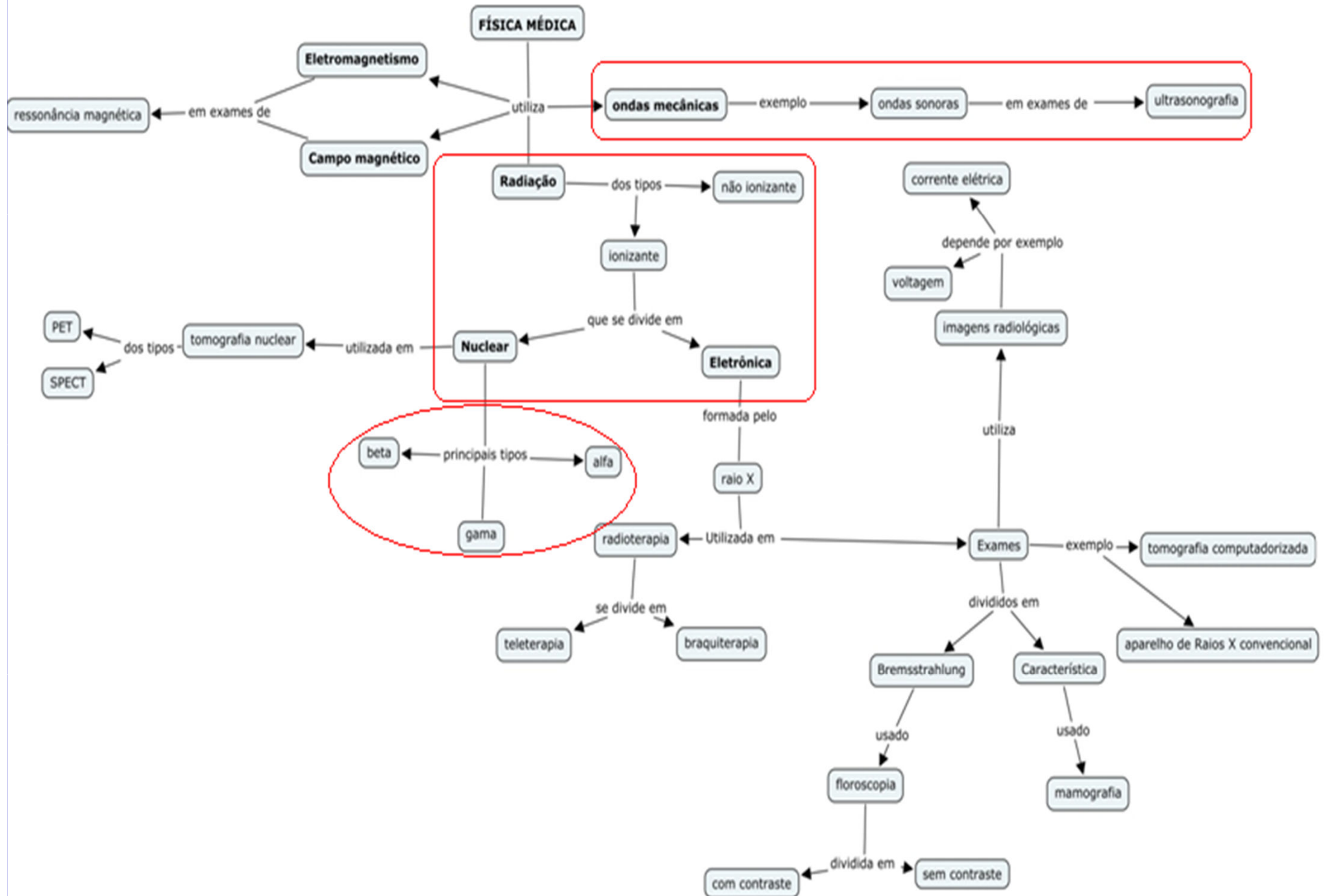


APLICAÇÕES DO ELETROMAGNETISMO, ÓPTICA, ONDAS, DA FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NA MEDICINA

Mestranda: Mara Fernanda Parisoto
Orientador: Marco Antonio Moreira
Consultor: José Tullio Moro



Mapa conceitual do curso



ASSUNTOS

Tipos de ondas.

Características ondulatórias.

Ultrassonografia.

Radiação.

Radiações eletromagnéticas.

Interação da radiação com a matéria.

Produção de Raios-X.

ORGANIZADOR PRÉVIO

Estourando pipocas

SITUAÇÃO PROBLEMA

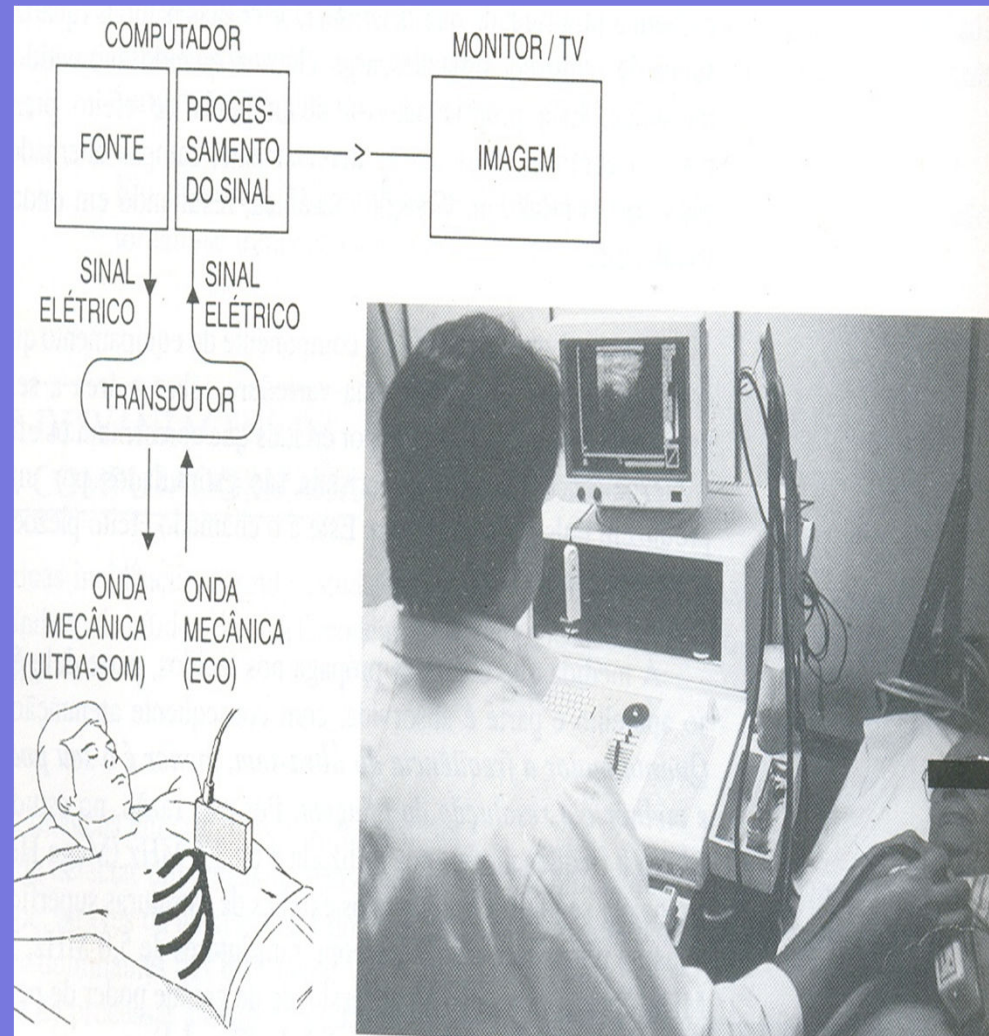
Se você fosse técnico em radiologia e soubesse que:

- O chumbo possui um número atômico (Z) elevado (82);
- O efeito fotoelétrico é o maior responsável pela absorção da radiação e é proporcional a Z^3

Dessa forma, como você explicaria para um paciente, com base nas afirmações acima, por que utiliza-se placa de chumbo para se proteger dos Raios-X?

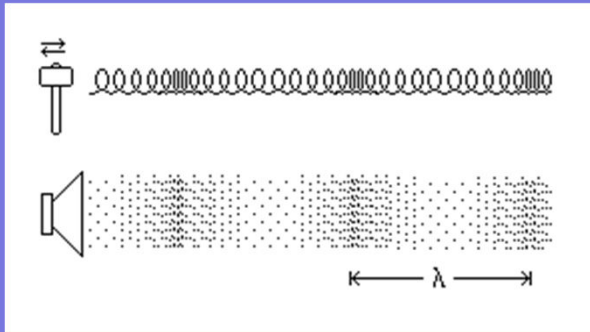
FÍSICA CLÁSSICA X FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA

ESQUEMA MÁQUINA DE ULTRASSONOGRAFIA

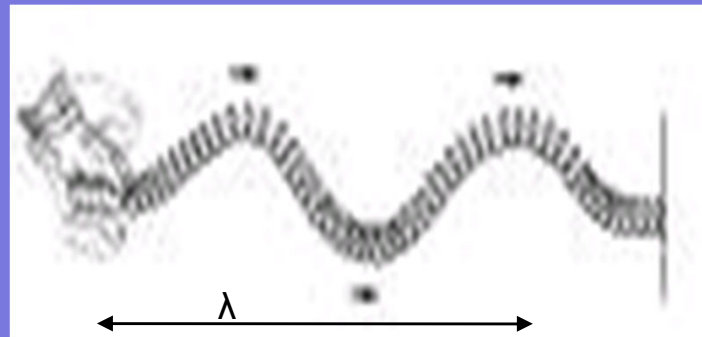


Fonte: Koch, 1997.

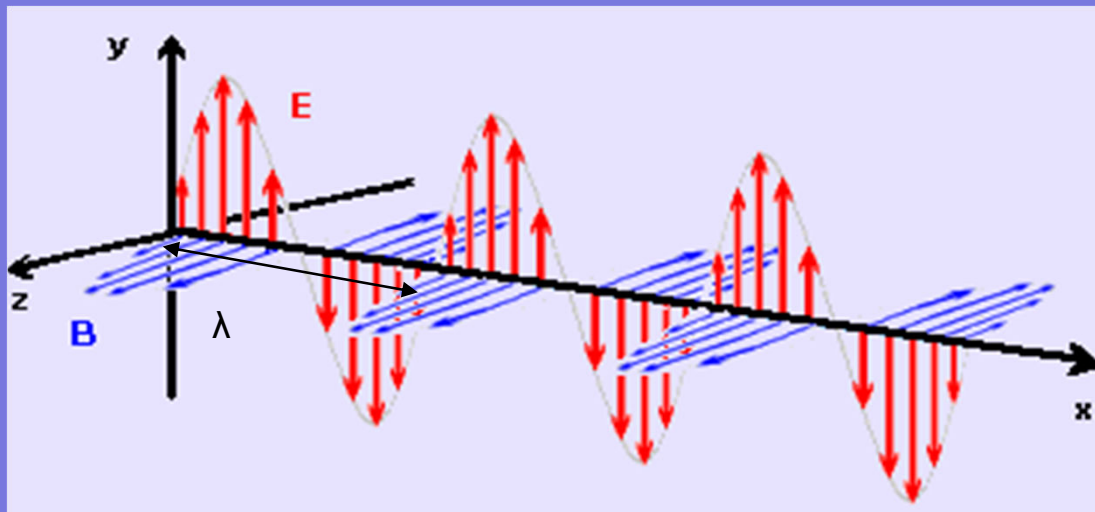
TIPOS DE ONDAS



Fonte: <http://www.searadaciencia.ufc.br>



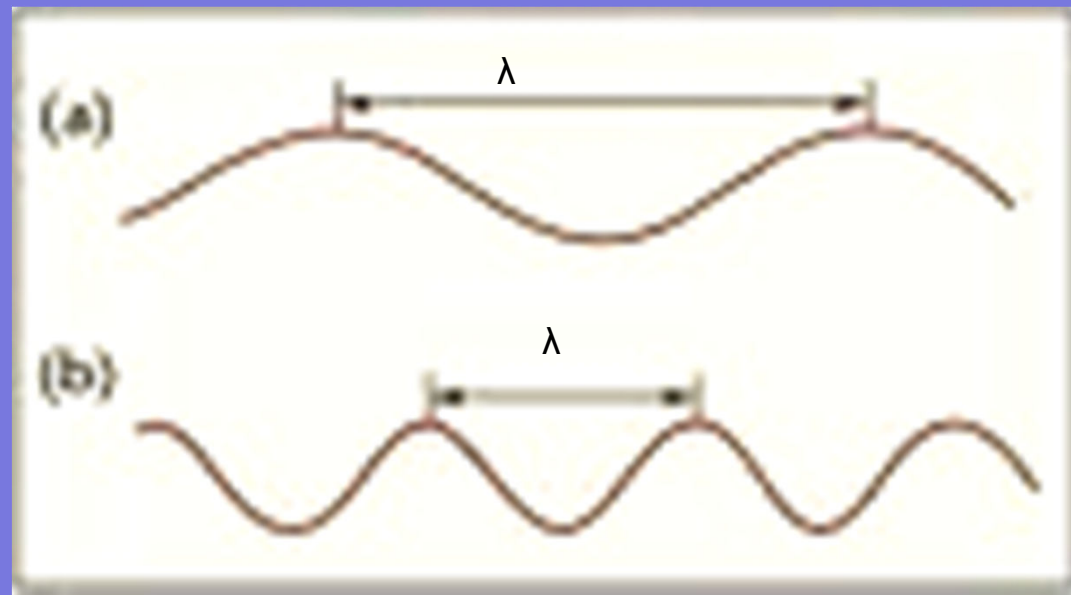
Fonte: <http://www.searadaciencia.ufc.br>



Fonte: <http://www.searadaciencia.ufc.br>

CARACTERÍSTICAS DAS ONDAS

Velocidade de Propagação das ondas



Fonte: <http://www.searadaciencia.ufc.br>

$$v = \frac{\lambda}{t} = \frac{\Delta S}{\Delta t} = \lambda f$$

Simulação característica das ondas

PIE (Predizer, Interagir e Explicar)

1. O que você acha que irá ocorrer se as ondas estiverem em fase?
2. E se elas estiverem em fases opostas?

<http://www.fsc.ufsc.br/~ccf/parcerias/ntnujava/waveSuperposition/waveSuperposition.html>

REFRAÇÃO E REFLEXÃO

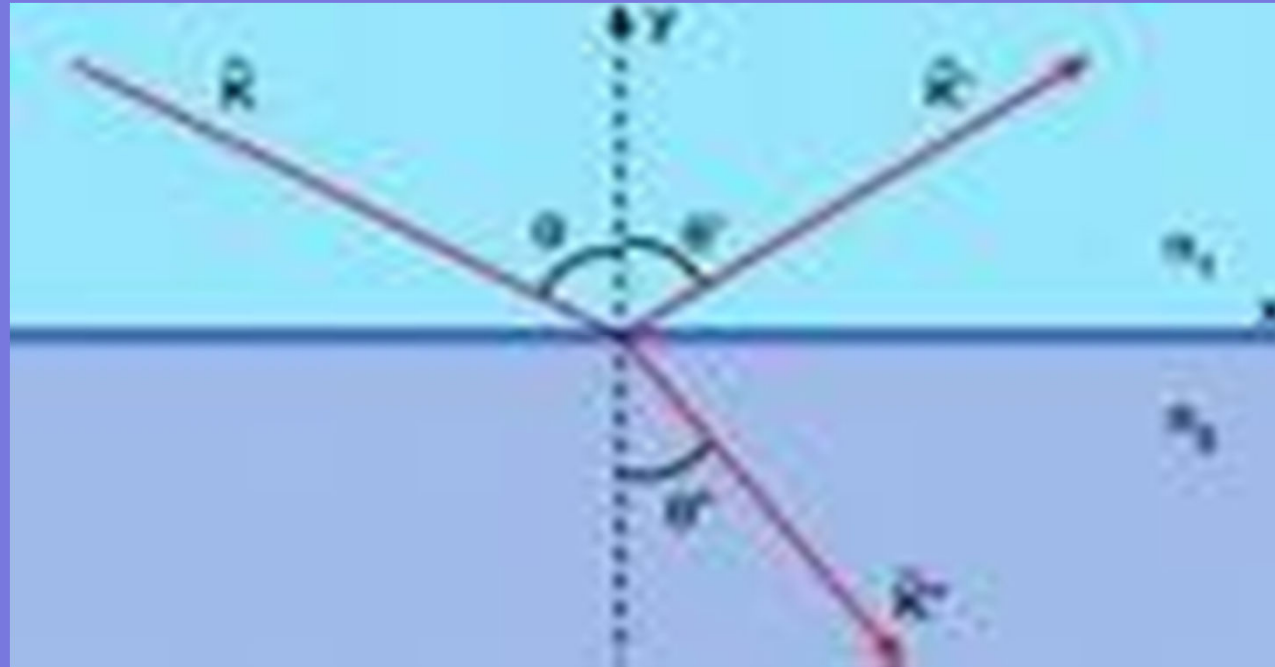


Fonte: <http://www.searadaciencia.ufc.br>



Fonte: <http://www.searadaciencia.ufc.br>

REFRAÇÃO E REFLEXÃO



Fonte: <http://www.searadaciencia.ufc.br>

**QUAIS SÃO AS LEIS DA
REFRAÇÃO??????**

LEIS DA REFRAÇÃO

O raio incidente, o refletido e a normal encontram-se no mesmo plano.

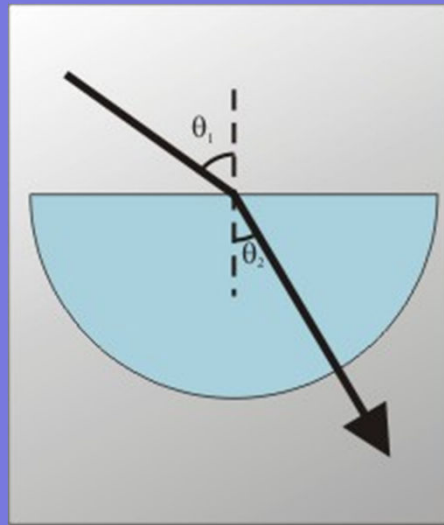
LEIS DA REFRAÇÃO

$$n_{21} = \frac{\text{sen } \theta_1}{\text{sen } \theta_2} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

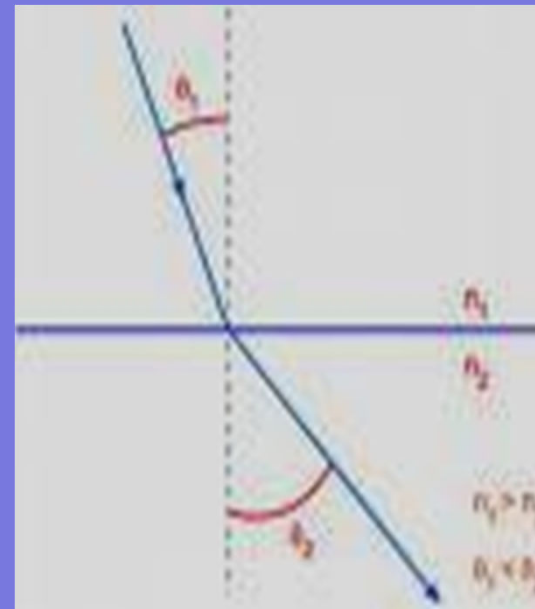
LEIS DA REFRAÇÃO

O raio incidente e os raios refratado e refletido estão em semiplanos opostos separados pela normal N .

Meios mais refrigente e menos refrigente



Fonte: <http://www.searadaciencia.ufc.br>

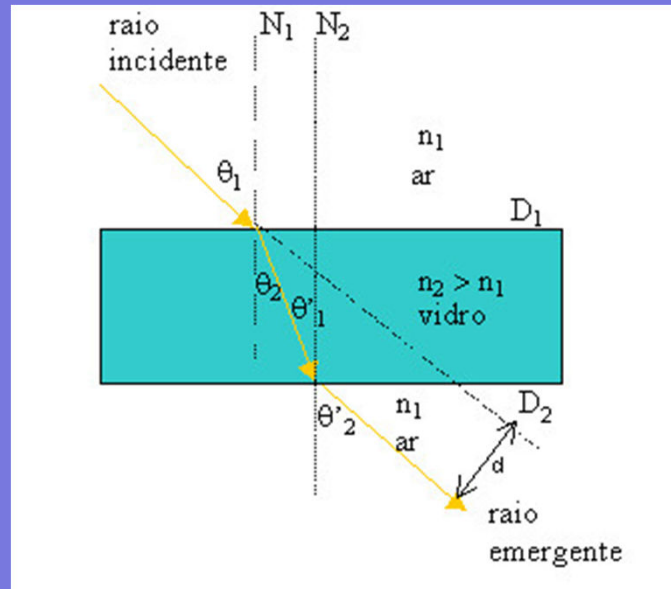


Fonte: <http://www.searadaciencia.ufc.br>

Lei de Snell

$$n_1 \operatorname{sen} \theta_1 = n_2 \operatorname{sen} \theta_2$$

Refração em duas lâminas

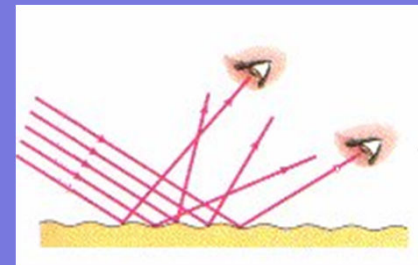
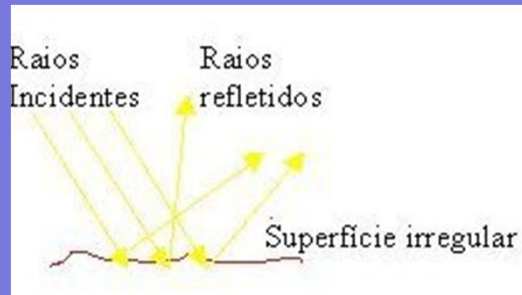


Fonte: <http://www.searadaciencia.ufc.br>

$$d = e \frac{\text{sen} (\theta_i - \theta_r)}{\text{cos} \theta_r}$$

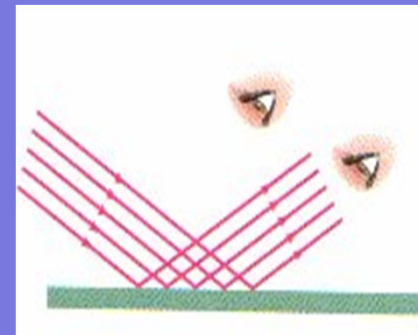
REFLEXÃO

DIFUSA



Fonte: <http://www.searadaciencia.ufc.br>

REGULAR



Fonte: <http://www.searadaciencia.ufc.br>

**QUAIS SÃO AS LEIS DA
REFLEXÃO??????**

LEIS DA REFLEXÃO

O raio incidente e os raios refratado e refletido estão em semiplanos opostos separados pela normal N .

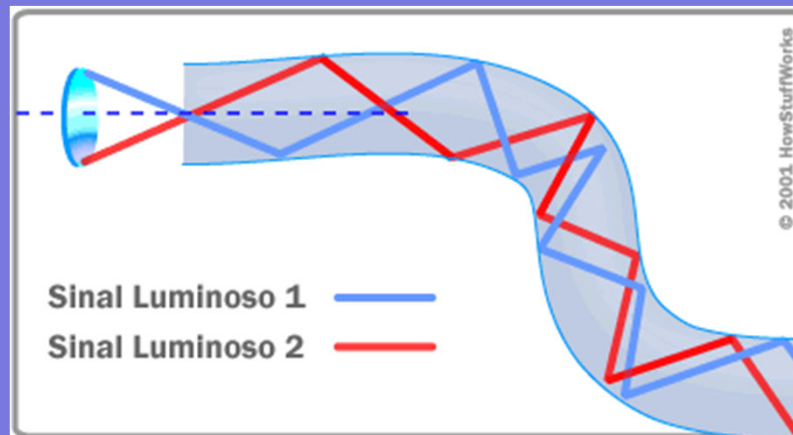
LEIS DA REFLEXÃO

O raio incidente i , a normal à superfície refletora N e o raio refletido r estão no mesmo plano.

LEIS DA REFLEXÃO

O ângulo de incidência é igual ao ângulo de reflexão

REFLEXÃO TOTAL



Fonte: <http://www.searadaciencia.ufc.br>

$$n_1 = n_2 \text{sen} \theta_2$$

Simulação características da reflexão e da refração

Antes de fazer a simulação responda:

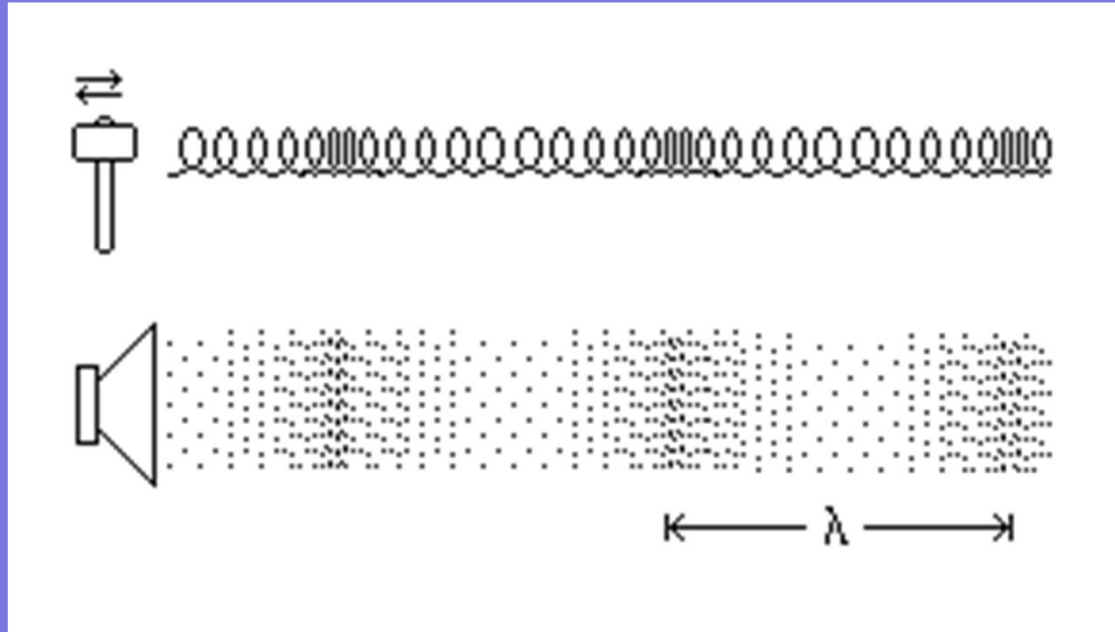
1. O que você acha que irá ocorrer quando a onda passar de um meio

a outro com índices de refração diferentes:

a) Com a velocidade? b) com o comprimento da onda? C) com a frequência?

<http://www.fsc.ufsc.br/~ccf/parcerias/ntnujava/propagation/propagation.html>

SOM



Fonte: <http://www.searadaciencia.ufc.br>

Altura: frequência. Agudo (mais frequência), Grave (menos frequência).

Timbre: Característica do instrumento.

Intensidade: volume.

SONS AUDÍVEIS PARA SERES HUMANOS

- 20 Hz até 20.000 Hz;
- λ entre 1,7 cm e 17 m;
- $v = 343$ m/s.

Características do timbre

- Forma da onda**
- Envelope sonoro**

Ataque

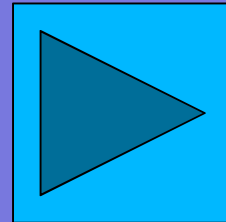
Decaimento

Sustentação

Relaxamento

COLETA DE SOM VIA COMPUTADOR

Programa Audacity



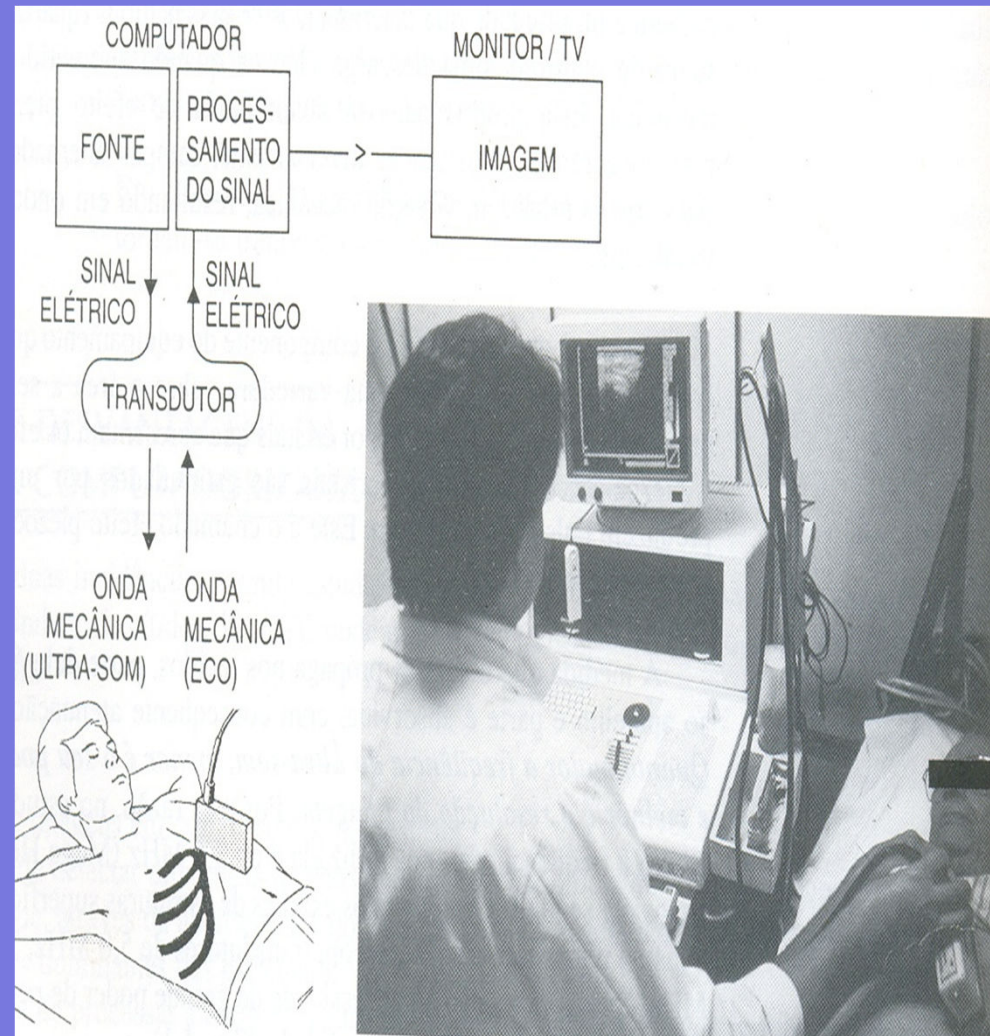
ONDAS ULTRASSÔNICAS

- Menor que 20 Hz- infrassônicas;
- Maior que 20 000 Hz- ultrassônicas (alteram o meio provisoriamente).

ULTRASSONOGRAFIA

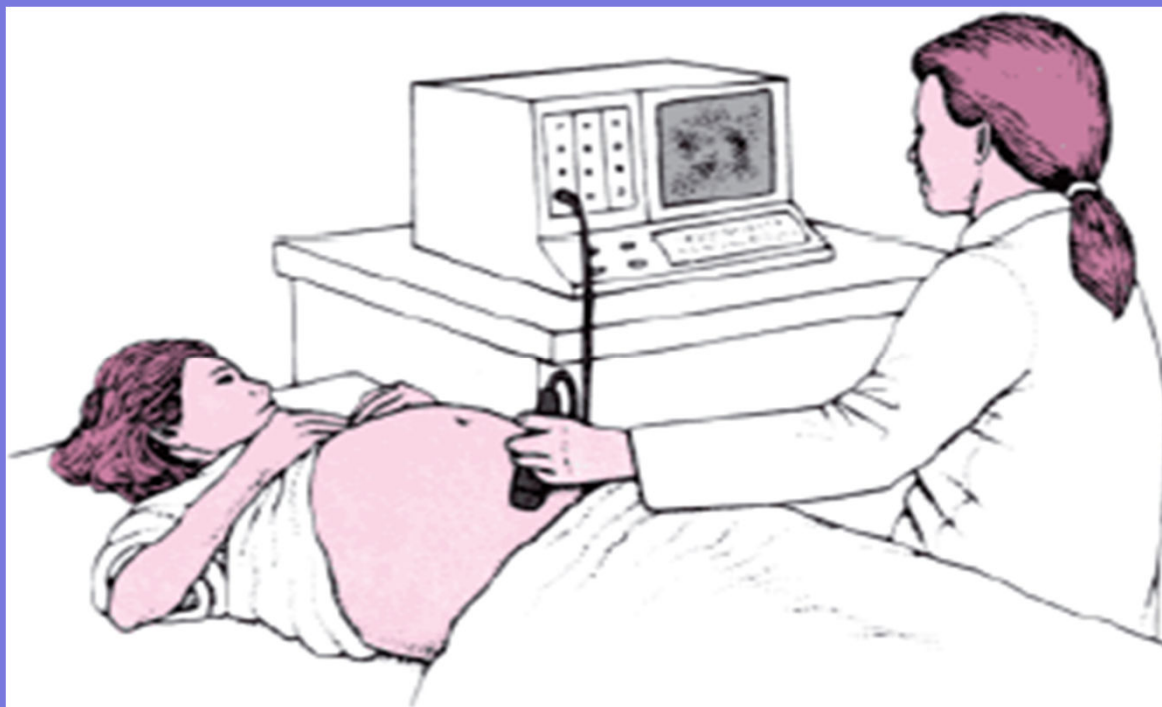
- Pode-se obter informações sobre:
- Tamanho;
- Anomalias anatômicas;
- Função.

ESQUEMA MÁQUINA DE ULTRASSONOGRAFIA



Fonte: Koch, 1997.

ULTRASSONOGRAFIA



Fonte: www.msd-brazil.com

ULTRASSONOGRAFIA



Fonte: <http://www.searadaciencia.ufc.br>

Indução eletromagnética

Antes de fazer a simulação responda:

- O que acontece se aproximo um ímã de um fio de luz que está ligado a um amperímetro? Justifique.
- Se mantenho o ímã próximo a um fio de luz parado durante algum tempo o que ocorre com um fio de luz que está ligado a um amperímetro? Justifique.
- O que acontece se afasto um ímã de um fio de luz que está ligado a um amperímetro? Justifique.
- O que acontece com uma bússola se aproximo um ímã a ele? Justifique.

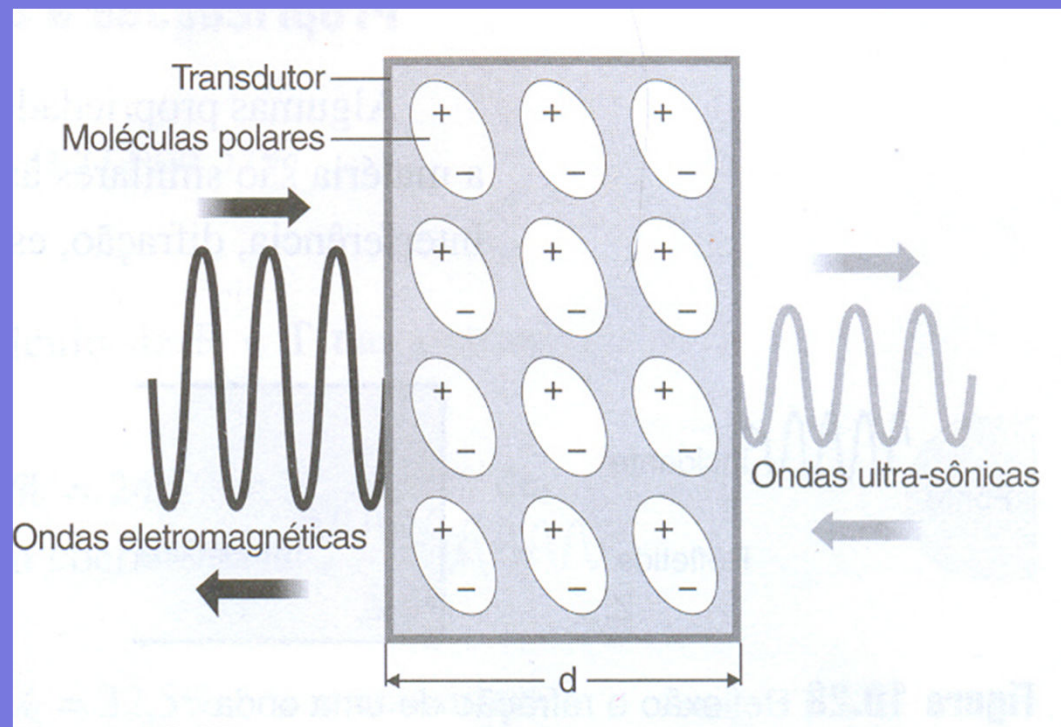
Indução eletromagnética

- O que acontece com uma lâmpada que está ligada em um solenoide se eu aproximo e afasto um ímã dele? Justifique.
- O que acontece com uma bússola se a aproximo de um solenoide ligado a uma pilha? Justifique.
- O que ocorre se aproximo um solenoide de outro solenoide, onde o primeiro solenoide está ligado a uma pilha e o segundo está ligado a uma lâmpada? Justifique.
- O que acontece se aproximo o polo norte e depois o polo sul periodicamente de um solenoide com a intensidade da luz da lâmpada que está ligada nele? Justifique.

MATERIAL PIEZOELÉTRICO

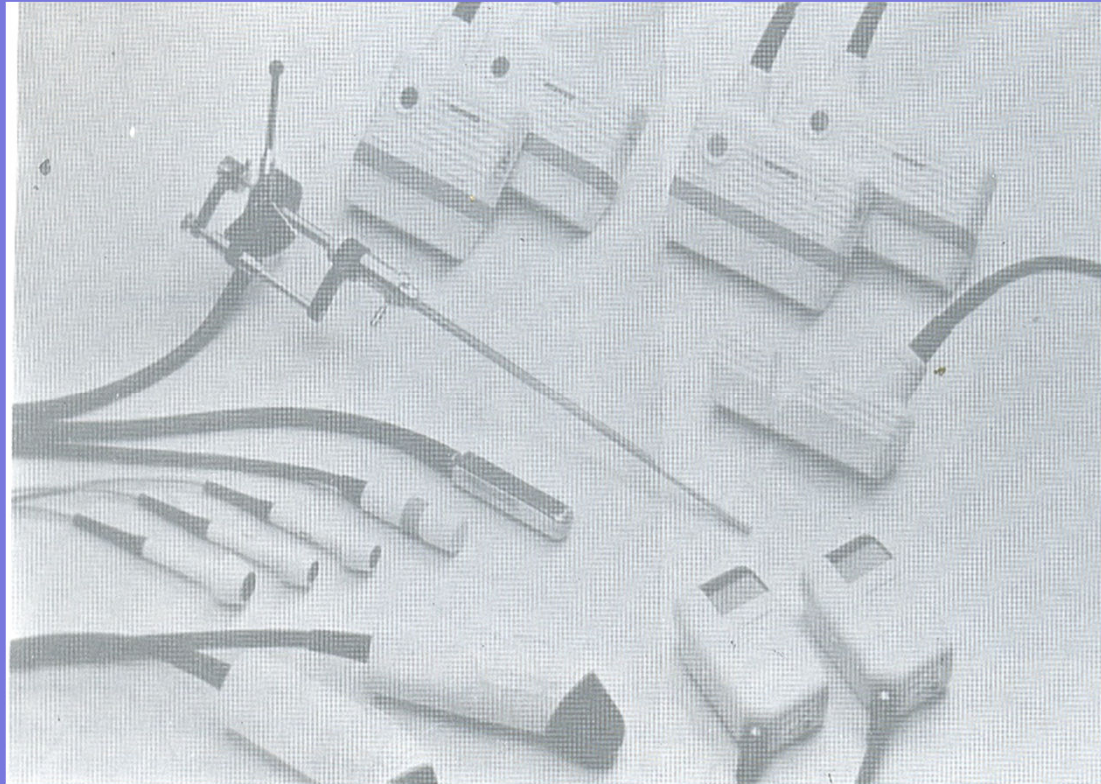
- Formam os transdutores:

Energia Elétrica \longrightarrow Energia Mecânica



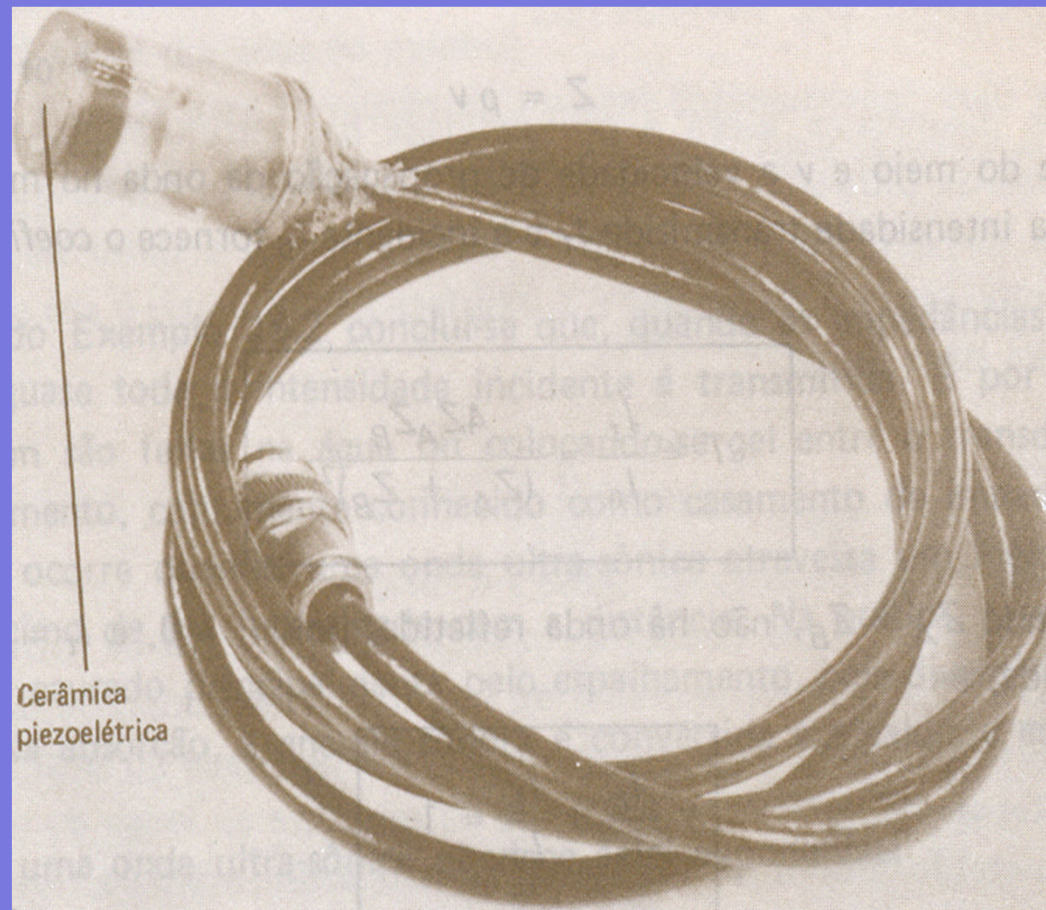
Fonte: Koch, 1997.

TRANSDUTORES



Fonte: Koch, 1997.

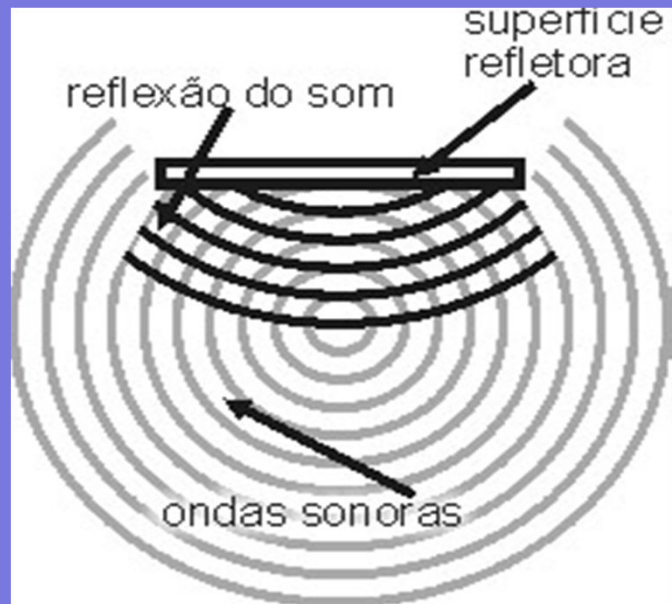
TRANSDUTORES



Cerâmica
piezoelétrica

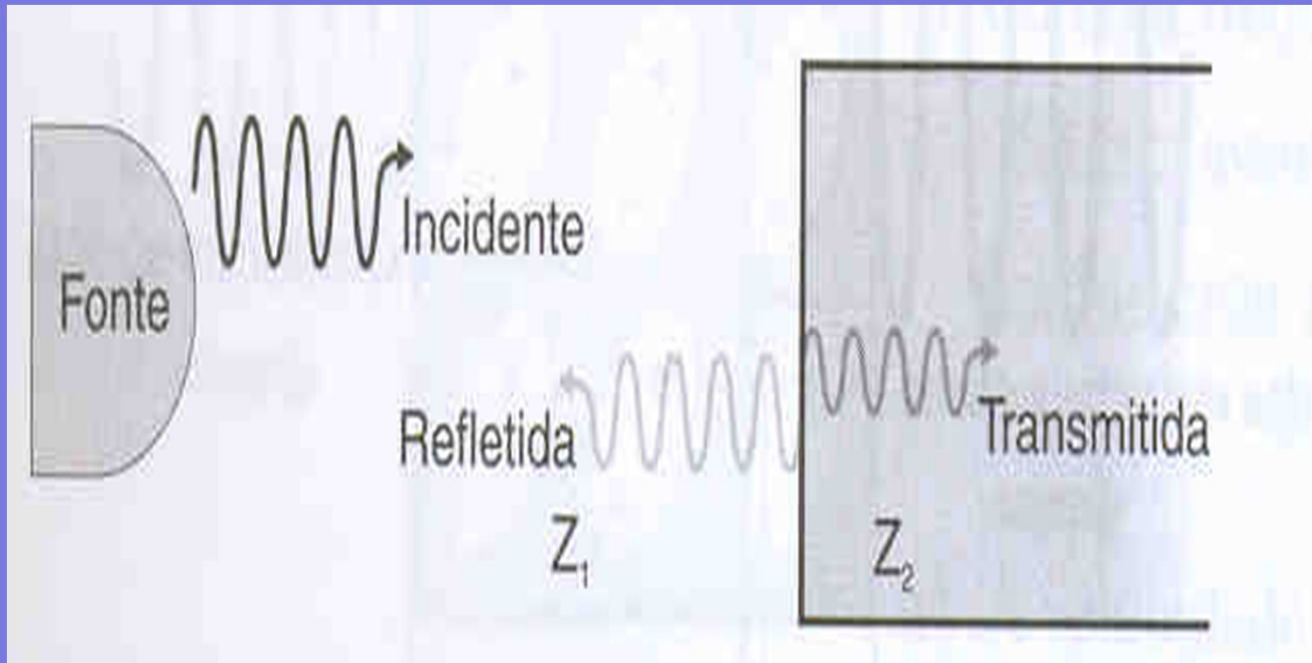
Fonte: Koch, 1997.

ECO



Fonte: www.desastresaereos.net

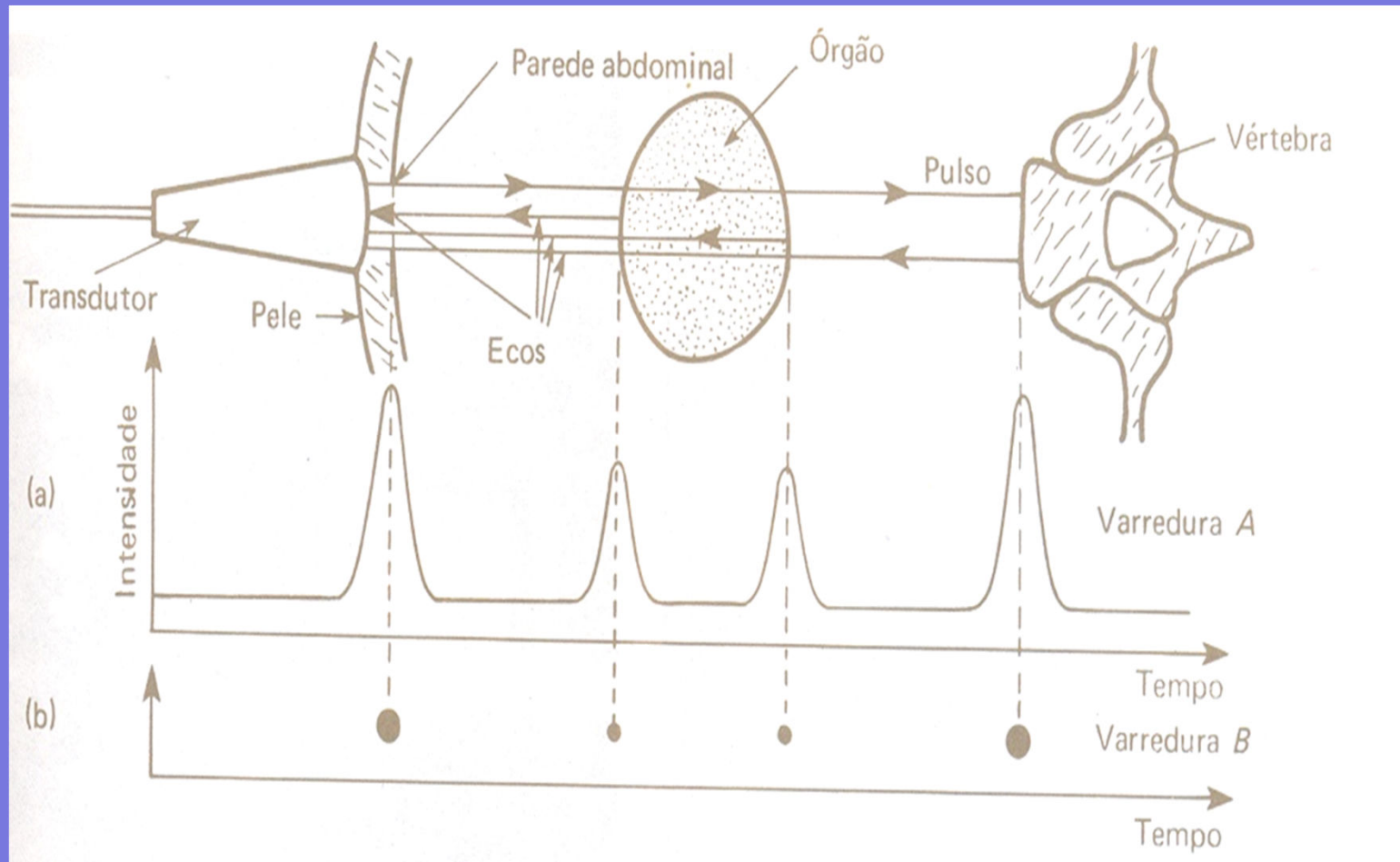
EMISSÃO DE ULTRASSOM



Fonte: Durán, 2003.

$$Z = \rho v$$

ECO



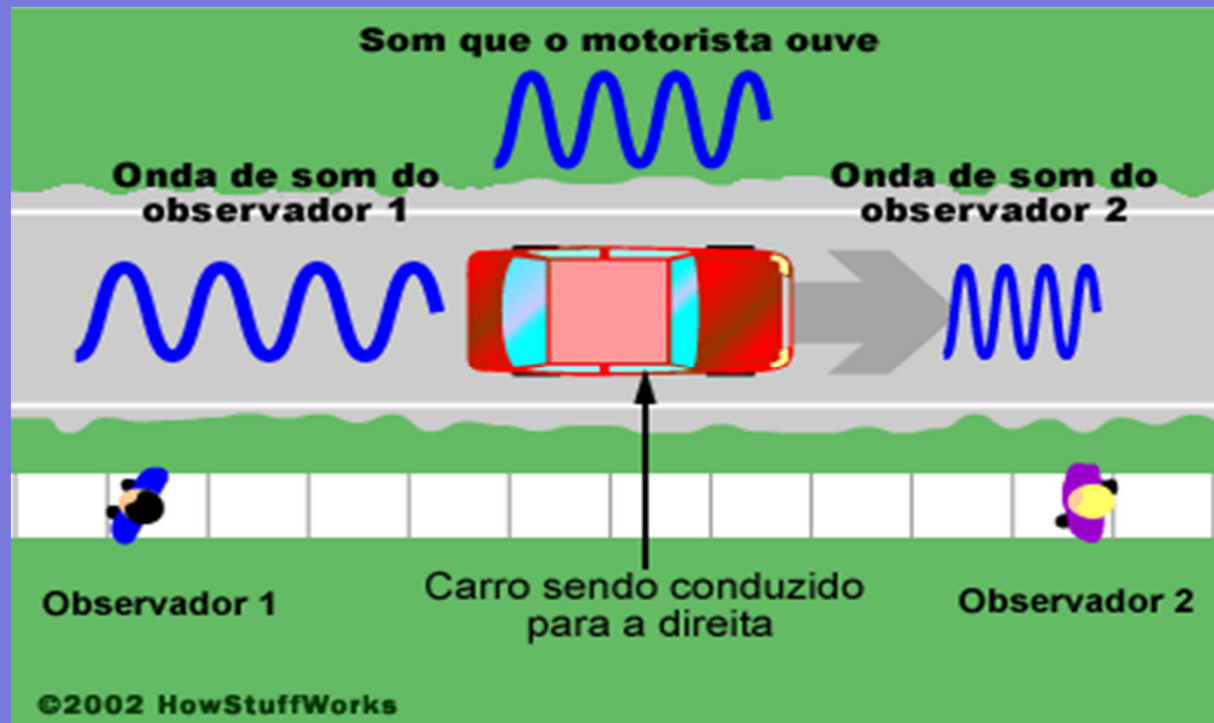
Fonte: Okuno, 1982.

ECO

Variação da Ecogenicidade nos Tecidos Biológicos			
Termo	Cor	Produção de eco	Exemplo
Ecogênico, Hiperecogênico ou hiperecócico.	Branca	Ecos Intensos	Ossos, ar, calcificações.
Hipoecogênico	Níveis de Cinza	Ecos de Moderada e Baixa Intensidade	Demais materiais
Anecócico	Preta	Não há eco	Líquidos

Fonte: Koch, 1997.

EFEITO DOPPLER

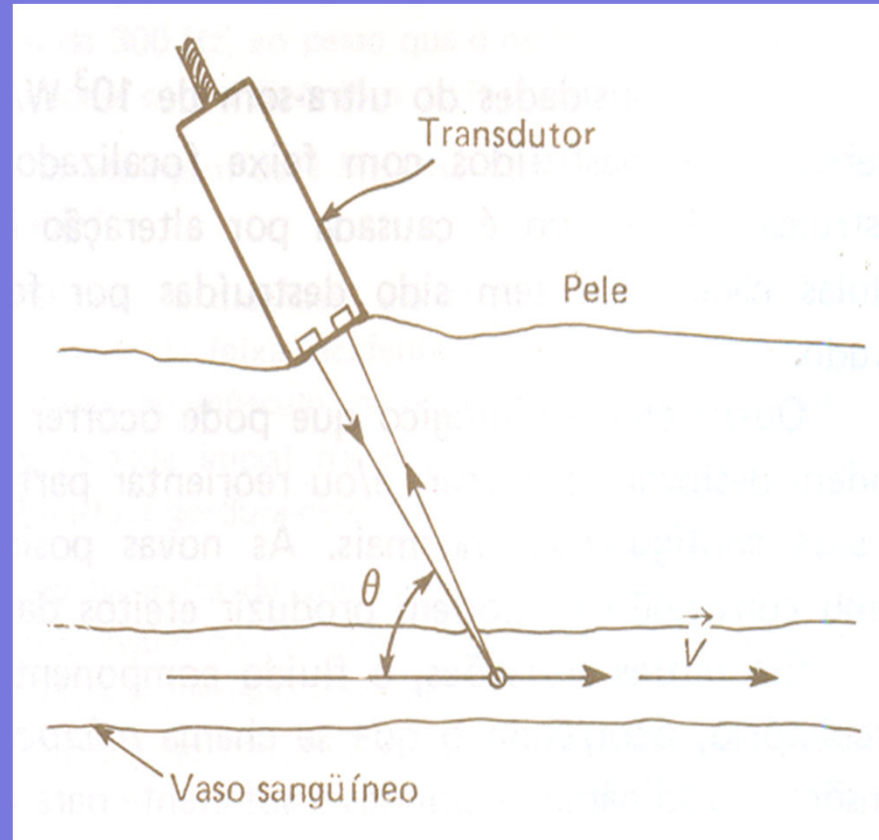


Antes de fazer a simulação abaixo responda: o que ocorre com a frequência, o comprimento e a velocidade da onda ouvida pelo observador quando: a) o automóvel se aproxima dele? b) o automóvel se afasta dele?

http://www.walter-fendt.de/ph14br/dopplereff_br.htm

EFEITO DOPPLER

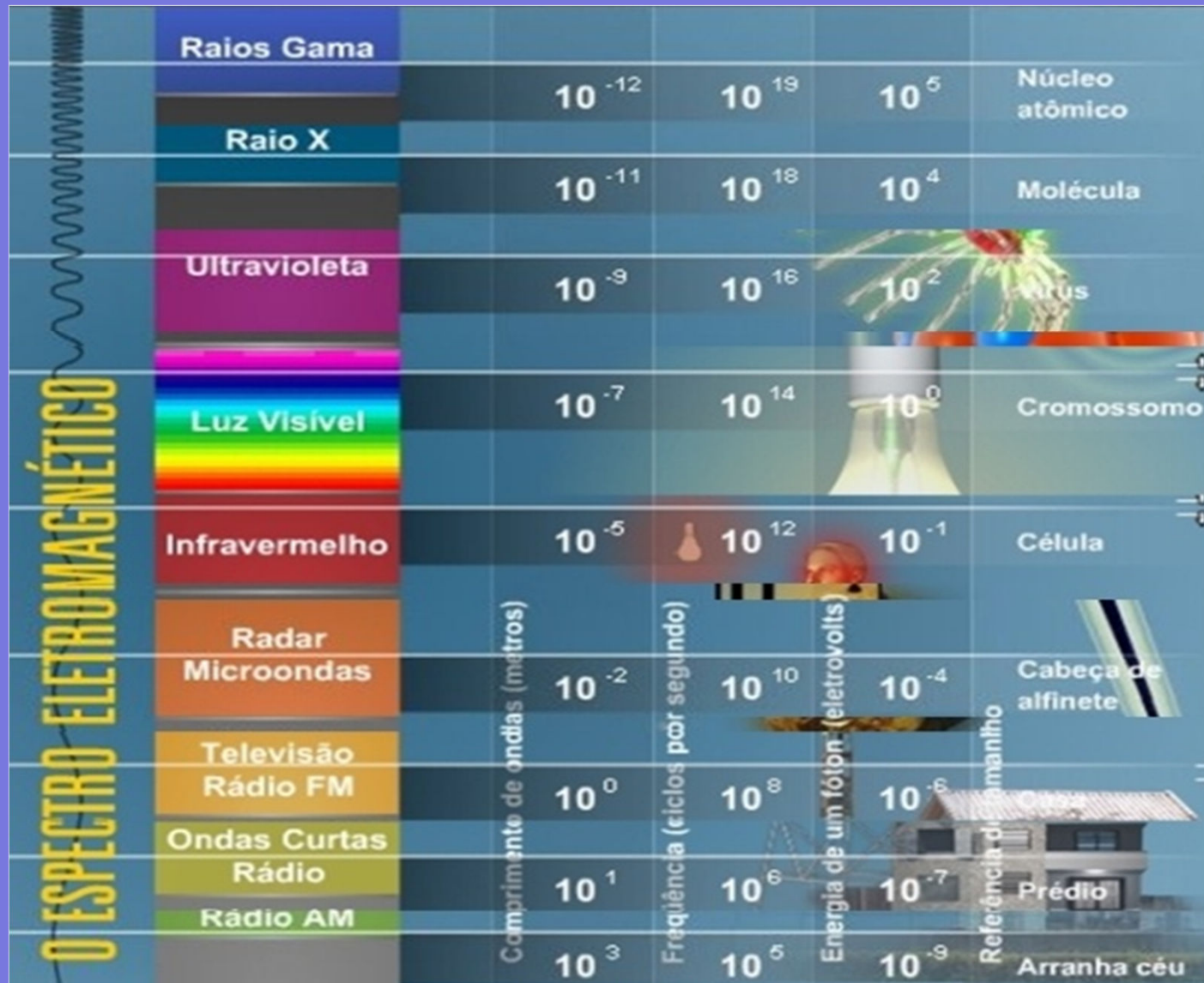
$$\Delta f = \frac{2fV \cos \theta}{v}$$



Fonte: Okuno, 1982.

A velocidade do sangue na artéria aorta é de, aproximadamente, 30 cm/segundo, possuindo uma área de 2,5 cm².

ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO



Fonte: <http://www.searadaciencia.ufc.br>

**RADIAÇÃO IONIZANTE
E NÃO IONIZANTE EM
TECIDOS BIOLÓGICOS**

Simulação espectro eletromagnético

Antes de realizar a simulação responda:

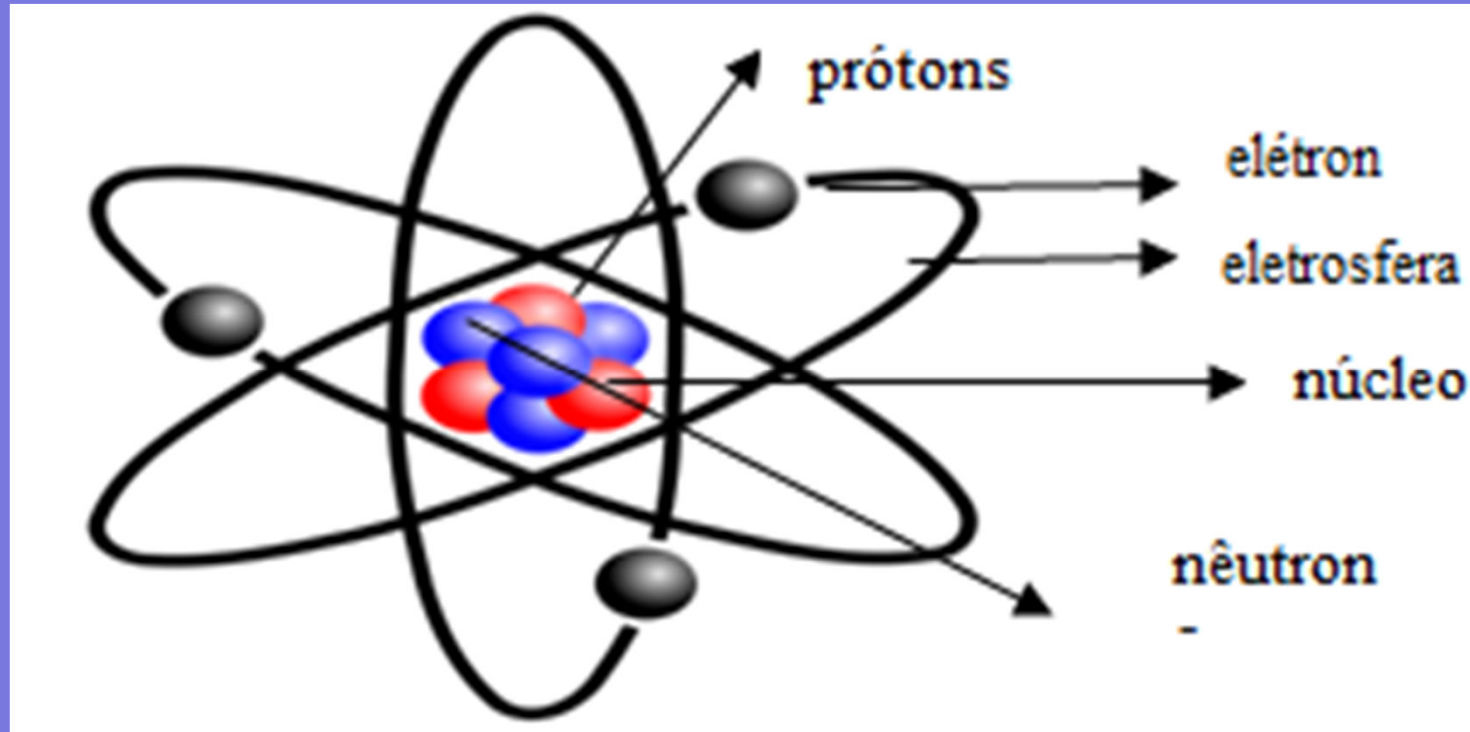
a) O que acontece com a energia se aumento a frequência da onda? **b)** O que acontece com o comprimento de onda se aumento a frequência da onda? **c)** Quais dessas radiações são mais perigosas para os seres humanos?

<http://lectureonline.cl.msu.edu/~mmp/applist/Spectrum/s.htm>

RADIAÇÃO É...

Em Física,
radiação é a
propagação
da energia
por meio de partículas
ou ondas emitidas pelos átomos.

Modelo Atômico de Bohr



Fonte: <http://www.searadaciencia.ufc.br>

Tabela Periódica dos Elementos

1 1A	2 IIA											13 IIIA	14 IVA	15 VA	16 VIA	17 VIIA	18 VIIIA	
1 H 1.00794																	2 He 4.002602	
2 Li 6.941	4 Be 9.012182											5 B 10.811	6 C 12.0107	7 N 14.00674	8 O 15.9994	9 F 18.9984032	10 Ne 20.1797	
3 Na 22.989770	12 Mg 24.3050											13 Al 26.981538	14 Si 28.0855	15 P 30.973761	16 S 32.066	17 Cl 35.453	18 Ar 39.948	
4 K 39.0983	20 Ca 40.078	21 Sc 44.955910	22 Ti 47.887	23 V 50.9415	24 Cr 51.9961	25 Mn 54.938049	26 Fe 55.8467	27 Co 58.933200	28 Ni 58.6934	29 Cu 63.546	30 Zn 65.409	31 Ga 69.723	32 Ge 72.64	33 As 74.92160	34 Se 78.96	35 Br 79.904	36 Kr 83.798	
5 Rb 85.4678	38 Sr 87.62	39 Y 88.90585	40 Zr 91.224	41 Nb 92.90638	42 Mo 95.94	43 Tc (98)	44 Ru 101.07	45 Rh 102.90550	46 Pd 106.42	47 Ag 107.8682	48 Cd 112.411	49 In 114.818	50 Sn 118.710	51 Sb 121.760	52 Te 127.60	53 I 126.90447	54 Xe 131.293	
6 Cs 132.90545	56 Ba 137.327	57 to 71		72 Hf 178.49	73 Ta 180.9479	74 W 183.84	75 Re 186.207	76 Os 190.23	77 Ir 192.217	78 Pt 195.078	79 Au 196.96655	80 Hg 200.59	81 Tl 204.3833	82 Pb 207.2	83 Bi 208.98038	84 Po (209)	85 At (210)	86 Rn (222)
7 Fr (223)	88 Ra (226)	89 to 103		104 Rf (261)	105 Db (262)	106 Sg (266)	107 Bh (264)	108 Hs (269)	109 Mt (268)	110 Ds (271)	111 Rg (272)	112 Uub (285)	113 Uut (284)	114 Uuq (289)	115 Uup (288)	116 Uuh (292)	117 Uus (294)	118 Uuo (294)

Massas atômicas em parênteses são aquelas do isótopo mais estável ou comum.

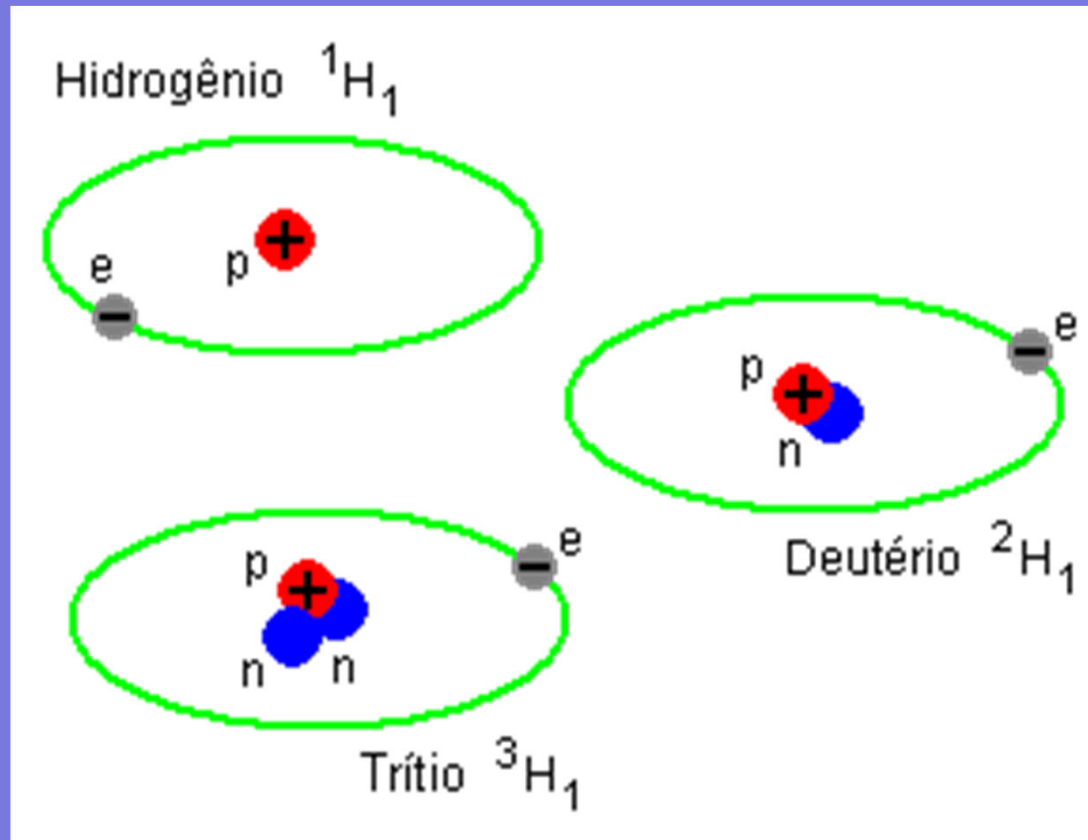
Direitos autorais de design © 1997 Michael Dayah (michael@dayah.com). <http://www.dayah.com/periodic/>

Nota: Os números de subgrupo 1-18 foram adotados em 1984 pela International Union of Pure and Applied Chemistry (União Internacional de Química Pura e Aplicada). Os nomes dos elementos 112-118 são os equivalentes latinos desses números.

57 La Lantânio 138.9055	58 Ce Cério 140.116	59 Pr Praseodímio 140.90765	60 Nd Neodímio 144.24	61 Pm Promécio (145)	62 Sm Samário 150.36	63 Eu Európio 151.964	64 Gd Gadolínio 157.25	65 Tb Térbio 158.92534	66 Dy Dísprosio 162.500	67 Ho Hólmio 164.93032	68 Er Érbio 167.259	69 Tm Itérbio 168.93421	70 Yb Ítrio 173.04	71 Lu Lutécio 174.967
89 Ac Actínio (227)	90 Th Tório 232.0381	91 Pa Protactínio 231.03588	92 U Urânio 238.02891	93 Np Netúnio (237)	94 Pu Plutônio (244)	95 Am Americio (243)	96 Cm Cúrio (247)	97 Bk Berquélio (247)	98 Cf Califórnio (251)	99 Es Einstânio (252)	100 Fm Fármio (257)	101 Md Mendelévio (258)	102 No Nobélio (259)	103 Lr Laurêncio (262)

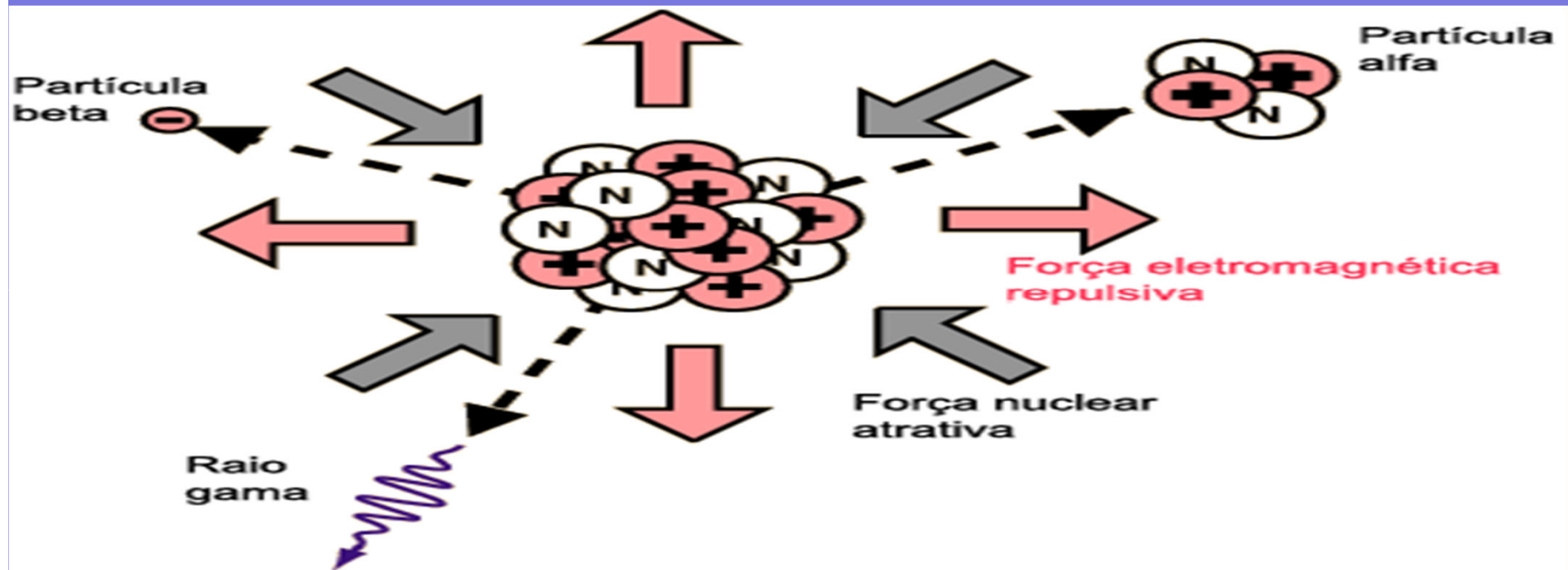
Fonte: <http://grandeabobora.com/a-tabela-periodica-em-video>.

Isótopos x Radioisótopos



Fonte: <http://www.searadaciencia.ufc.br>

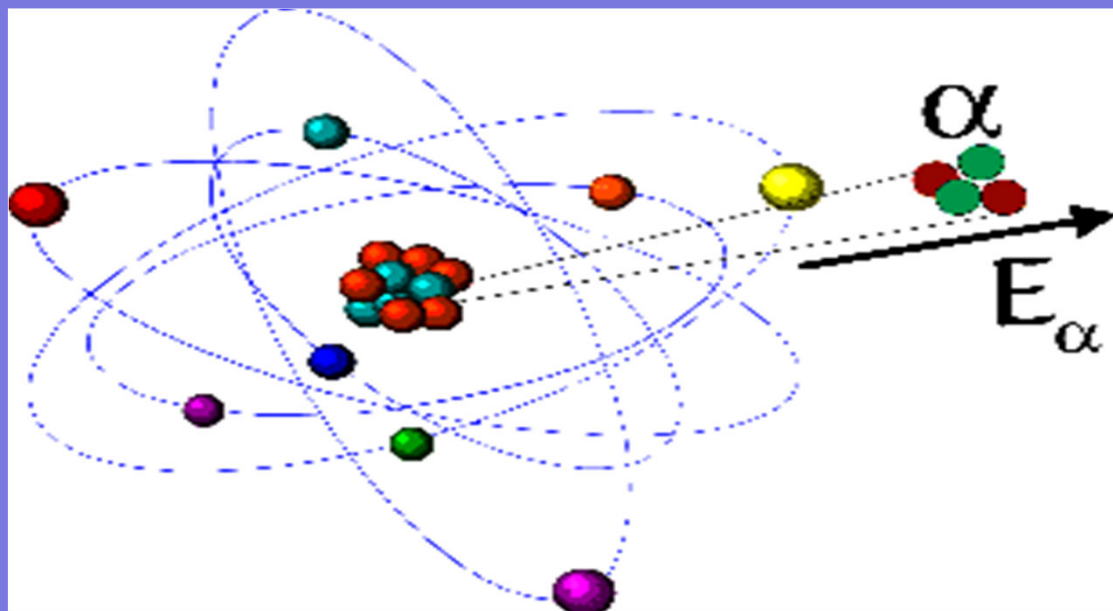
Instabilidade atômica



Fonte: <http://www.searadaciencia.ufc.br>

TIPOS PRINCIPAIS DE RADIAÇÕES

RADIAÇÃO ALFA



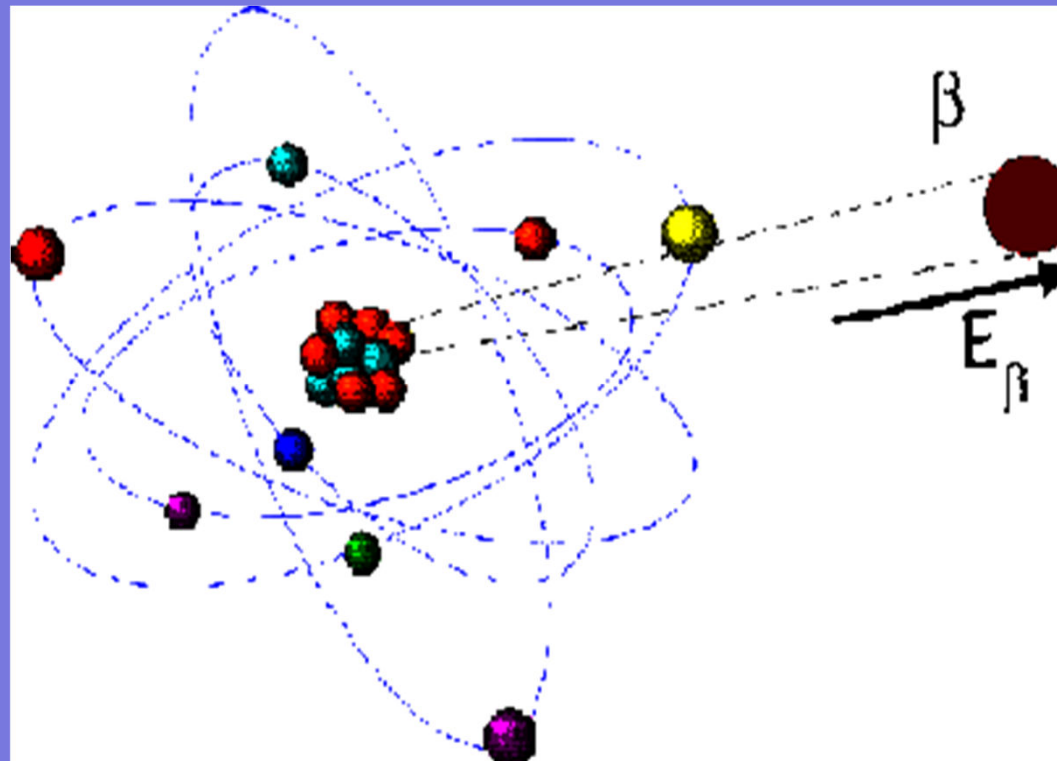
Fonte: <http://www.searadaciencia.ufc.br>

Antes de fazer a simulação responda:

1. O que irá acontecer com o peso atômico quando há a emissão de radiação alfa? Justifique.
2. Se coloco mais átomos no sistema o que ocorre com a emissão de radiação alfa? Justifique.

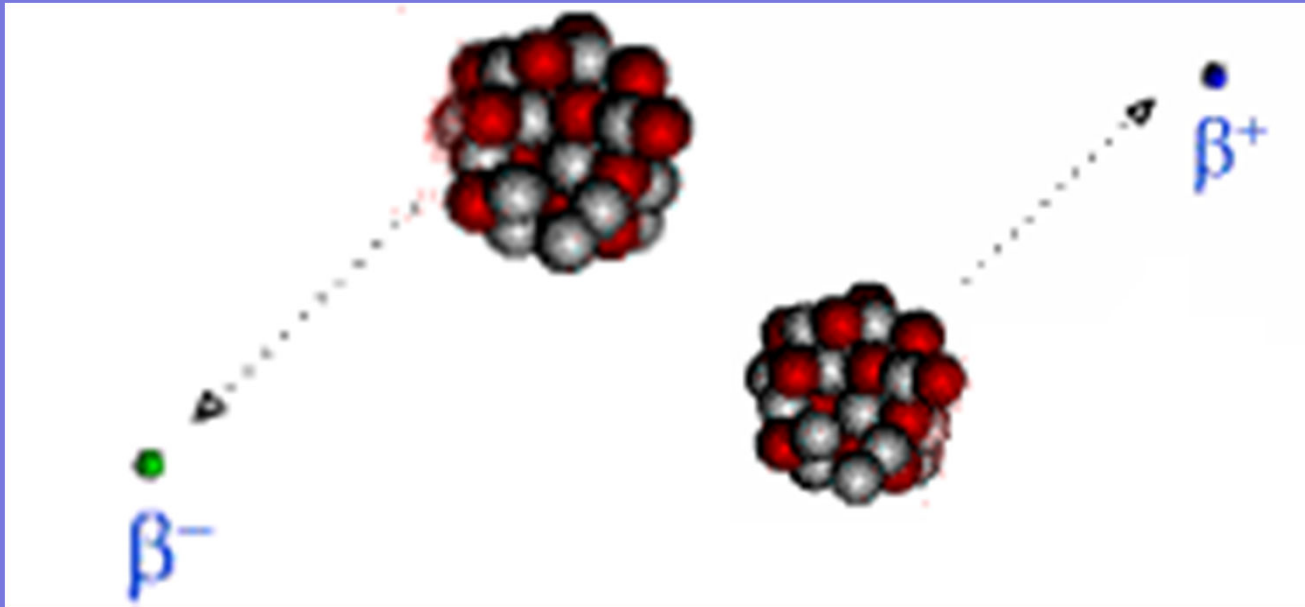
http://phet.colorado.edu/simulations/sims.php?sim=Alpha_Decay

RADIAÇÃO BETA



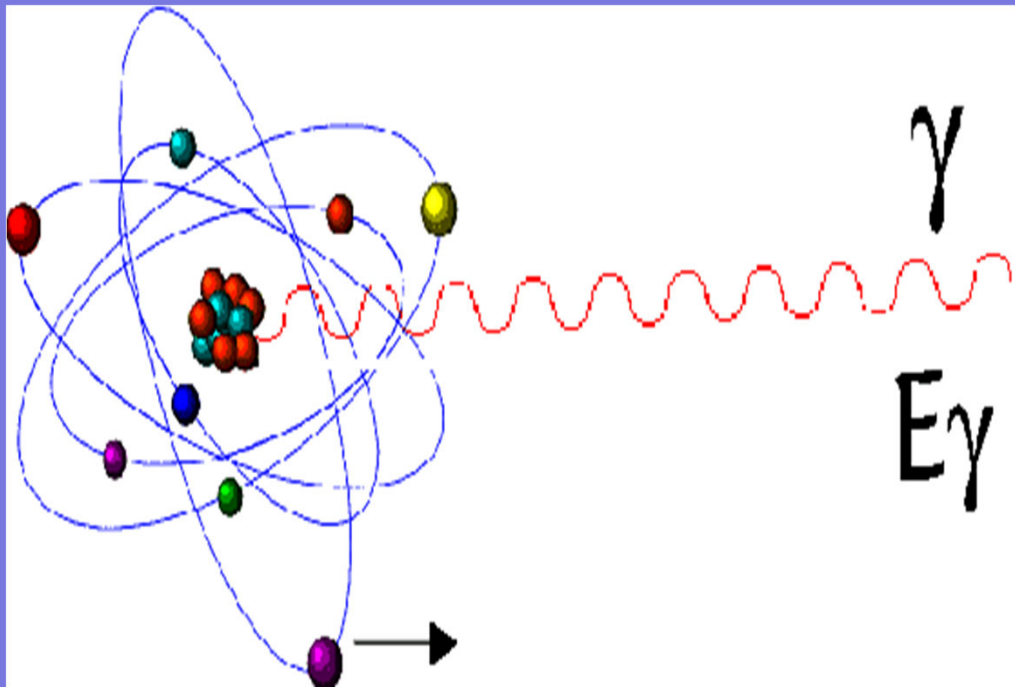
Fonte: <http://www.searadaciencia.ufc.br>

RADIAÇÃO BETA



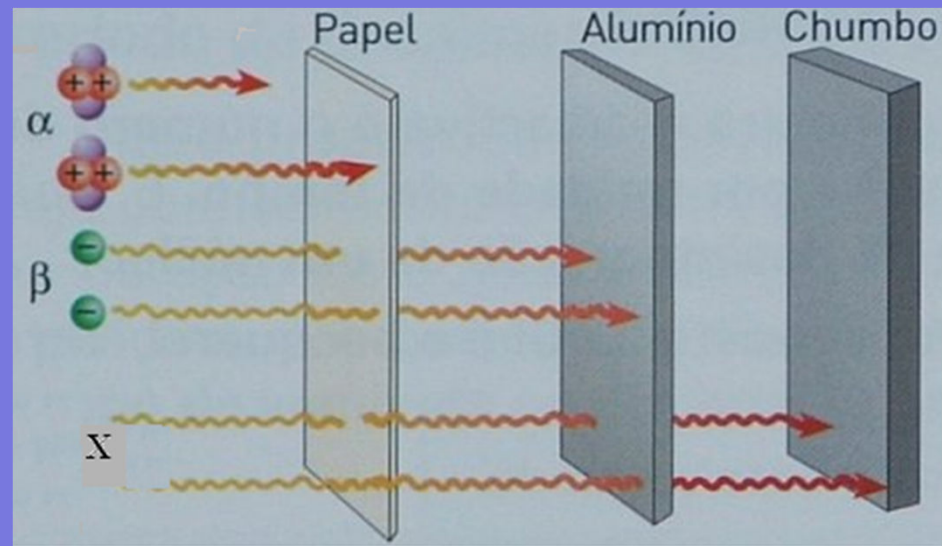
Fonte: <http://www.searadaciencia.ufc.br>

RADIAÇÃO GAMA



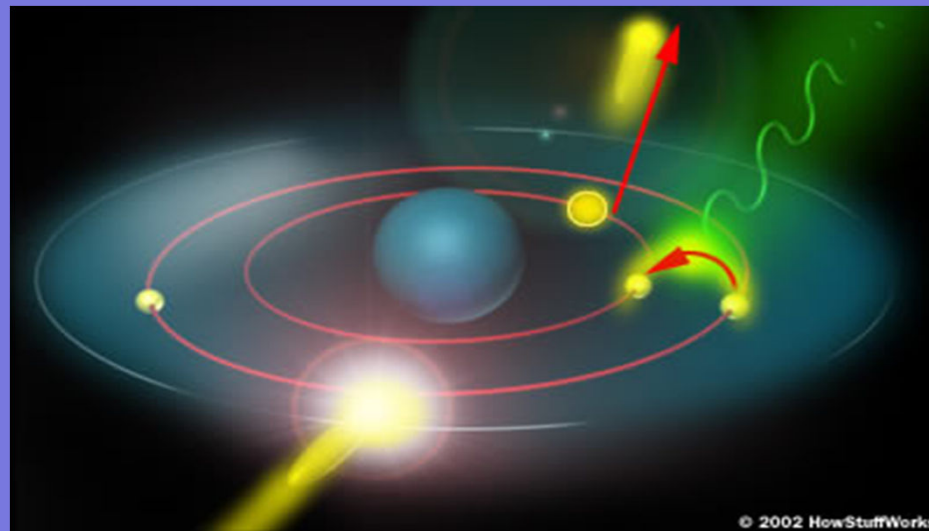
Fonte: <http://www.searadaciencia.ufc.br>

BLOQUEIO



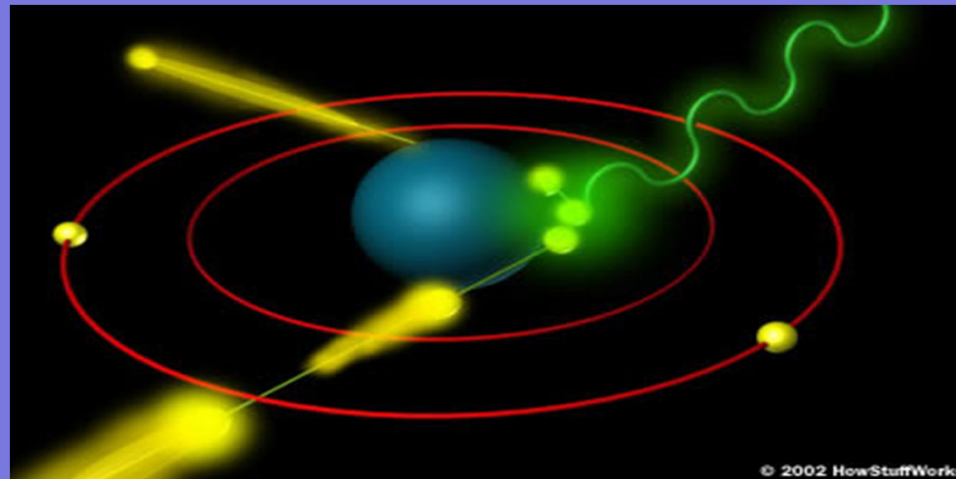
Fonte: <http://www.searadaciencia.ufc.br>

RAIOS-X CARACTERÍSTICO



Fonte: http://wiki.stoa.usp.br/Fap0459/textos/grupo_Eneas/Waldair

RAIOS-X DE FREAMENTO (Bremsstrahlung)



Fonte: http://wiki.stoa.usp.br/Fap0459/textos/grupo_Eneas/Waldair

(PENSAR) DOMÍNIO CONCEITUAL

Filosofia(s) - paradigmas, visões de mundo.

Teorias - sistemas conceituais ainda mais abrangentes.

Princípios - sistemas conceituais mais abrangentes.

Conceitos - signos/símbolos que apontam regularidades em eventos e que se utiliza para pensar, pesquisar, aprender.

Questões-Foco:
(Sobre eventos/
objetos)

**Requerem
Interação**

(FAZER) DOMÍNIO METODOLÓGICO

Asserções de Valor - afirmações sobre o valor (ex. social, instrumental, estético) dessas respostas.

Asserções de Conhecimento - interpretação, explicações, generalizações, conclusões.

Transformações - servem de base para a formulação de asserções.

Dados - transformações de registros, ordenação.

Registros - um evento não pode ser estudado se nenhum registro for feito.



Evento/Objeto:
(Relativos a fenômenos de interesse)

(PENSAR) DOMÍNIO CONCEITUAL

Filosofia(s) - nenhuma

Teorias -
Mecânica de Newton

Princípios -

1. No MRU não há aceleração.
2. No MRUV existe acel. cte.
3. É possível comparar os deslocamentos e os tempos e determinar qual é o movimento do corpo.

Conceitos -

movimento, retilíneo, tempo, deslocamento, velocidade, aceleração, atrito

Questões- Foco:

Que movimento descreve um carrinho ao descer um plano inclinado sem atrito?



Requerem Interação

(FAZER) DOMÍNIO METODOLÓGICO

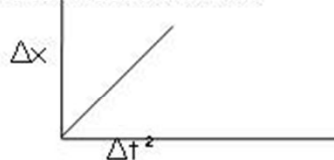
Asserções de Valor -
Entender o que é MRUV e como calcular a aceleração.

Asserções de Conhecimento

1. Como o gráfico Δx contra Δt^2 resultou em uma reta, o movimento é um MRUV.
2. O valor encontrado para a aceleração foi de $19,2 \text{ cm/s}^2$.
3. O desvio foi de 9%.

Transformações -

construção do gráfico Δx contra Δt e Δx contra Δt^2 ; cálculo da declividade da reta.



Dados -

organização dos registros em uma tabela

Δx	Δt	Δt^2

Registros -

valores medidos dos tempos e dos deslocamentos

Evento/Objeto:

Um carrinho desce um plano inclinado, com uma inclinação de aproximadamente 1° , praticamente sem atrito. Para determinar qual é seu movimento, serão medidos os deslocamentos e os tempos gastos para percorrê-los.

INTERAÇÃO DA RADIAÇÃO COM A MATÉRIA

INTERAÇÃO COM RAIOS-X e γ

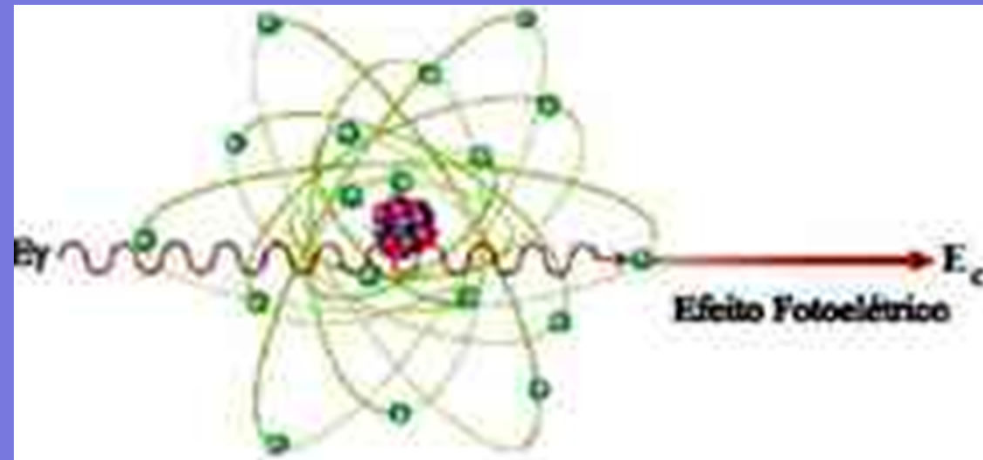
Principais processos de interação

Efeito fotoelétrico

Efeito Compton

Produção de pares

INTERAÇÃO DA RADIAÇÃO COM A MATÉRIA: EFEITO FOTOELÉTRICO



Fonte: <http://www.searadaciencia.ufc.br>

INTERAÇÃO DA RADIAÇÃO COM A MATÉRIA: EFEITO FOTOELÉTRICO

$$hf = \phi + E_{c \max}$$

$$h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J.s}$$

$$\phi = hf_0$$

$$E_{c \max} = \frac{1}{2} m v_m^2$$

PROBABILIDADE DE OCORRER O EFEITO FOTOELÉTRICO

- Energia do fóton incidente deve ser superior a energia de ligação do elétron ao átomo.
- Energia do fóton incidente não pode ser muito maior a energia de ligação do elétron ao átomo.

PROBABILIDADE DE OCORRER O EFEITO FOTOELÉTRICO

- A probabilidade de ocorrer é inversamente proporcional a energia $1/E^3$.
- A probabilidade de ocorrer o efeito fotoelétrico é diretamente proporcional a Z^3 .

EFEITO FOTOELÉTRICO

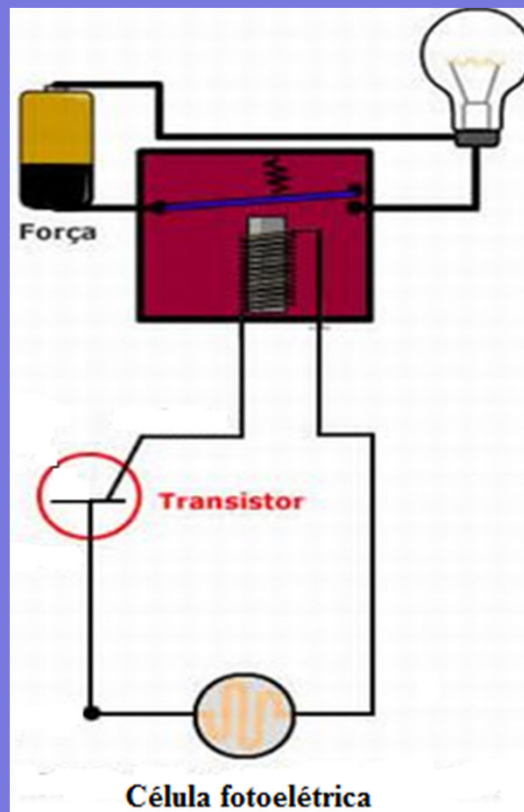
Antes de realizar as simulações respondam:

1. Para conseguir arrancar elétrons de um material o que tenho que alterar?
2. Se aumento a intensidade da luz incidente o que ocorre:
 - a) quando já está sendo arrancado elétrons do material;
 - b) quando não há corrente elétrica.
3. Se aumento a voltagem o que ocorre:
 - a) com a corrente elétrica quando há efeito fotoelétrico.
 - b) com a energia cinética dos elétrons.

http://cepa.if.usp.br/files/simulation/javaapplet/photoeffect_br.htm

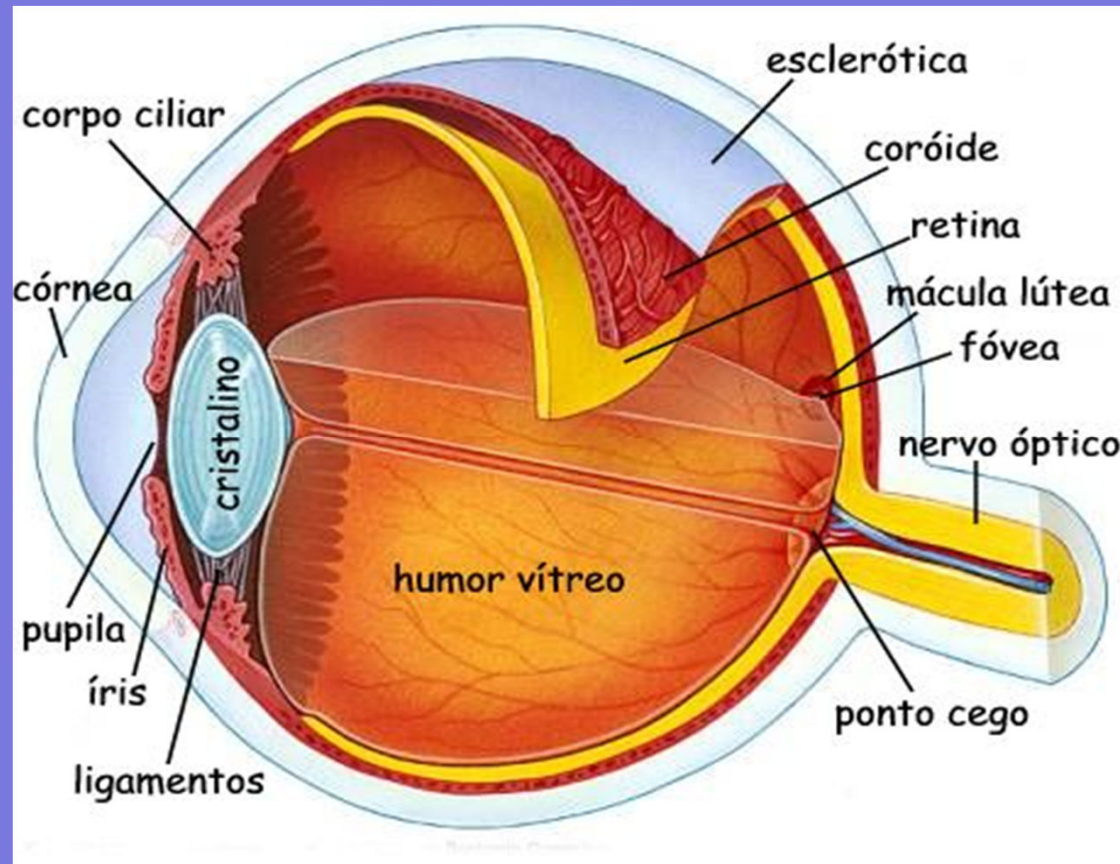
<http://www.fisica.ufpb.br/~romero/objetosaprendizagem/Rived/20EfeitoFotoeletrico/Site/Animacao.htm>

EFEITO FOTOELÉTRICO: POSTES DE LUZ



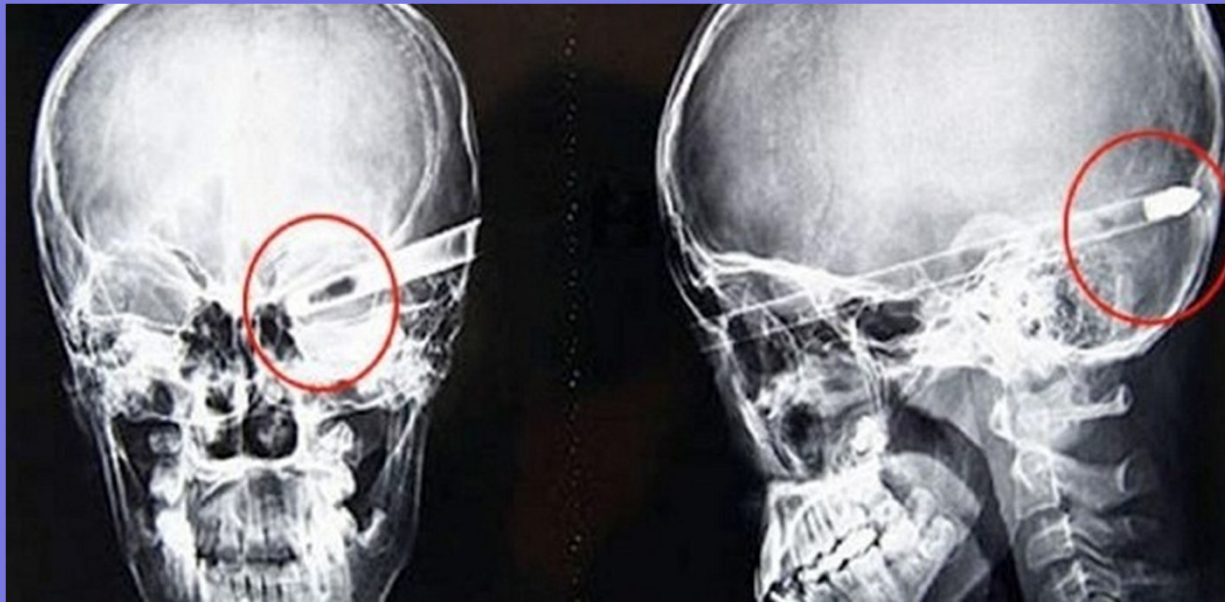
Fonte: <http://www.searadaciencia.ufc.br>

EFEITO FOTOELÉTRICO: OLHO HUMANO



Fonte: <http://www.brasilecola.com>.

EFEITO FOTOELÉTRICO: NA IMAGEM RADIOGRÁFICA.

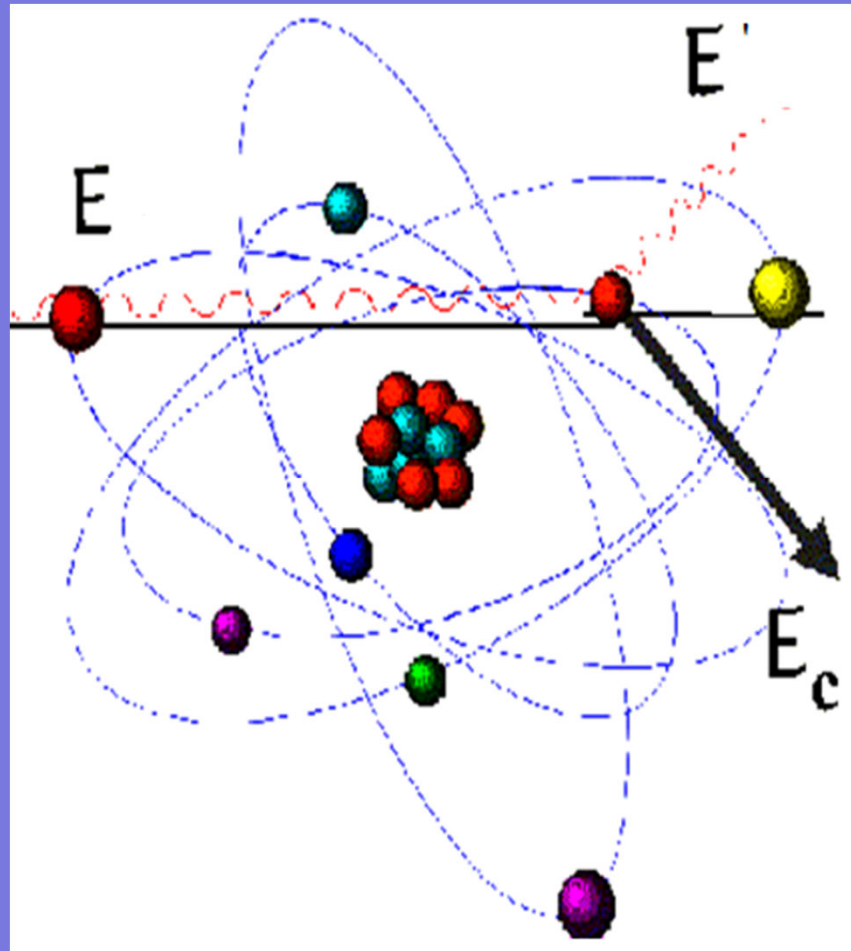


Fonte: <http://copadomundo.uol.com.br/2010/>

EFEITO COMPTON: Fatores históricos

**TEORIA ONDULATÓRIA X TEORIA
CORPUSCULAR DA LUZ**

EFEITO COMPTON



$$E > E'$$

Fonte: <http://www.searadaciencia.ufc.br>

EFEITO COMPTON

O espalhamento Compton ocorre em todos os materiais e predominantemente com fótons de média-energia (entre 0.5 e 7 MeV).

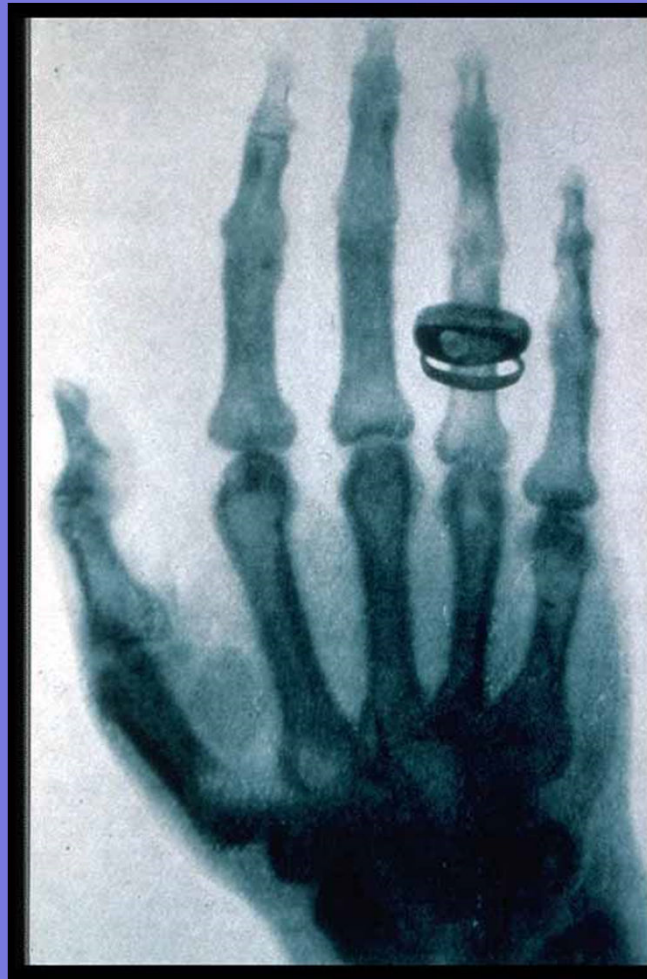
EFEITO COMPTON: NA IMAGEM RADIOGRÁFICA.

O número de reações diminui significativamente com o crescimento da energia do fóton, de modo que a probabilidade de um fóton de mais alta energia atravessar um corpo humano é bem maior que um fóton de baixa energia.

EFEITO COMPTON: NA IMAGEM RADIOGRÁFICA.

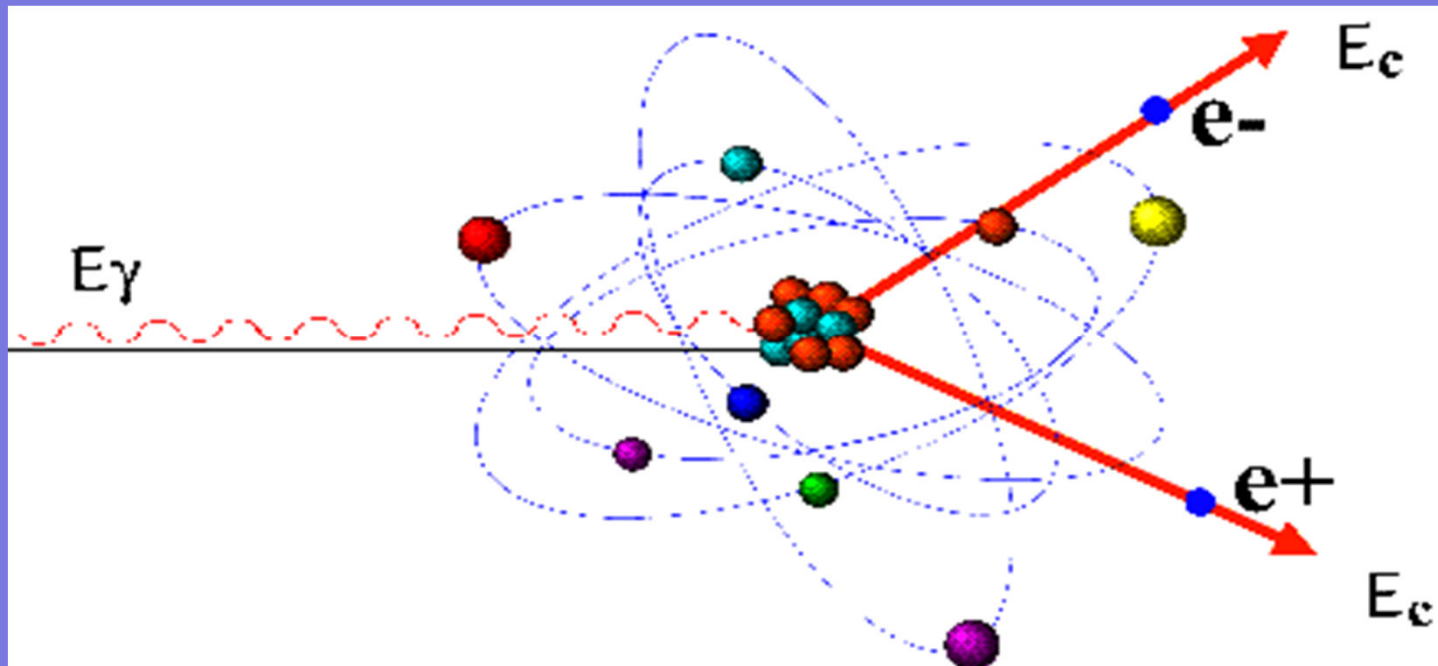
A probabilidade de uma interação Compton depende do número total de elétrons do absorvedor e não depende do número atômico.

EFEITO COMPTON: NA IMAGEM RADIOGRÁFICA.



Fonte: <http://ostecnoloxicos.blogspot.com/2010/04/os-raios-x.html>

PRODUÇÃO DE PARES



Fonte: <http://www.searadaciencia.ufc.br>

PRODUÇÃO DE PARES

A criação de pares ocorre para altas energias e para elementos de grande número atômico e é proporcional à Z^2 .

PRODUÇÃO DE PARES

Nesse processo a energia do fóton é = a massa do elétron + a massa do pósitron + energia cinética do elétron e do próton.

PRODUÇÃO DE PARES

Para transformar energia em massa utilizamos a seguinte expressão matemática:

$$E=mc^2$$

PROBLEMA

Sabemos que a massa do elétron é: $9,1083 \times 10^{-31}$ Kg, a velocidade da luz é 3×10^8 m/s. Calcule a energia mínima necessária para que ocorra a produção de pares.

LEMBREM-SE $1\text{eV} = 1,6 \times 10^{-19}$ J

PRODUÇÃO DE PARES

Antes de usar a simulação responda:

1. O que acontecerá quando o fóton: a) com uma energia igual a 1,02 MeV, b) menor que 1,02 MeV c) superior a 1,02 MeV passar próximo ao núcleo de um átomo?
2. Por que há a necessidade de que um fóton passe próximo a um núcleo para que haja a produção de pares?

- http://www.lip.ualg.pt/testes/Fisica_Radiacoes/Pastas%20interiores/EfeitoProdPares.htm

ANIQUILAÇÃO DE PARES: APLICAÇÃO NA MEDICINA

PET (TOMOGRÁFIA POR EMISSÃO DE
PÓSITRON)

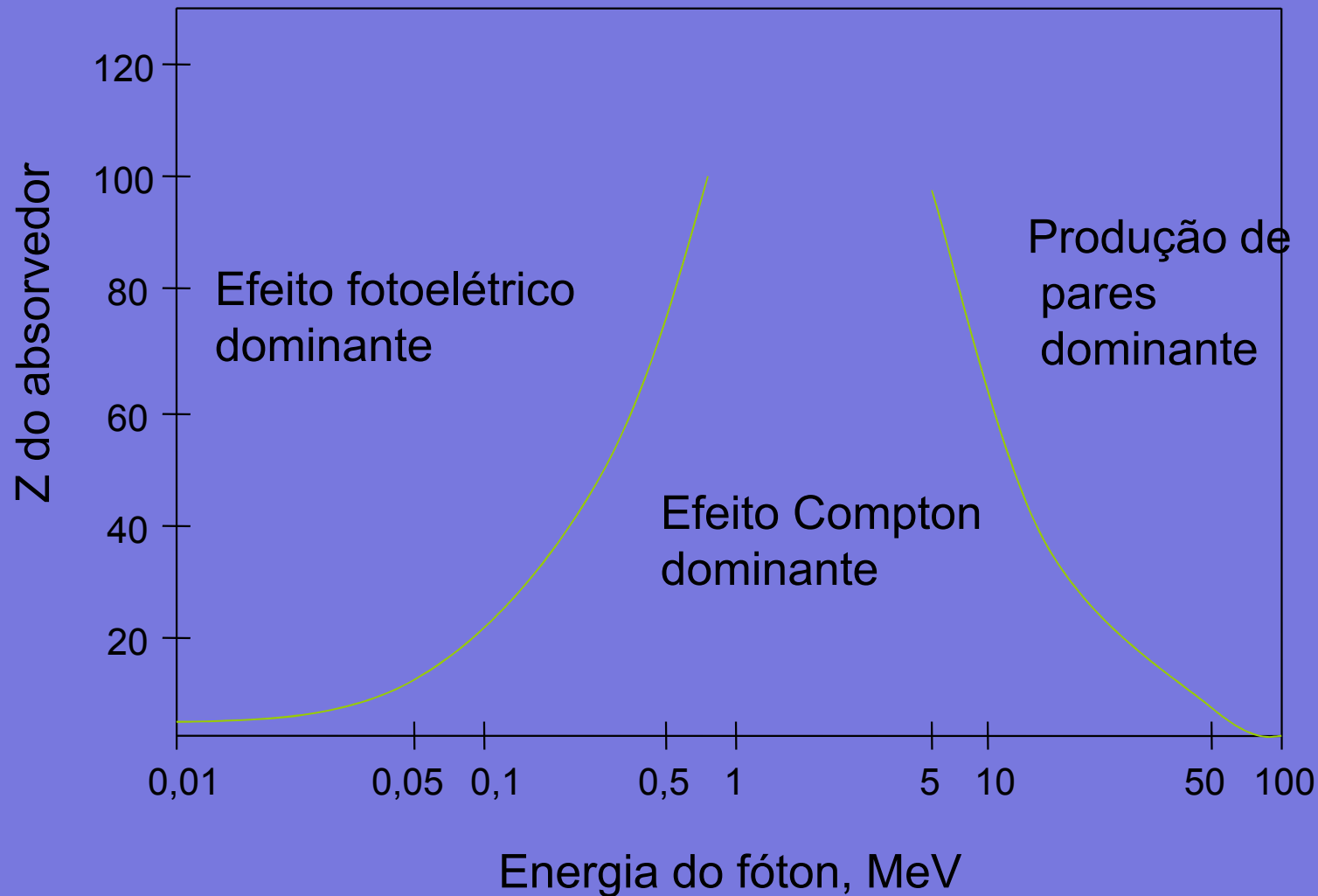
ANIQUILAÇÃO DE PARES: APLICAÇÃO NA MEDICINA

Antes de utilizar a simulação abaixo responda:

1. O que ocorre quando um elétron e um pósitron se chocam? a) Com a direção do movimento; b) Com a energia? c) Com a massa?
2. Quais são as diferenças e semelhanças entre um pósitron e um elétron?

<http://saude.hsw.uol.com.br/medicina-nuclear2.htm>

ENERGIA DO FÓTON



Fonte: <http://riesgosgenerales.blogspot.com/>

SITUAÇÃO PROBLEMA

Se você fosse um técnico em radiologia e soubesse que:

- O chumbo possui um número atômico (Z) elevado (82);
- O efeito fotoelétrico é o maior responsável pela absorção da radiação e é proporcional a Z^3

Dessa forma, explique para um paciente, com base nas afirmações acima, por que usamos placa de chumbo para se proteger dos Raios-X?

PRÓXIMA AULA

Funcionamento da radiografia convencional e da mamografia.

ALGUMAS REFERÊNCIAS

BUSHONG, Stewart C. Bushong. **Manual de Radiologia para Técnicos**. 8º ed. Houston: Elsevier Mosby, 2002.

DIMENSTEIN, Renato; NETTO, Thomaz Ghilardi. **Bases físicas e tecnológicas aplicadas aos Raios-X**. 2º ed. São Paulo: Editora Senac, 2005.

DURÁN, José Enrique Rodas. **Biofísica: Fundamentos e Aplicações**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2003.

KOCH, Hilton Augusto; RIBEIRO, Eliana Cláudia O.; TONOMURA, Elise Tchic. **Radiologia na Formação do Técnico Geral**. Rio de Janeiro: Revinter, 1997.

OKUNO, Emico; CALDAS, Iberê L. **Física para Ciências Biológicas e Biomédicas**. São Paulo: HARBRA, 1982.