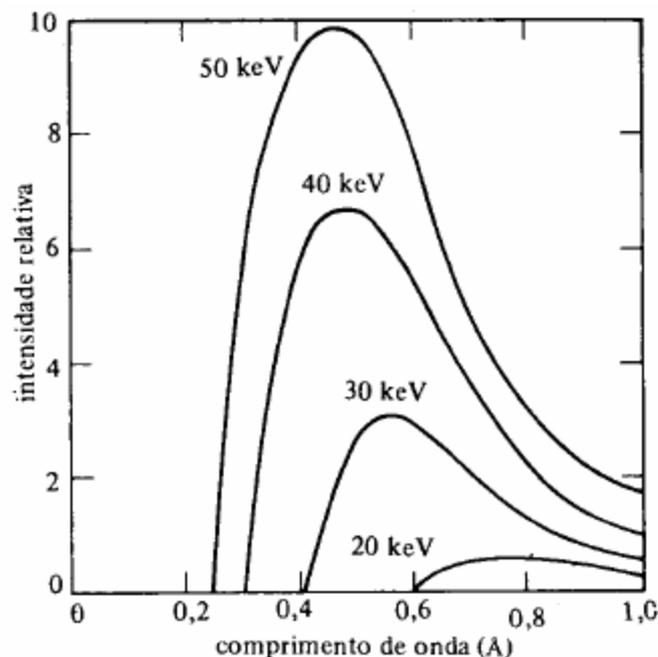


Como são produzidos os raios-X?

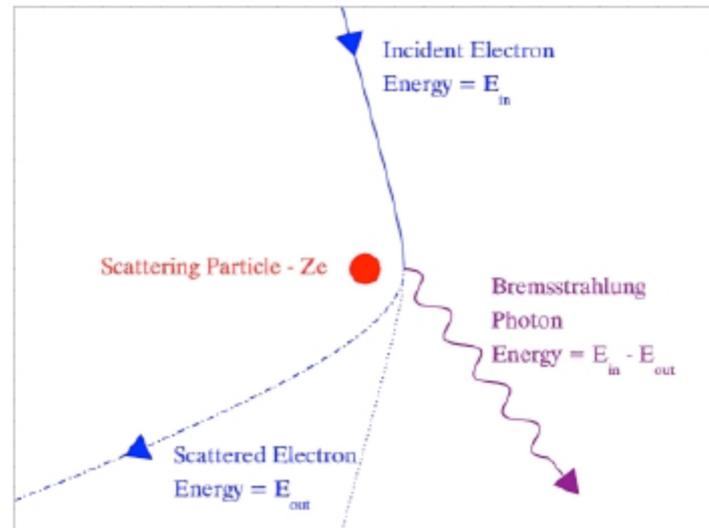
- Segundo a física clássica uma carga em aceleração emite um espectro contínuo de radiação eletromagnética
- Porém, ela não pode explicar a razão de existir um valor mínimo de comprimento de onda nesse espectro



Produção de raios-X

- Se postularmos que a diferença de energia do elétron é usada para criar um fóton de radiação, temos:

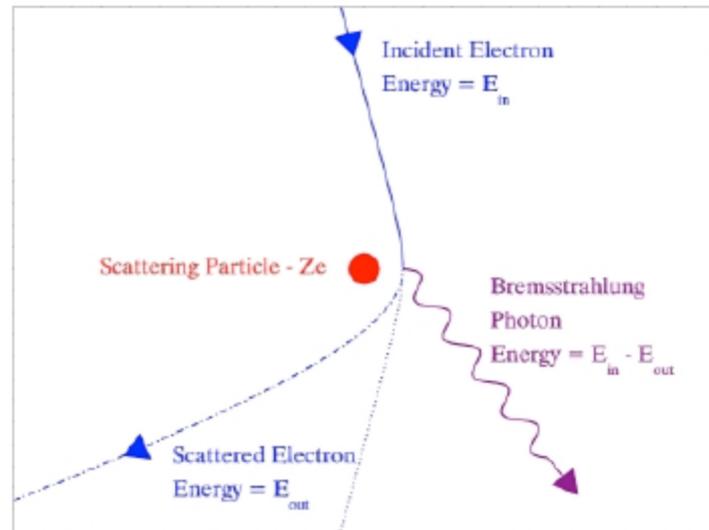
$$E_i - E_f = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$$



Produção de raios-X

- No caso do nosso aparato experimental: $E_i = eV$
- Portanto, se o elétron perder toda sua energia, ou seja, $E_f = 0$, tem-se:

$$E_i - 0 = eV = \frac{hc}{\lambda_{min}} \Rightarrow \lambda_{min} = \frac{hc}{eV}$$

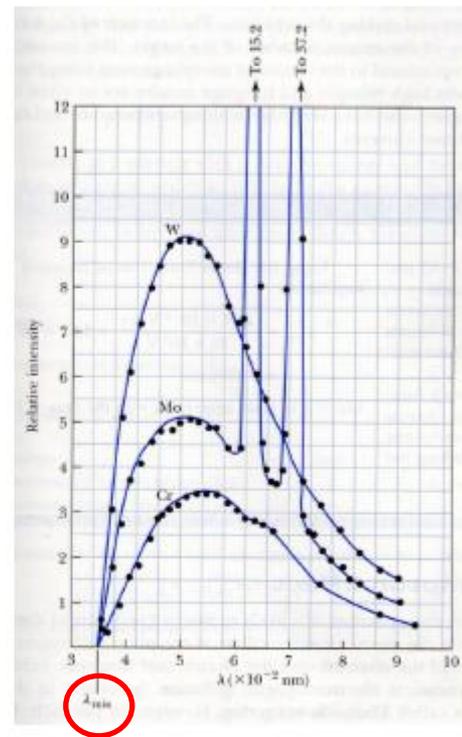


Bremsstrahlung e o efeito fotoelétrico

- Produção de raios-X: elétrons acelerados produzem fótons. Esse efeito é chamado de *Bremsstrahlung*
- Efeito Fotoelétrico: fótons “arrancam” elétrons do material

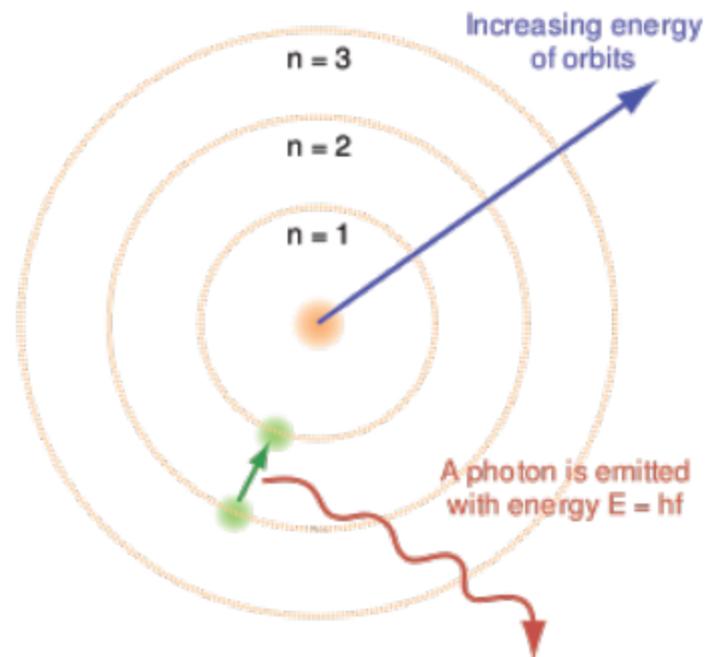
Como são produzidos os raios-X?

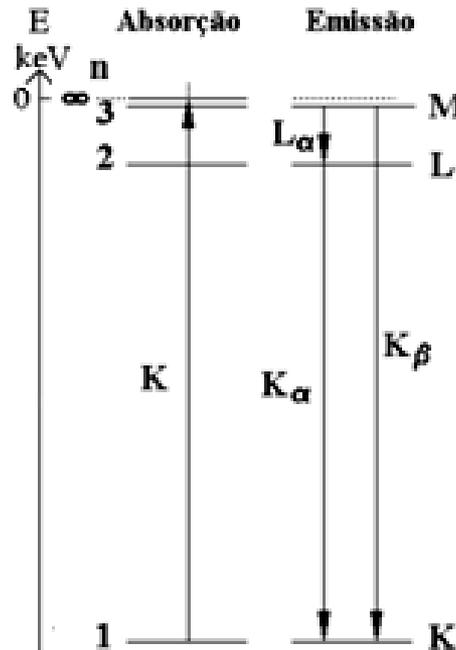
- E o que são os picos que as vezes aparecem na emissão de raios-X?



Como são produzidos os raios-X?

- E o que são os picos que as vezes aparecem na emissão de raios-X?
- Eles correspondem a transições entre níveis de energia dos átomos que compõem o anteparo onde incide os elétrons





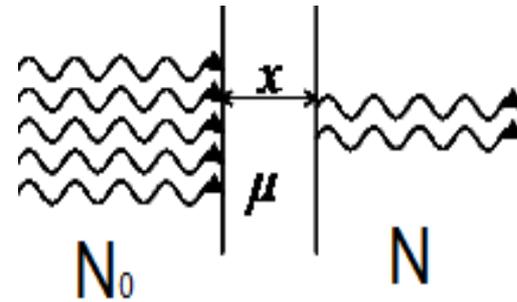
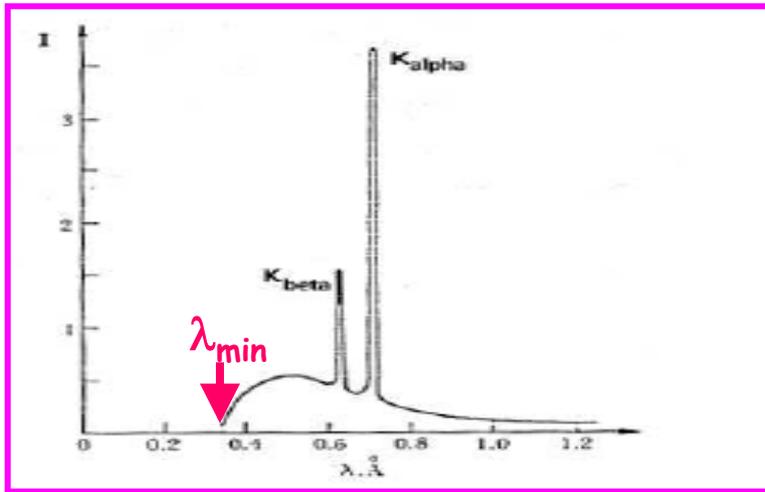
Linhas características!!!

Absorção e emissão de energia em transições que resultam no espectro característico. É utilizada a notação espectroscópica: $n = 1$ é camada K; $n = 2$, camada L ... A estrutura fina dos níveis de energia não é mostrada

Absorção Ionização	Energia (keV)
Molibdênio	
Borda K	20,000
Borda L	2,867
Zircônio	
Borda K	17,996
Borda L	2,530

	Molibdênio	
	Emissão Transição	Energia (keV)
$\langle K_a \rangle = 17,44$ keV	K-L2	17,37
	K-L3	17,48
$\langle K_b \rangle = 19,60$ keV	K-M2	19,59
	K-M3	19,61
	K-M4	19,77
	K-M5	19,78

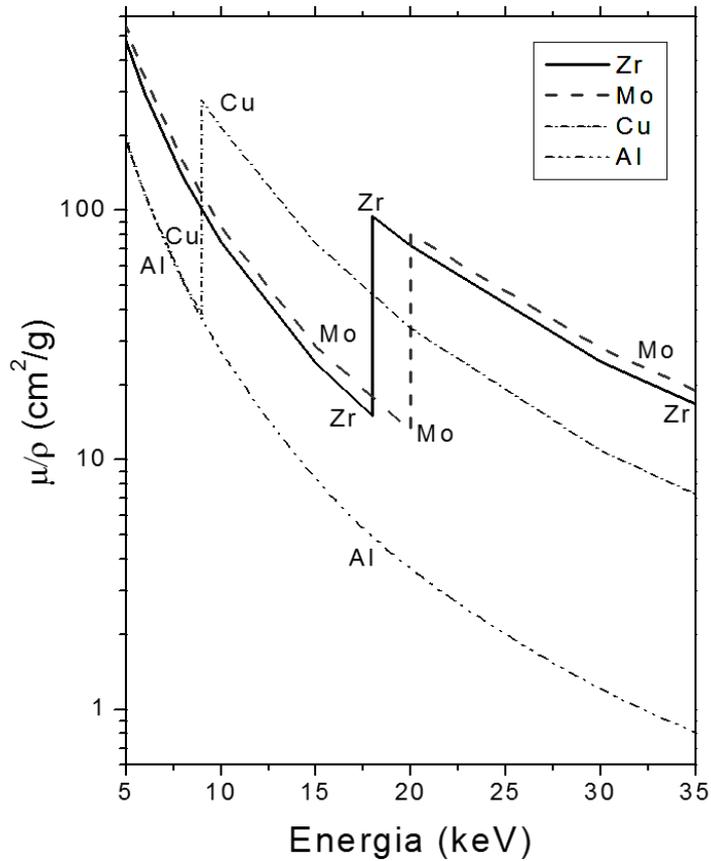
E como um feixe de RX interage com a matéria ???



$$N = N_0 e^{-\mu x} \quad \text{ou} \quad T = e^{-\mu x}$$

μ é o coeficiente de atenuação linear (em cm^{-1})

T é a transmitância



Coeficientes de atenuação de diversos elementos (NIST) [3].

Borda ou Degrau de Absorção

Absorção Ionização	Energia (keV)
Molibdênio	
Borda K	20,000
Borda L	2,867
Zircônio	
Borda K	17,996
Borda L	2,530

Absorção Ionização	Energia (keV)
Molibdênio	
Borda K	20,000
Borda L	2,867
Zircônio	
Borda K	17,996
Borda L	2,530

	Molibdênio	
	Emissão Transição	Energia (keV)
$\langle K_a \rangle = 17,44$ keV	K-L2	17,37
	K-L3	17,48
$\langle K_b \rangle = 19,60$ keV	K-M2	19,59
	K-M3	19,61
	K-M4	19,77
	K-M5	19,78

10) Interação da Radiação com a Matéria: (2ª. aula)

10.1) para $U = 35 \text{ kV}$, com $I = 1,0 \text{ mA}$; $\beta_{\min} = 2,5^\circ$ e $\beta_{\max} = 12,0^\circ$ com $\Delta\beta = 0,1^\circ$; $\Delta t = 1 \text{ s}$. Obtenha novamente o espectro de emissão do tubo de Mo.

10.2) Coloque um absorvedor de Zr na saída do feixe e repita o experimento. Aumente Δt se achar necessário.

10.3) Faça um gráfico de atenuação x energia do feixe de RX. (Atenuação: divida o espectro medido sem filtro pelo espectro medido com filtro). Analise e comente seus resultados, buscando obter a energia das borda de absorção do Zr. Compare com o valor esperado.

10.4) Utilize outros filtros absorvedores e repita os itens 10.1 a 10.3.

Procedimento

- Fonte de alta tensão (~ 20-30 kV) que gera elétrons
- Anodo de Molibdênio, onde os elétrons são freados e geram raios-X
- Difração de raios-X nos cristais de NaCl e KBr
- Contador Geiger-Muller que mede a intensidade da radiação em função do ângulo de espalhamento



Objetivos

- Determinar o espectro de emissão de RX do tubo de Mo (intensidade x Energia)
- Observar a interação de RX com a matéria – fenômeno de absorção de RX
- Determinar a constante de Planck a partir do fenômeno de radiação de freamento-
Bremsstrahlung