

Ondas de Elétrons e Teoria Quântica*

• Adaptado de P. Tipler para a Disciplina Física IV – Prof. Humberto

Louis de Broglie estudante de história, França 1924

• Considerações filosóficas sobre as simetrias da natureza:

⇒ **Se as ondas de luz podem ser partículas, é possível que partículas (como os elétrons) também sejam ondas ?**

Evidências experimentais para confirmar ou negar essa hipótese => não havia

Equações de de Broglie

frequência $\rightarrow f = \frac{E}{h}$ Energia (dBr.1)

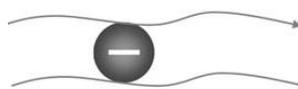
comprimento de onda $\rightarrow \lambda = \frac{h}{p}$ momento linear (dBr.2)

::: ondas de matéria :::

Louis de Broglie

Matter as Waves

$$\lambda = \frac{h}{mv}$$



Experimento de Davisson e Germer (1927)

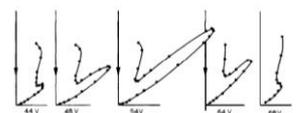
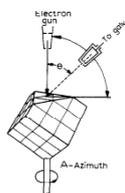
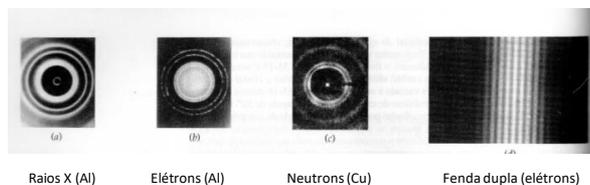


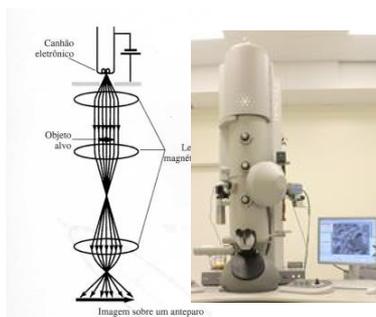
Fig. 2. Polar diagram showing intensity of elastic scattering in A-azimuth (Fig. 1) as function of latitude angle, for series of primary-beam voltages.

[Ref: Nobel Lecture, 1937]

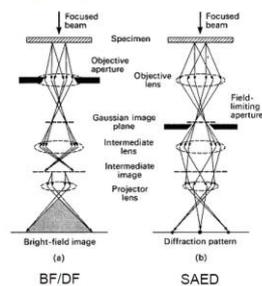
Difração de elétrons por cristais de Ni



Microscópio eletrônico de transmissão (TEM)

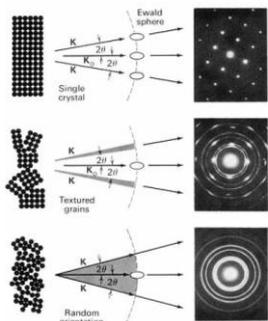


Microscopia Eletrônica de Transmissão - TEM



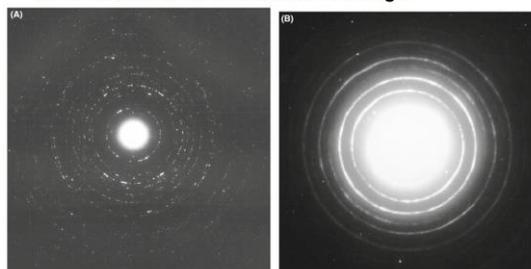
[Ref: Curso TEM, Prof. Juno]

> Types of EDP in TEM:



[Ref: Curso TEM, Prof. Juno]

> Effect of Grain Size on Diffraction Rings:



lots of coarse grains

lots of fine grains

"Finer grain size produces continuous and broader diffracted rings"

10

[Ref: Curso TEM, Prof. Juno]

Implicações da teoria ondulatória dos elétrons para a Física Atômica

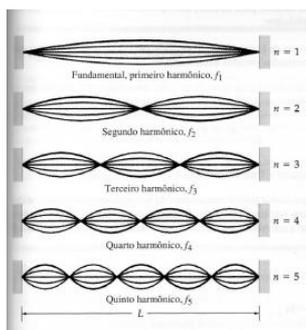
Ondas estacionárias em uma corda com extremidades fixas:

$$n \frac{\lambda}{2} = L$$

Condição de onda estacionária

$$\lambda = \frac{2L}{n} \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

Ondas estacionárias ⇔ frequências quantizadas



Quantização das frequências de oscilação

$$f = \frac{v}{\lambda} = n \frac{v}{2L}$$

frequência → f
 velocidade de propagação → v
 n inteiro ⇒ quantização das frequências
 $E = hf$ ⇒ quantização da energia

Passando da mecânica clássica para a física atômica

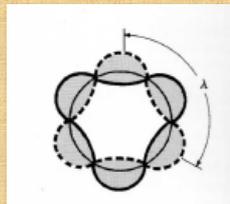
O ajustamento de um número inteiro de meios comprimentos de onda numa corda vibrante para que haja ondas estacionárias...

... é semelhante ao ajustamento de um número inteiro de ondas do elétron na circunferência de uma órbita de Bohr...

De Broglie

⇒ condição de quantização de Bohr é equivalente à condição de onda estacionária

onda estacionária sobre circunferência



ajustamento de um número inteiro de ondas do elétron em uma órbita de Bohr

- Discurso do Prêmio Nobel Davisson (1937)

“A teoria de de Broglie das ondas mecânicas e o desenvolvimento da mecânica ondulatória tem sido de importância radical para a teoria atômica moderna”

[http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1937/davisson-lecture.pdf]

Mecânica Ondulatória

- A ideia de explicar os estados de energia discretos da matéria mediante ondas estacionárias levou ao desenvolvimento de uma teoria matemática detalhada, a **mecânica ondulatória**, também chamada de **mecânica quântica**.
- Próxima conquista: Erwin Schödinger formulou a equação de onda da mecânica quântica.



Referências

* Adaptado de Tipler, P. A. (1995). Física. Óptica e Física Moderna. Rio de Janeiro RJ, Guanabara Koogan, Cap. 35, "As origens da teoria quântica", para a disciplina Física IV.

- CLINTON J. DAVISSON. "The discovery of electron waves" Nobel Lecture, December 13, 1937. [http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1937/davison-lecture.pdf]



Electron Diffraction in TEM (II):
Fundamentals and Practice*

By
Prof. Avram Golikoff, D. Eng.
golikoff@uic.edu

*Short course presented at USSEM/MSU/SLAC under supervision of
Professor W. J. Bolintineanu
Bolintineanu@slac.stanford.edu