

Laboratório de Física Moderna

Difração de Raio-X e Elétrons

Aula 02

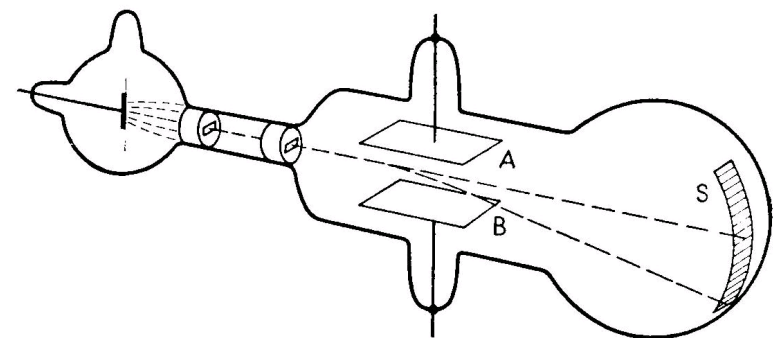
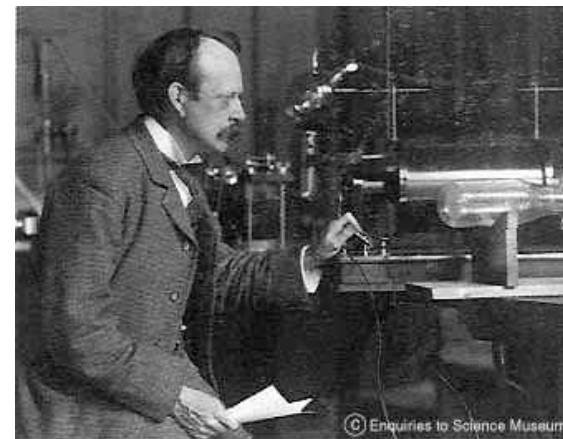
Marcelo G Munhoz
Pellettron, sala 245, ramal 6940
munhoz@if.usp.br

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?

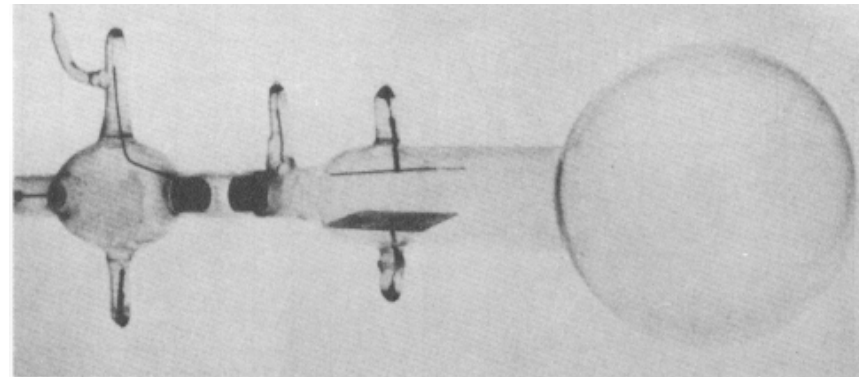
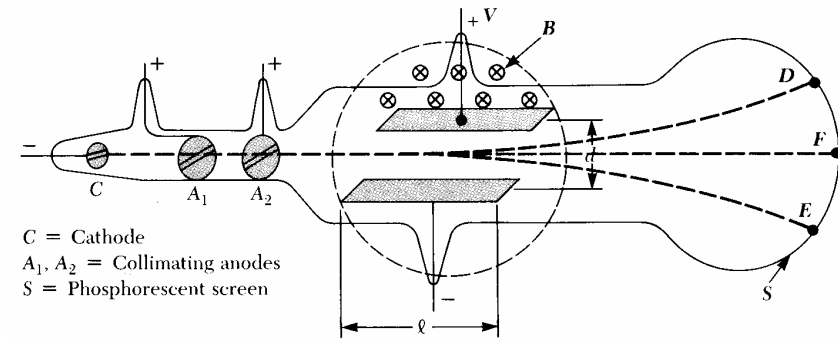
J. J. Thomson descobre o elétron (1897)

- Thomson estudava descargas elétricas em gases utilizando tubos de raios catódicos
- Através de um experimento e princípios simples de eletromagnetismo, ele mediu a razão e/m do elétron



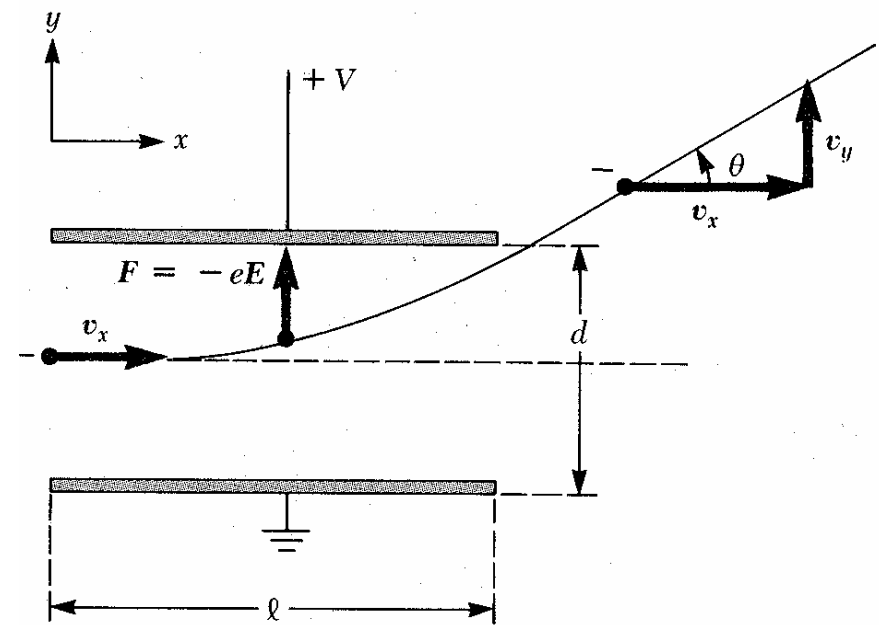
J.J. Thomson descobre o elétron (1897)

- Thomson submetia os “raios catódicos” a ação de um campo elétrico e media sua deflexão
- Para obter o valor de e/m ele também precisava aplicar um campo magnético perpendicular ao campo elétrico



J. J. Thomson descobre o elétron (1897)

- A partir da medida da deflexão dos “raios catódicos” (θ), do valor da tensão aplicada, da distância entre as placas (d) e do comprimento das mesmas (l) e do valor do campo magnético aplicado, ele obteve a razão e/m



Limitações do Modelo de Bohr

- Apesar de bem sucedido em vários aspectos, o modelo de Bohr mostra diversas deficiências
- Um exemplo é sua interpretação física. Como podemos compreender, por exemplo, a quantização do momento angular, ou seja, os estados estacionários?

Hipótese de de Broglie

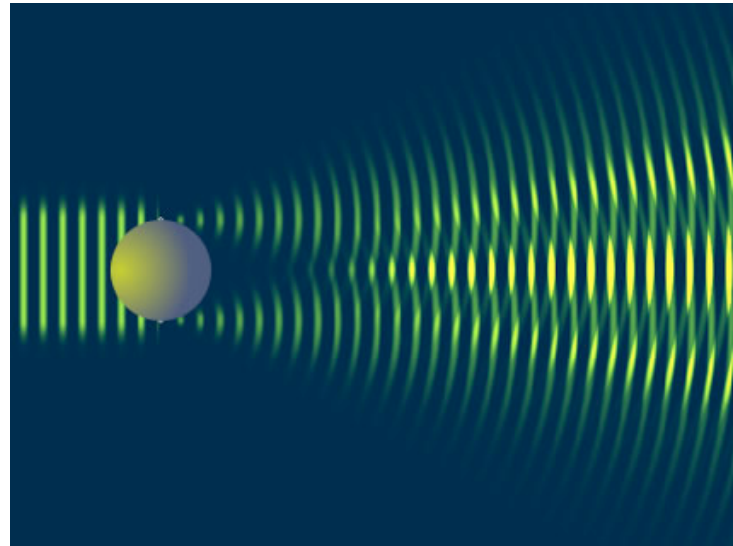


- Em sua tese de doutorado de 1924, Maurice de Broglie propõe que, assim como a radiação eletromagnética tem um caráter dual onda-partícula, a matéria também deve apresentar um caráter ondulatório
- Ele propõe que as partículas de matéria também podem ter associadas a elas propriedades ondulatórias (frequência e comprimento de onda), onde:

$$p = h/\lambda \Rightarrow \lambda = h/p$$

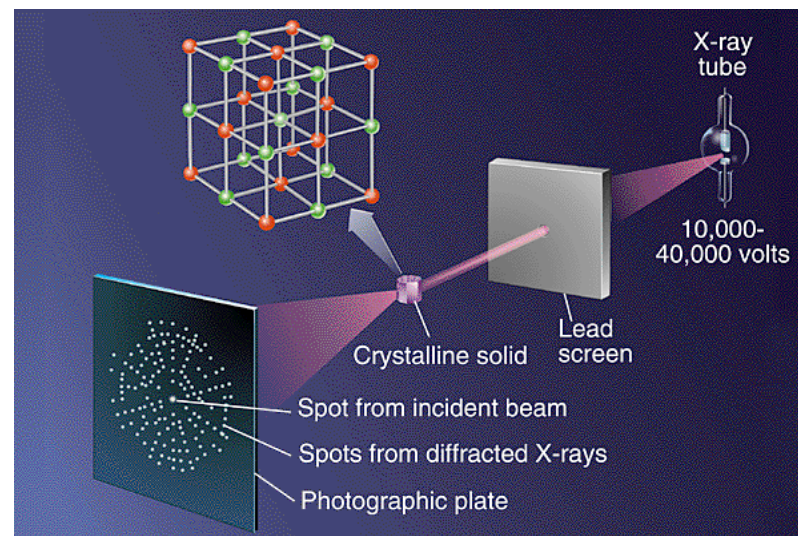
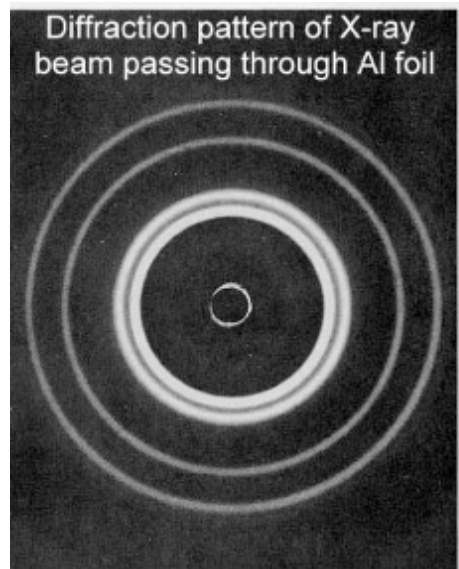
Difração de elétrons

- Como verificar se a hipótese de de Broglie está correta?
- Podemos tentar observar a difração de elétrons, da mesma forma como observamos a difração da luz ou de raios-X



Difração de elétrons

- Para ocorrer o fenômeno da difração é preciso que a dimensão do “obstáculo óptico” (abertura da fenda, espaçamento em uma rede de difração, etc.) seja da ordem de grandeza do comprimento de onda que se deseja estudar



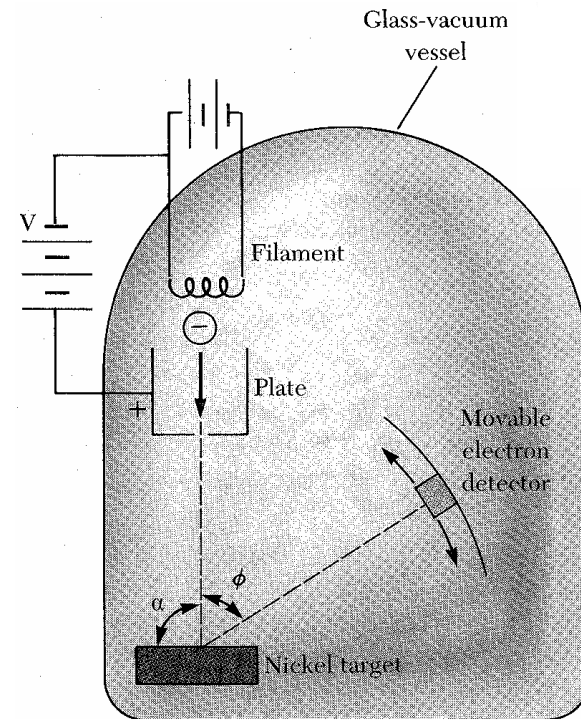
Difração de elétrons

- Para o caso de elétrons com 100 eV de energia espera-se, segundo a relação de de Broglie, que:

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{\sqrt{2mK}} = \frac{6.6 \times 10^{-34} J \cdot s}{\sqrt{2 \cdot 9.1 \times 10^{-31} kg \cdot 100 eV \cdot 1.6 \times 10^{-19} J/eV}} = 1.2 \times 10^{-10} m$$

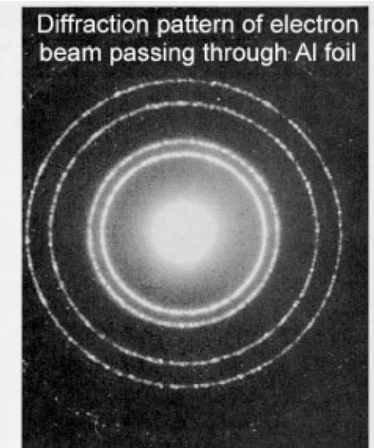
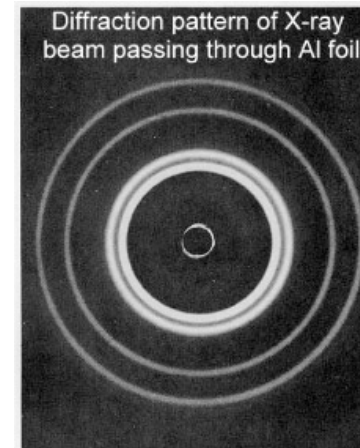
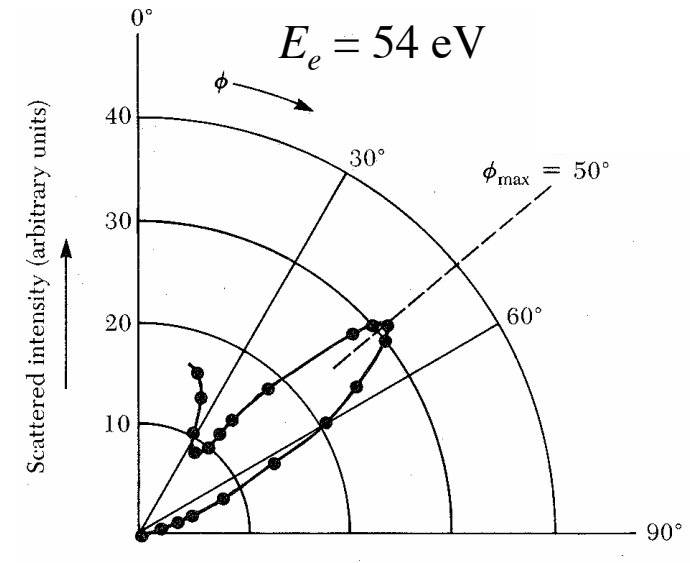
Difração de elétrons

- Clinton J. Davisson e Lester H. Germer realizaram um experimento que demonstrou a difração de elétrons em 1927
- Eles estudaram a quantidade de elétrons que eram espalhados em uma superfície de Ni em função do ângulo de espalhamento



Difração de elétrons

- Eles observaram que, para elétrons com energia de 54 eV, a quantidade de elétrons espalhados apresentava picos em função do ângulo, como no caso de uma figura de difração
- O primeiro pico se encontrava em 50°



Difração de elétrons

- Portanto, o comprimento da onda difratada nesse caso é dado por

$$\lambda = d \cdot \text{sen}(\theta) = 2.15 \times 10^{-10} \text{m} \cdot \text{sen}(50^\circ) = 1.65 \times 10^{-10} \text{m}$$

- Por outro lado, o comprimento de onda esperado para esses elétrons é:

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{\sqrt{2mK}} = \frac{6.6 \times 10^{-34} \text{J} \cdot \text{s}}{\sqrt{2 \cdot 9.1 \times 10^{-31} \text{kg} \cdot 54 \text{eV} \cdot 1.6 \times 10^{-19} \text{J/eV}}} = 1.67 \times 10^{-10} \text{m}$$

Objetivos

- Estudar a difração de elétrons e medir seu comprimento de onda, comparando o resultado com a previsão de de Broglie.

Procedimento

- Ajustar a posição do feixe de elétrons de forma a obter o padrão de interferência
- Medir a distância entre os pontos de máxima intensidade



Análise

- Através da lei de Bragg e da informação sobre as distâncias planares dos cristais do equipamento, obter o comprimento de onda dos elétrons
- Sabendo a energia dos elétrons emitidos, comparar com a previsão de de Broglie