

Laboratório de Física Moderna

Difração de Raio-X

Aula 01

Marcelo G Munhoz
Edificio HEPIC, sala 212, ramal 916940
munhoz@if.usp.br

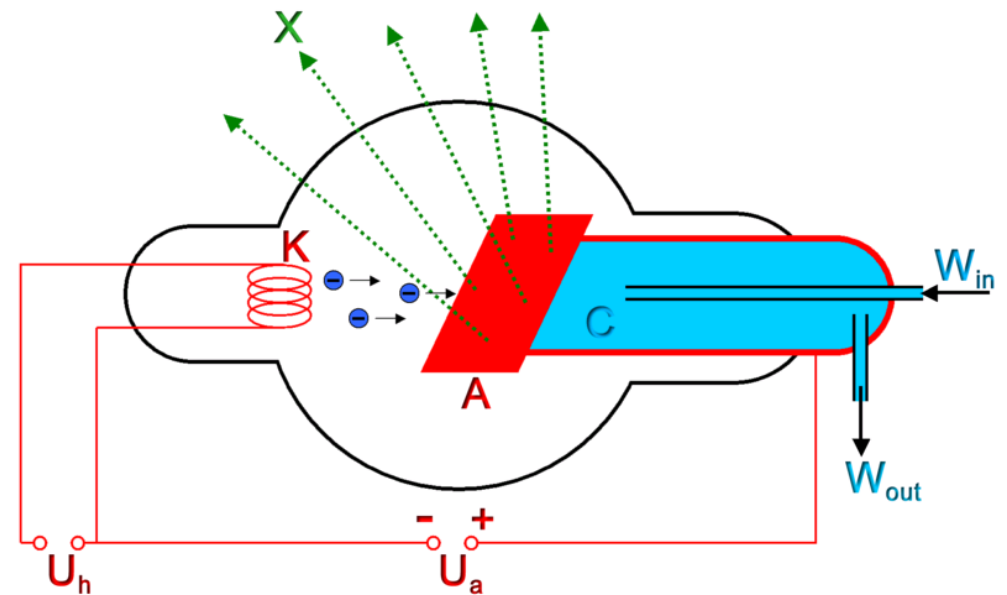
Contextualização

- Para iniciar nosso experimento, vamos compreender o contexto que o cerca
- Qual o tipo de fenômeno queremos estudar e por que ele é interessante?

Röntgen descobre os raios-X (1895)



- Röntgen trabalhava com tubos de raios catódicos
- Durante seus estudos ele observou algo bastante estranho...



Röntgen descobre os raios-X (1895)

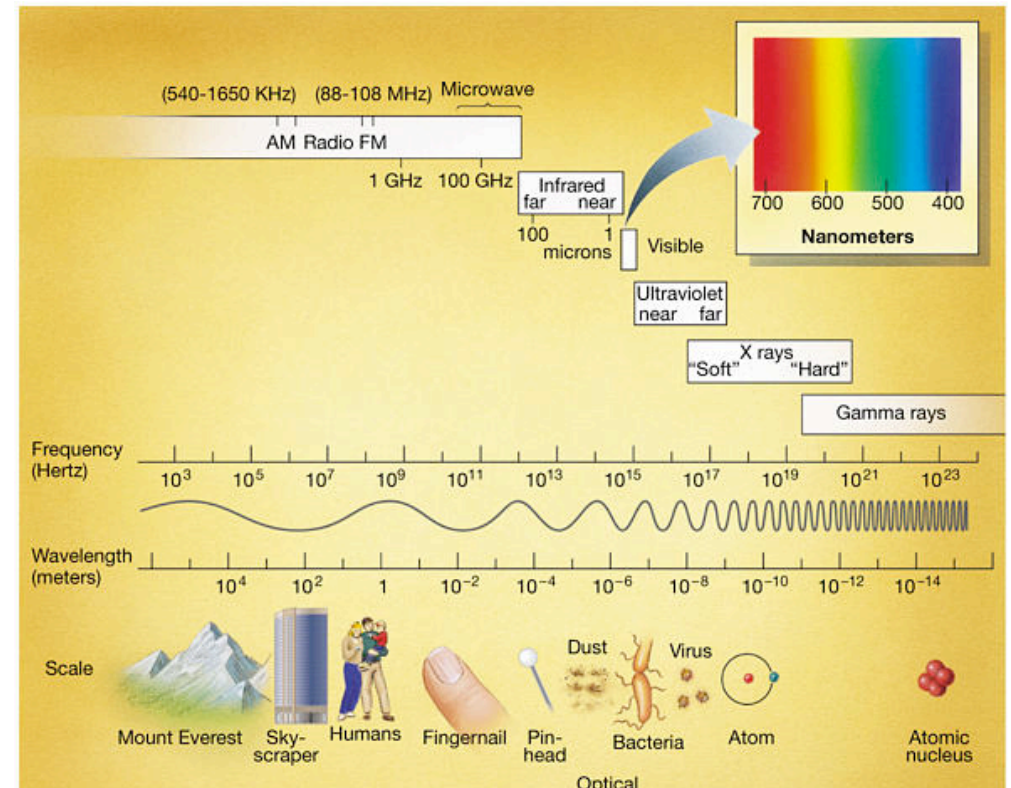


- Röntgen trabalhava com tubos de raios catódicos
- Durante seus estudos ele observou algo bastante estranho...



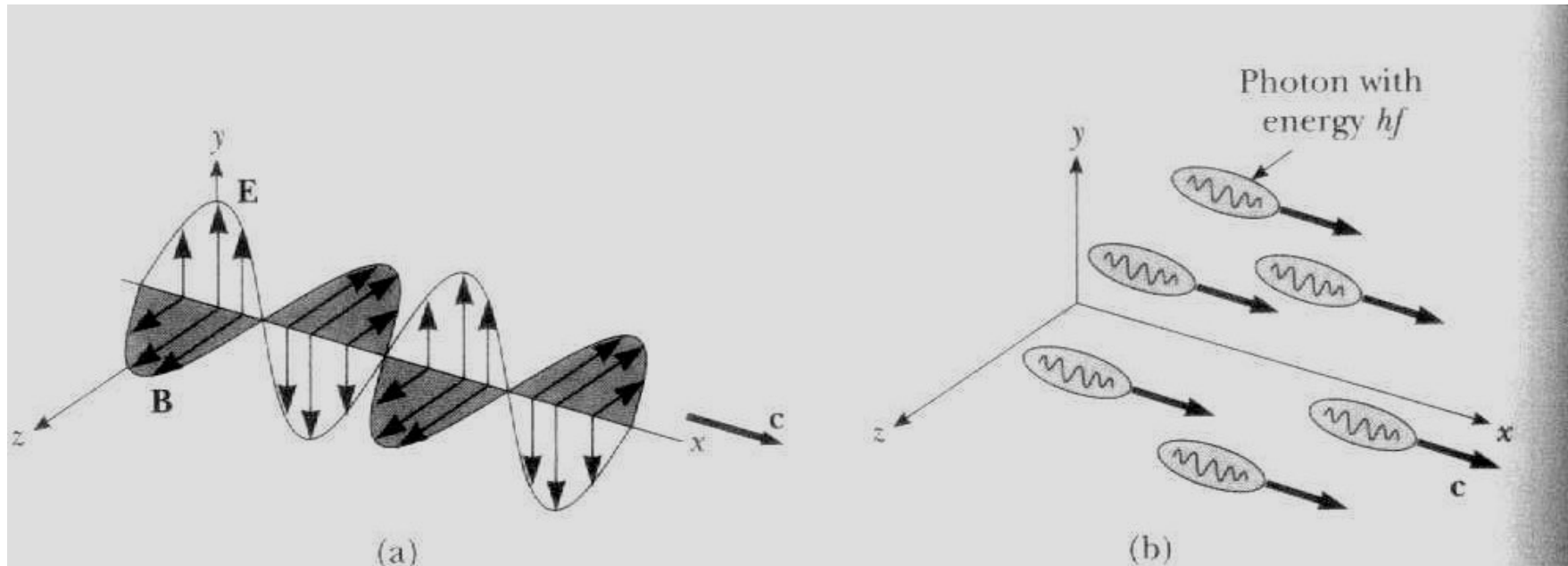
Afinal, o que são os raios-X?

- Após alguns anos de estudo, ficou claro que os raios-X eram ondas eletromagnéticas
- Ondas ?? Será ???!



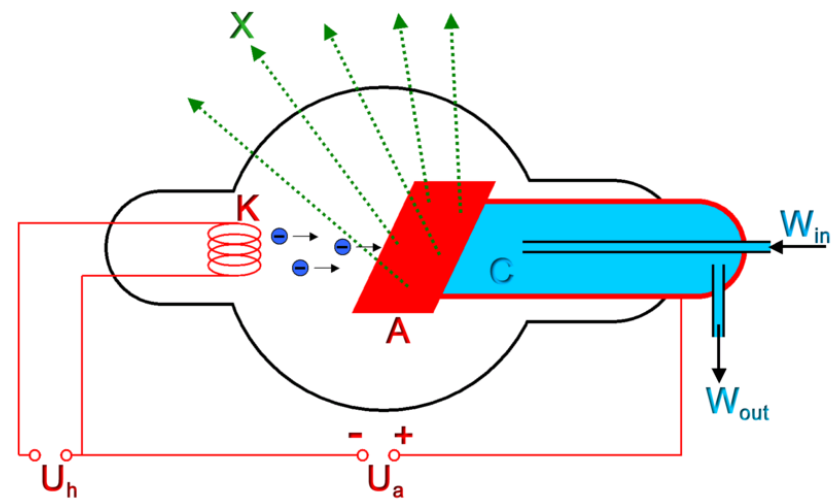
Dualidade onda-partícula da radiação eletromagnética

- A luz é uma onda eletromagnética e uma partícula (fóton) ao mesmo tempo!
- Ela se propaga como onda e interage como partícula...



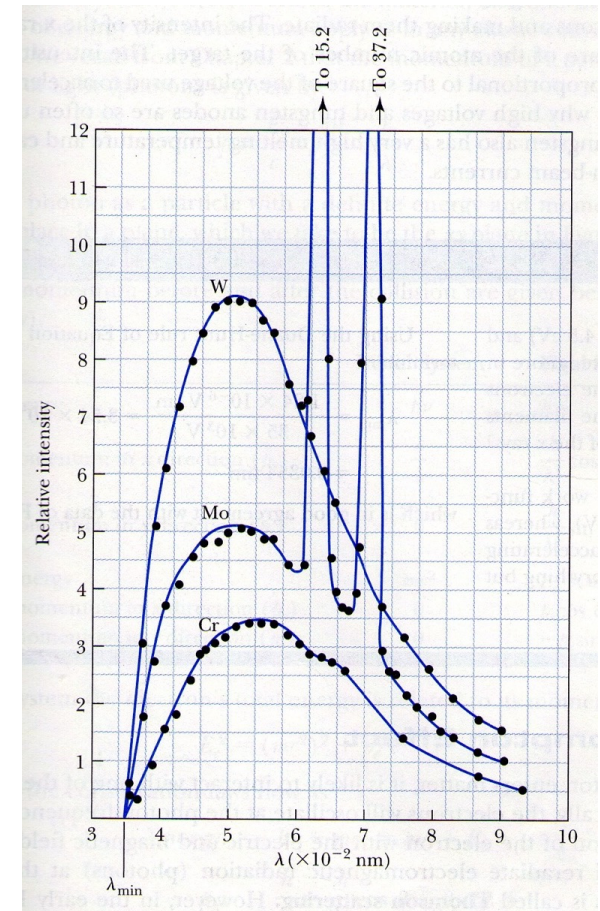
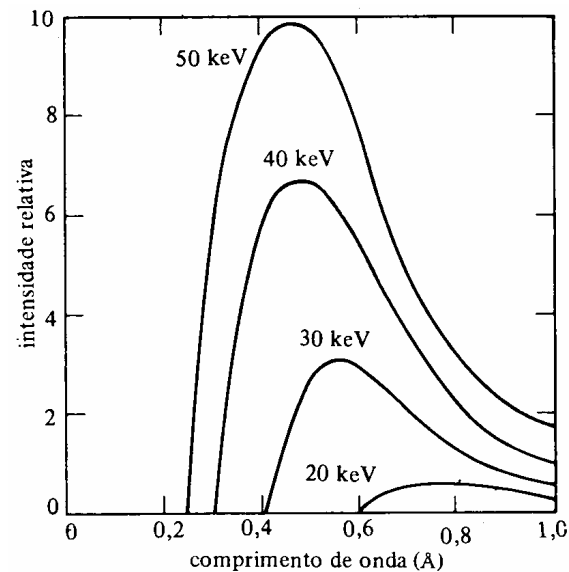
Como são produzidos os raios-X?

- Como um feixe de elétrons incidindo em um material produz raios-X?



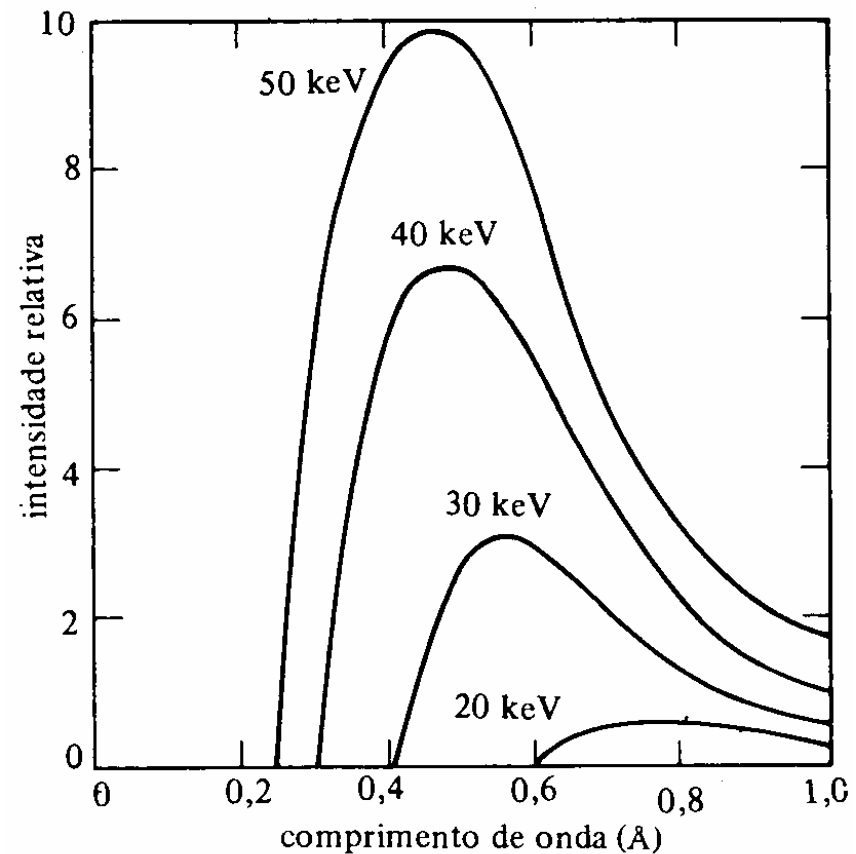
Como são produzidos os raios-X?

- Quais as características dos raios-X produzidos?



Como são produzidos os raios-X?

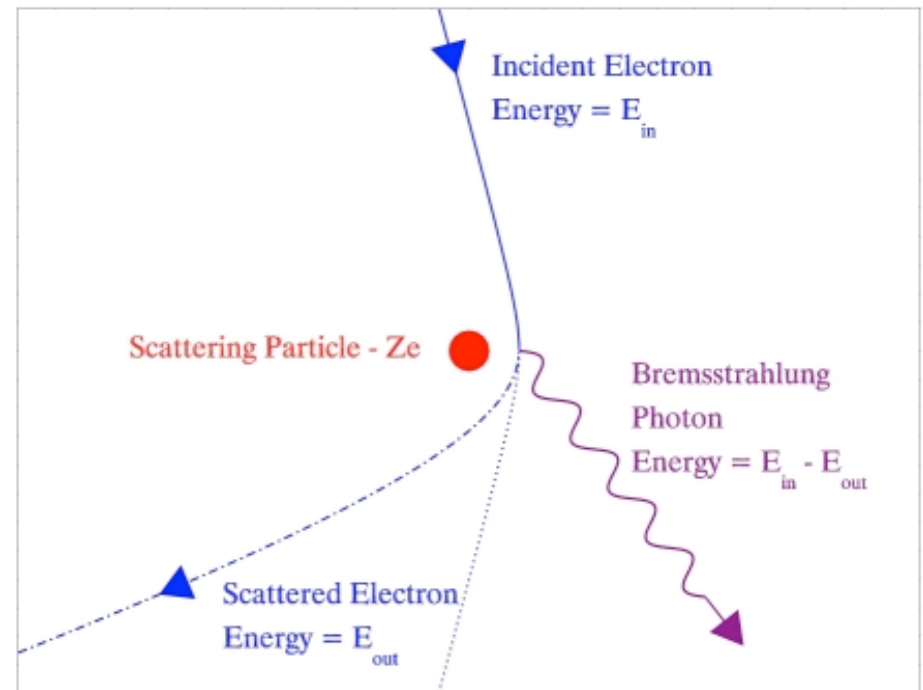
- Segundo a física clássica uma carga em aceleração emite um espectro contínuo de radiação eletromagnética
- Porém, ela não pode explicar a razão de existir um valor mínimo de comprimento de onda nesse espectro



Produção de raios-X

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

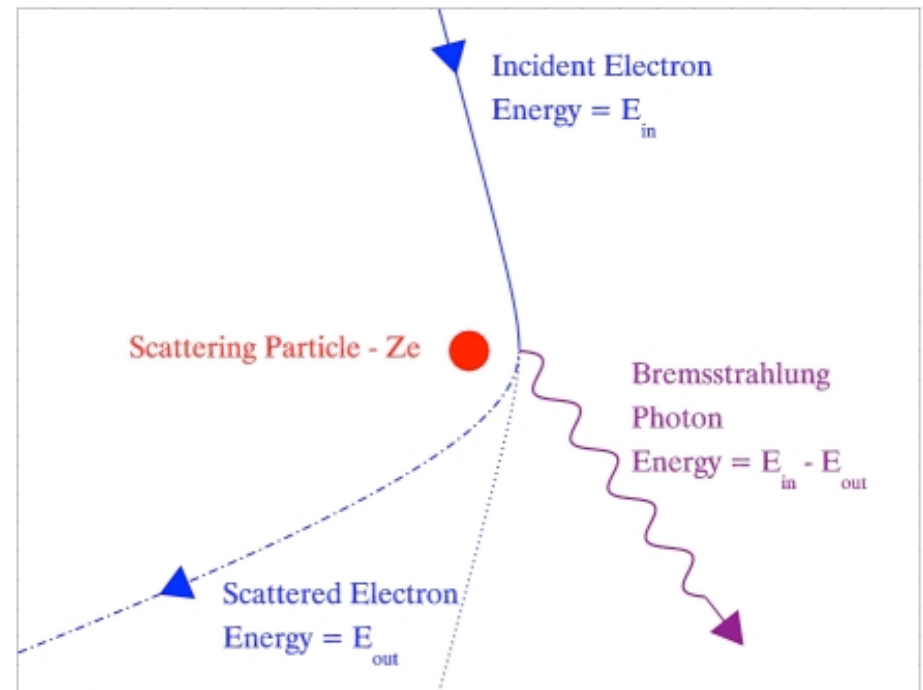
$$E_i - E_f = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$$



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:

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

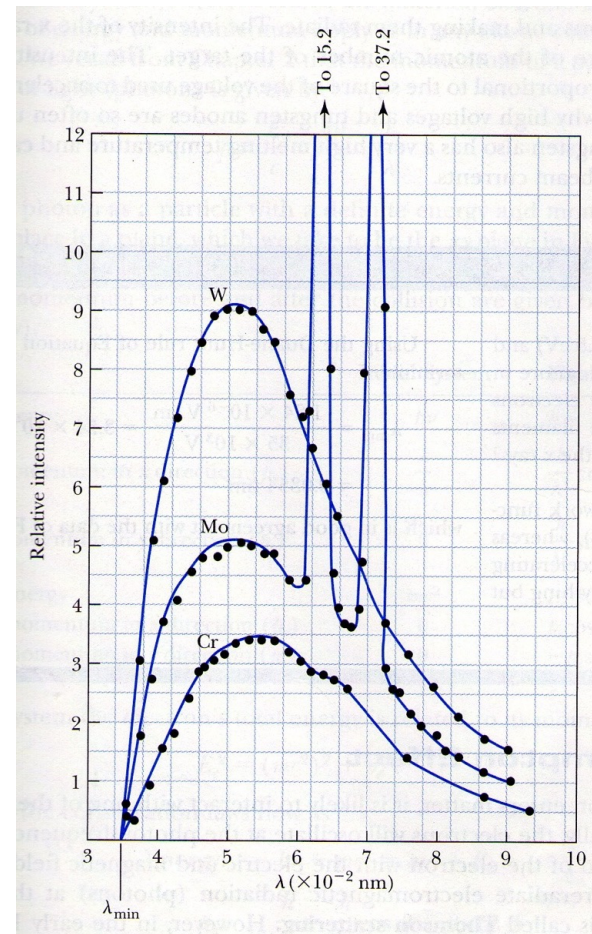


Bremsstrahlung e o efeito fotoelétrico

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

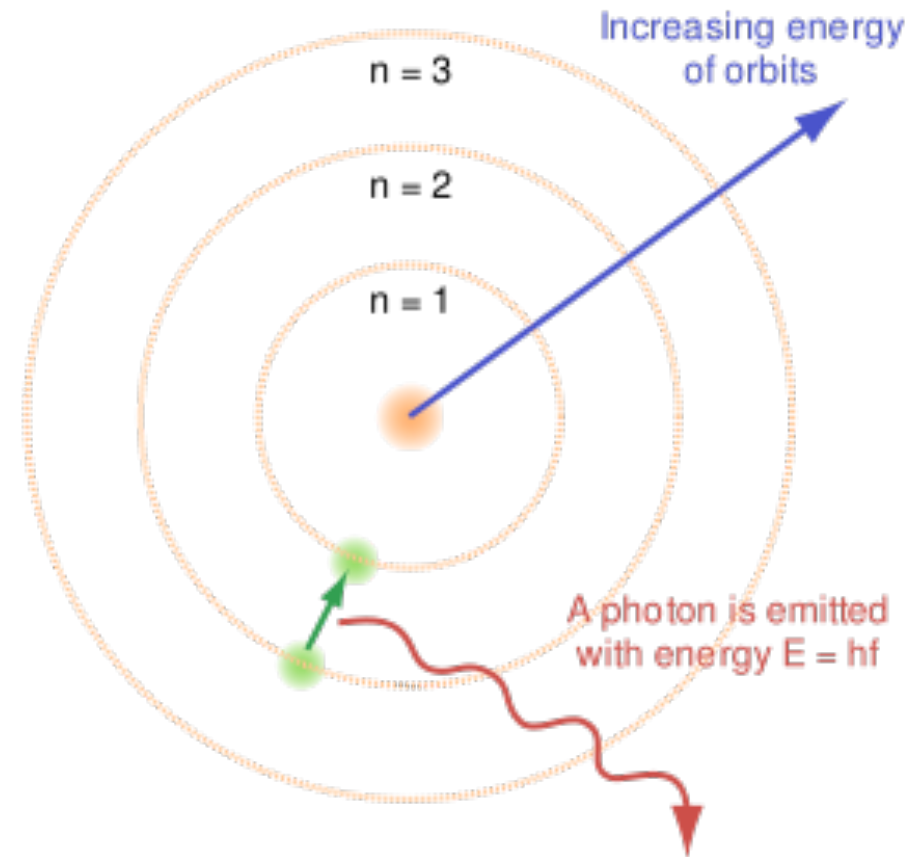
Como são produzidos os raios-X?

- 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



Objetivos

- Estudar tanto o comportamento ondulatório como corpuscular de raios-X
- Medir a distância interplanar de cristais a partir da difração de raio-X (natureza ondulatória)
- Estudar o efeito *Bremsstrahlung*, indicando a natureza corpuscular dos raios-X

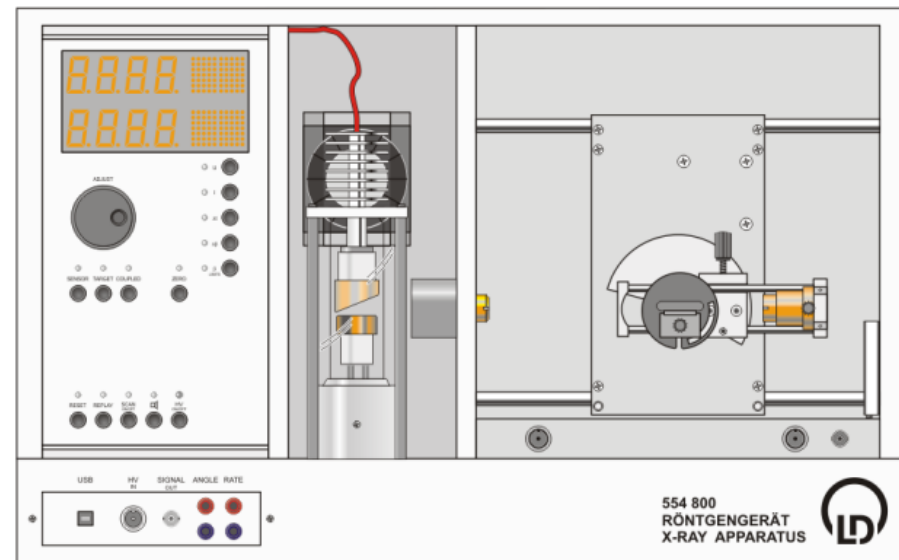
Aparato Experimental

- Fonte de alta tensão (de 18 a 35 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



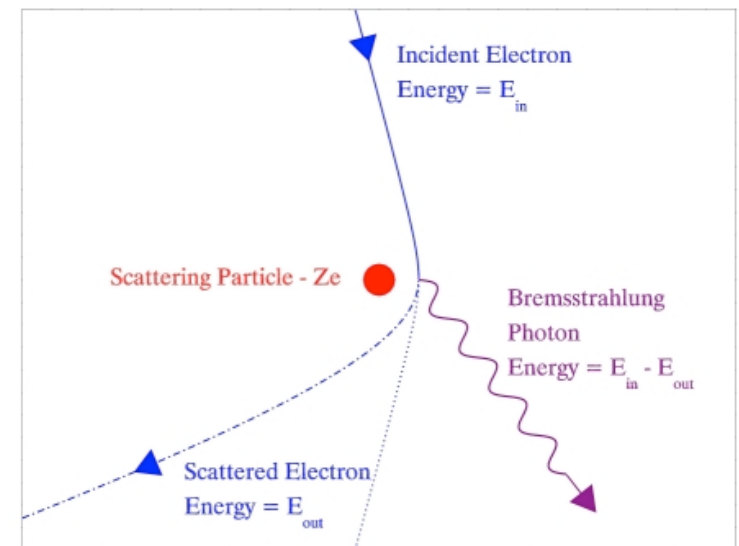
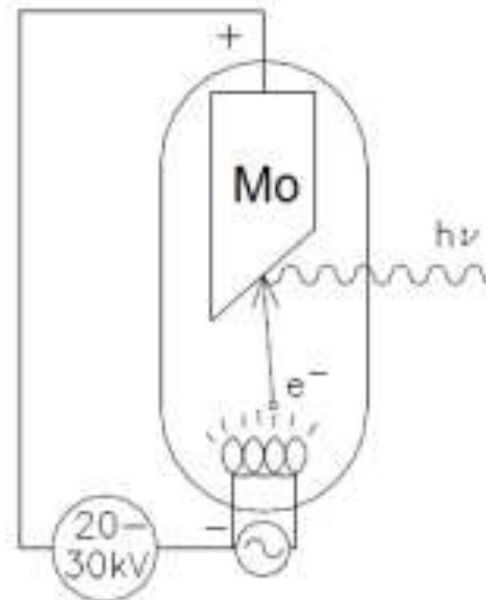
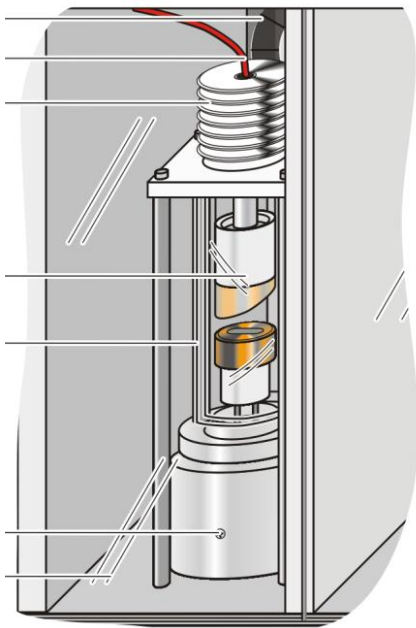
Aparato Experimental

- Fonte de alta tensão (de 18 a 35 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



Anodo de Molibdênio

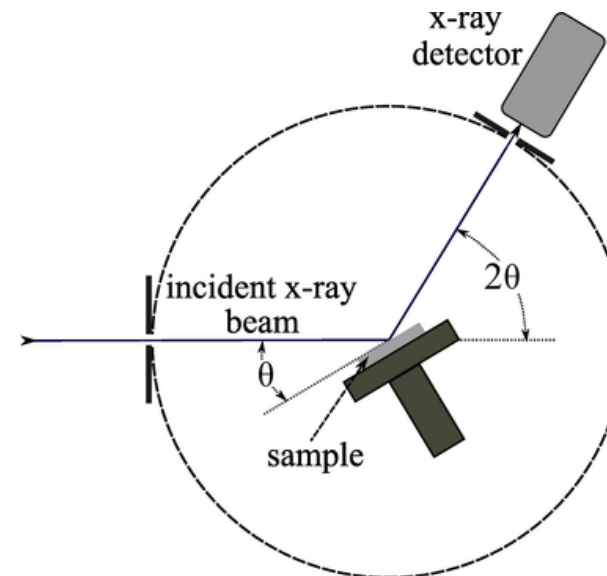
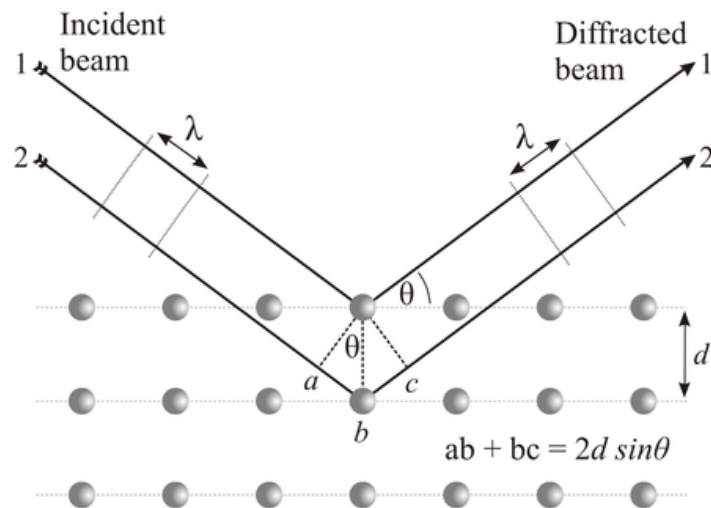
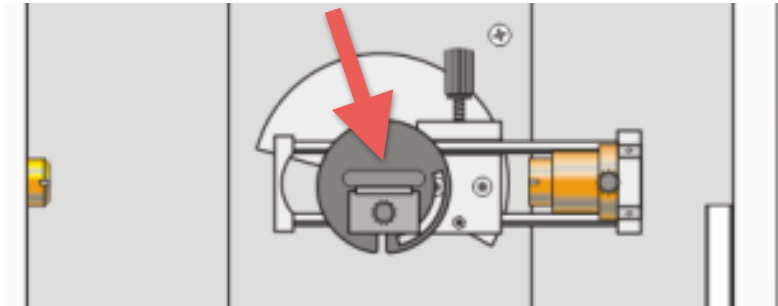
Efeito Bremsstrahlung para gerar os raios-X



Cristais de NaCl e KBr

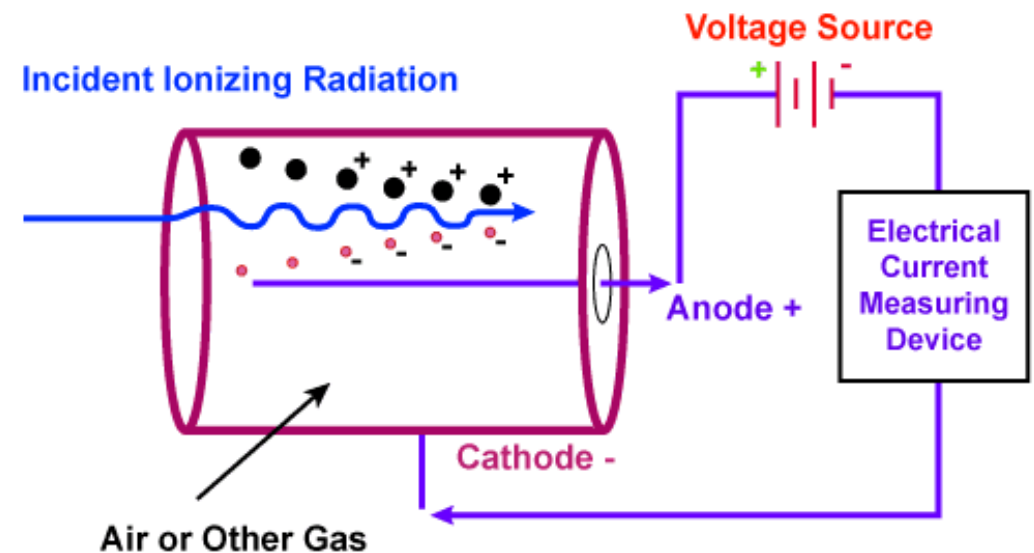
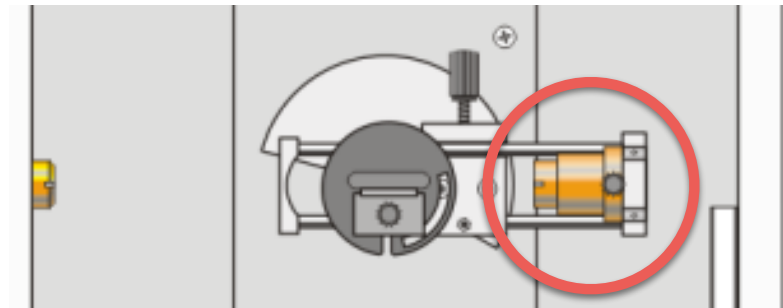
Difração de Bragg para medir o comprimento de onda dos raios-X

$$n\lambda = 2d \sin \theta$$



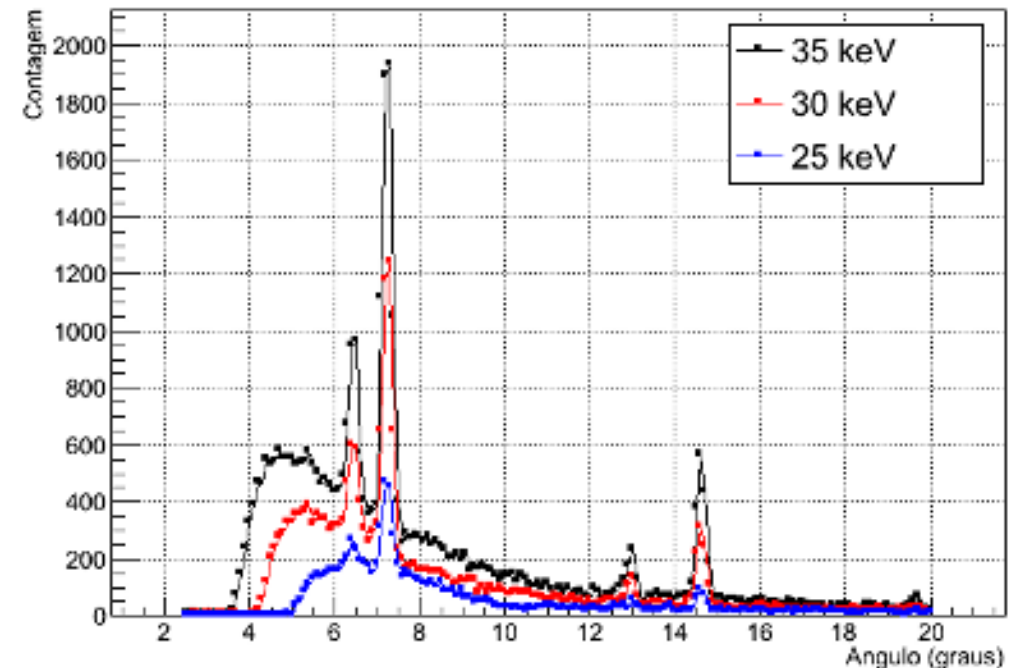
Contador Geiger-Muller

- Cilindro metálico preenchido com um gás
- Um fio é colocado em seu eixo central
- Aplica-se uma diferença de potencial entre o fio e o cilindro
- Ao passar uma radiação ionizante, gera-se um pulso de carga que é medido e contado



Resultado da Medida

- Número de fótons (eixo-y) em função do ângulo (eixo-x)
- Como transformar o eixo-x de ângulo (onde estava localizado o contador Geiger) para comprimento de onda?
- Qual é a incerteza na medida da intensidade de radiação?
- O que são os 4 picos que aparecem?



Atividades para o Próximo Encontro

- Como obter as distâncias interplanares desses cristais usando os raios-X emitidos?
- Usar a lei de Bragg, ou seja, medir o ângulo de espalhamento de valores conhecidos de comprimento de onda
- Quais valores de comprimento de onda são bem conhecidos neste experimento?

Molibdênio

$$K_{\alpha} = 17.426 \text{ keV} \text{ e } K_{\beta} = 19.607 \text{ keV}$$

