

# Mecânica Quântica

## Origens: modelos atômicos

A C Tort<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Física Teórica  
Instituto Física – Universidade Federal do Rio de Janeiro

2 de Maio de 2011

## Modelos atômicos

- Parmênides e a ilusão da mudança: os fenômenos do movimento e da transformação são ilusões da nossa mente (=aparências). A realidade é estática e eterna!



Figura: Parmênides.

- Demócrito e os atomistas.



Figura: Parmênides.

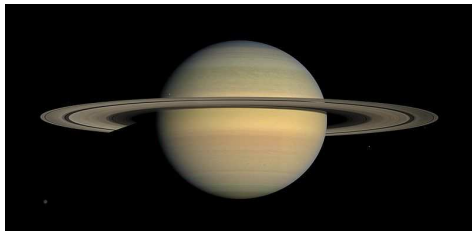
# O modelo atômico de Dalton [John Dalton (1766-1844) ]

1. A matéria é composta de pequenas partículas chamadas átomos.
2. Todos os átomos de um elemento são iguais, mas distintos daqueles que formam qualquer outro elemento.
3. Durante uma reação química, os átomos não são criados nem destruídos, mas simplesmente rearranjados.
4. Os átomos sempre combinam entre si em múltiplos inteiros uns dos outros: 1:1; 1:2,; 2:3 ou 1:3.



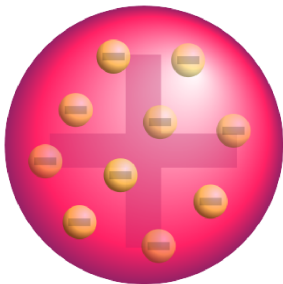
Figura: Modelo de Dalton

## Modelo de Nagaoka (1904)



**Figura:** Hantaro Nagaoka (1865-1950). Modelo saturniano de Nagaoka.

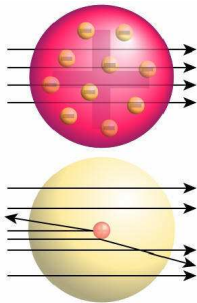
# Modelo do pudim de ameixas (1904) [J. J. Thomson (1856-1940)]



**Figura:** Modelo de Thomson. Invalidado experimentalmente em 1909.



## O experimento de Rutherford II



**Figura:** Resultado esperado para o modelo do pudim de ameixas e resultado experimental.



# O modelo de Rutherford

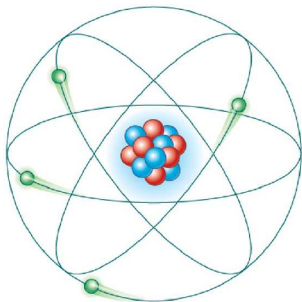
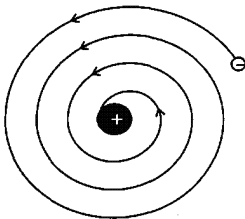


Figura: Modelo atômico de Rutherford.

## O teorema de Larmor e a estabilidade da matéria

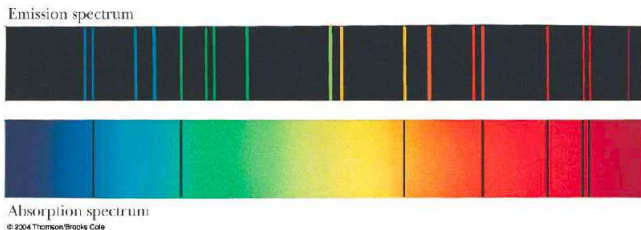
$$\frac{dE}{dt} = \frac{q^2 a^2}{4\pi\epsilon_0 c^3}.$$



**Figura:** O teorema de Larmor prevê a emissão **contínua** de radiação eletromagnética e consequente perda de energia do elétron. A frequência da radiação aumenta à medida que o elétron se aproxima do núcleo.

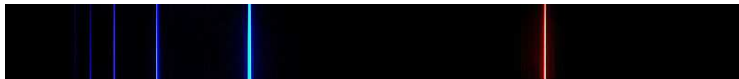
# Espectroscopia

A experiência mostra que os átomos emitem e absorvem radiação eletromagnética somente para certos valores da frequência!



**Figura:** Os modelos atômicos devem explicar as linhas de emissão e absorção. Um movimento eletrônico periódico daria origem a linhas igualmente espaçadas... que não é o observado!

# O espectro do átomo de hidrogênio



**Figura:** Serie de Balmer do átomo de hidrogênio.

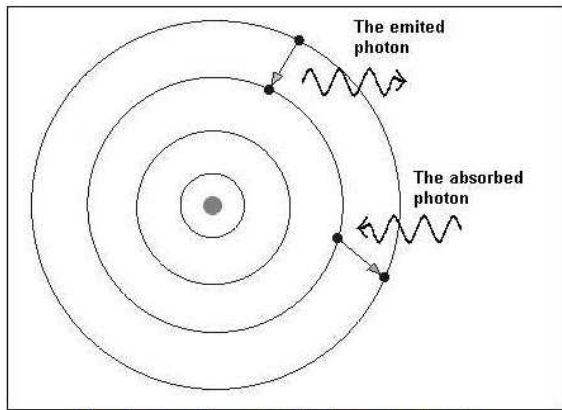
# O átomo de Bohr (1913)

1. Os elétrons descrevem certas órbitas clássicas que mantêm distâncias discretizadas em relação núcleo e têm energias discretizadas. O momento angular é discretizado de acordo com a relação:

$$\ell = nh,$$

onde  $n$  é um inteiro positivo e  $h = 6.6 \times 10^{-34}$  J·s é a constante de Planck.

2. Os elétrons podem emitir e absorver energia somente quando trocam de órbita (transições atômicas):

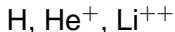


**The electron emits or absorbs the energy changing the orbits.**

Figura: Modelo de Bohr.

# Validade do modelo de Bohr

O modelo de Bohr só funciona para átomos hidrogenóides.



O modelo de Bohr é um misto de conceitos clássicos e quânticos que se revelaram inadequados para explicar a estrutura completa da matéria, isto é: a tabela periódica e as propriedades dos átomos.

# A Mecânica ondulatória de Schrödinger



Figura: Erwin Schrödinger (1888-1950).



## A equação de Schrödinger

$$i\hbar \frac{\partial \Psi}{\partial t} = -\frac{\hbar^2}{2m} \left[ \frac{\partial^2 \Psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial z^2} \right] + V(x, y, z);$$

para o átomo de hidrogênio:

$$V(x, y, z) = -\frac{Ze^2}{4\pi\epsilon_0\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}}.$$

# O átomo de Schrödinger

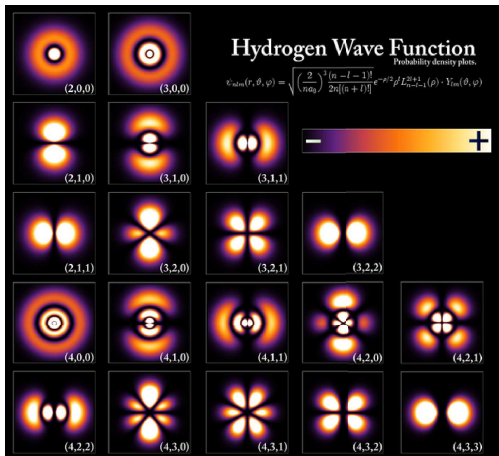


Figura: O átomo de H de Schrödinger.

# The End

Próxima aula: interferência e difração com elétrons e fótons!