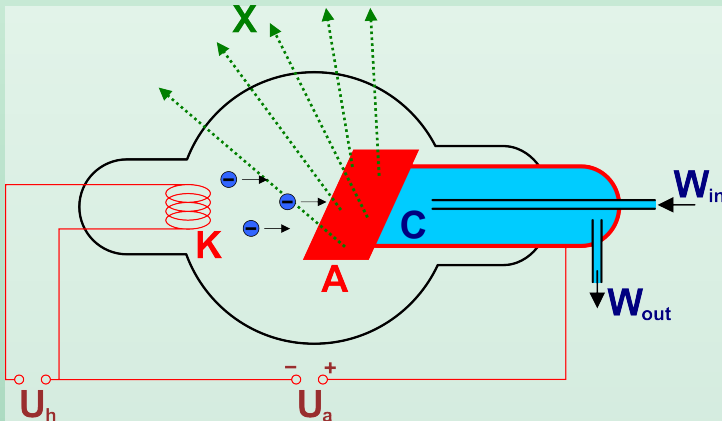
Universidade Federal do ABC

BC-1308 Biofísica

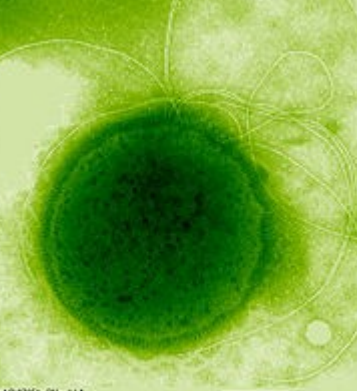
Radiação X

Radiações eletromagnéticas

- Emissões eletromagnéticas de natureza semelhante à luz visível. Seu comprimento de onda é de 0,05 \AA (5 pm) até centenas de \AA (1 nm).
- A energia dos fótons é de ordem do keV (quiloelétron-volt), entre alguns keV e algumas centenas de keV. A geração desta energia eletromagnética se deve à transição de elétrons nos átomos, ou da desaceleração de partículas carregadas.
- Os raios X sofrem interferência, polarização, refração, difração, reflexão, entre outros efeitos. Embora de comprimento de onda muito menor, sua natureza eletromagnética é idêntica à da luz.





- 
- J9143-ADWY25-00-117
 ADWY25 0145
 FT 30mm
 Print Mag: 1X100K P 50 mm
 11.11.13/23/85
 Microscopist: J9143
- 500 nm
 HV-800V
 Direct Mag: 8000X
 100 kV00 C000 / C000 C000



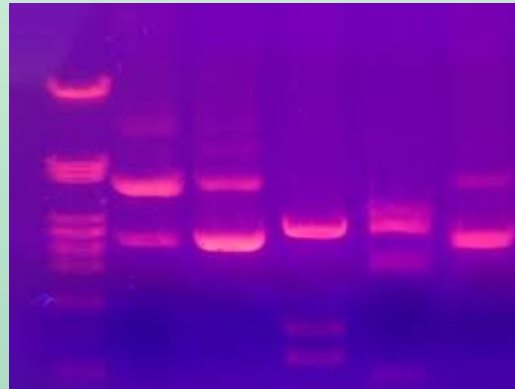
Universidade Federal do ABC

BC-1308 Biofísica

Radiação Ultravioleta

Radiações eletromagnéticas

- A radiação ultravioleta (UV) é a radiação eletromagnética ou os raios ultravioletas com um comprimento de onda menor que a da luz visível e maior que a dos raios X, de 380 nm a 1 nm. O nome significa mais alta que (além do – do latim *ultra*) violeta, pelo fato que o violeta é a cor visível com o comprimento de onda mais curto e maior frequência.
- A radiação UV pode ser subdividida em
 - UV próximo (comprimento de onda de 380 até 200 nm - mais próximo da luz visível) → UVA (400-315 nm); UVB (315-280 nm)
 - UV distante (de 200 até 10 nm) → UVC (280-100 nm)
 - UV extremo (de 1 a 31 nm).
- Uso:
 - Esterilização
 - Fototerapia ou fotoquimioterapia
 - Análises forenses
 - Detecção do DNA e RNA





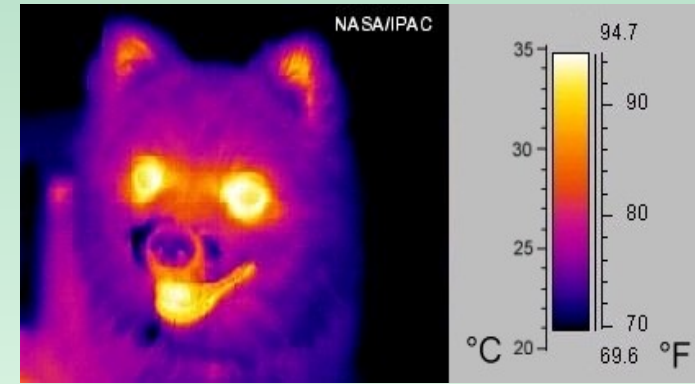
Universidade Federal do ABC

BC-1308 Biofísica

Radiação Infravermelha

Radiações eletromagnéticas

- radiação não ionizante na porção invisível do espectro eletromagnético que está adjacente aos comprimentos de onda longos, ou final vermelho do espectro da luz visível. Ainda que em vertebrados não seja percebida na forma de luz, a radiação IV pode ser percebida como calor, por terminações nervosas especializadas da pele, conhecidas como termorreceptores
- A radiação IV está dividida segundo seus efeitos biológicos, de forma arbitrária, em três categorias:
 - Curta ($0,8\text{-}1,5\ \mu\text{m}$)
 - Média ($1,5\text{-}5,6\ \mu\text{m}$)
 - Longa ($5,6\text{-}1.000\ \mu\text{m}$)





Universidade Federal do ABC

BC-1308 Biofísica

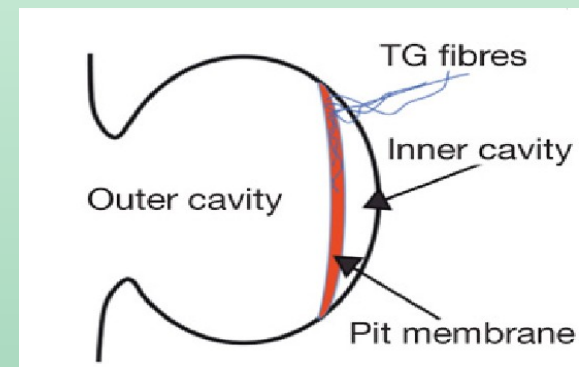
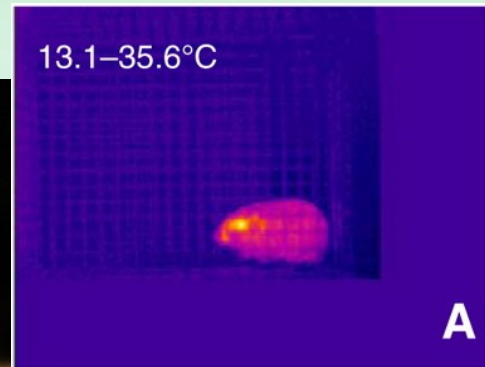
Radiação Infravermelha

Radiações eletromagnéticas

- Os Crotalíneos - *Crotalinae* - (nome vulgar cobra-covinha) constituem uma das duas subfamílias dos viperídeos, constituindo um grupo de espécies que habita essencialmente o continente americano.
- presença de um órgão termo-sensível localizado entre o olho e a narina.
- Canal iônico sensível à temperatura – ankyrin 1
- Sensibilidade até 0,003 °C



© Tim Knight





Universidade Federal do ABC

BC-1308 Biofísica

Radiação de micro-ondas

Radiações eletromagnéticas

- As micro-ondas são ondas eletromagnéticas com comprimentos de onda maiores que os dos raios infravermelhos, mas menores que o comprimento de onda das ondas de rádio variando o comprimento de onda, consoante os autores, de 1 m (0,3 GHz de frequência) até 1,0 mm (300 GHz de frequência) - intervalo equivalente às faixas UHF, SHF e EHF.
- Nota: acima dos 300 GHz, a absorção da radiação eletromagnética pela atmosfera da Terra é tão grande que a atmosfera é praticamente opaca para as frequências mais altas, até que se torna novamente transparente na, assim chamada, "janela" do infravermelho até a luz visível.
- Para a geração de micro-ondas podem ser utilizados transistores de efeito de campo (FET: Field Effect Transistor), transistores bipolares, diodo Gunn e diodo IMPATT, entre outros. Dispositivos a válvula, ou válvulas termiônicas, por exemplo: magnetron, o klystron, o TWT e o gyrotron





Universidade Federal do ABC

BC-1308 Biofísica

Radiação de micro-ondas

Radiações eletromagnéticas

- O forno de micro-ondas contém um magnetron que gera micro-ondas com frequência de 2,45 GHz (o λ equivalente é de 122 mm)
- Ondas interagem com dipolos em materiais (água, pouco as gorduras e açúcares, pouco na água congelada) que tendem se alinhar a campo eletromagnético
- Absorção da energia aumenta rotação de moléculas polares que colidem com as outras moléculas distribuindo a energia
- Como a radiação (campo eletromagnético) alterna, os dipolos revertem a direção da rotação (oscilam)

