



FÍSICA QUÂNTICA

Uma breve introdução – 12.º ano

Abril de 2008

Marília Peres

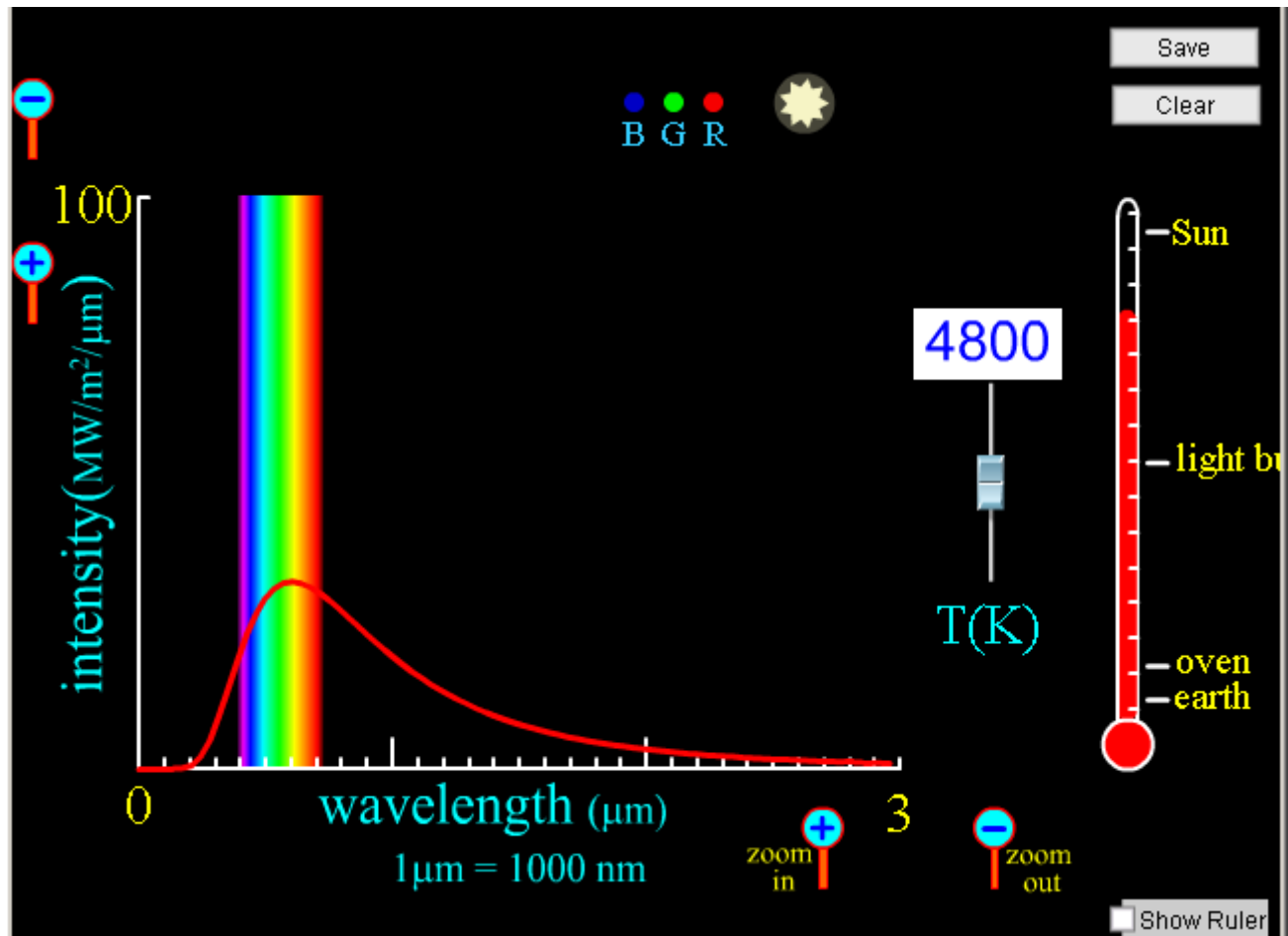
Introdução à física quântica

- ✱ A quantização da energia de Planck
- ✱ A teoria dos fótons de Einstein
- ✱ Dualidade onda-corpúsculo para a luz
- ✱ Radiação ionizante e não ionizante
- ✱ Interação da radiação com a matéria: efeito fotoelétrico, efeito de Compton, produção e aniquilação de pares
- ✱ Raios X
- ✱ Dualidade onda-corpúsculo para a matéria. Relação de De Broglie
- ✱ Princípio de Incerteza e Mecânica Quântica
- ✱ Física em acção

Uma Nova Ciência

<u>Max Planck</u>	<u>Niels Bohr</u>
<u>Albert Einstein</u>	<u>De Broglie</u>
<u>Heisenberg</u>	<u>Schrodinger</u>
<u>Dawisson e Germer</u>	<u>Física Clássica/ Física Quântica</u>

O Corpo Negro e a Catástrofe do Ultravioleta



http://phet.colorado.edu/new/simulations/sims.php?sim=Blackbody_Spectrum

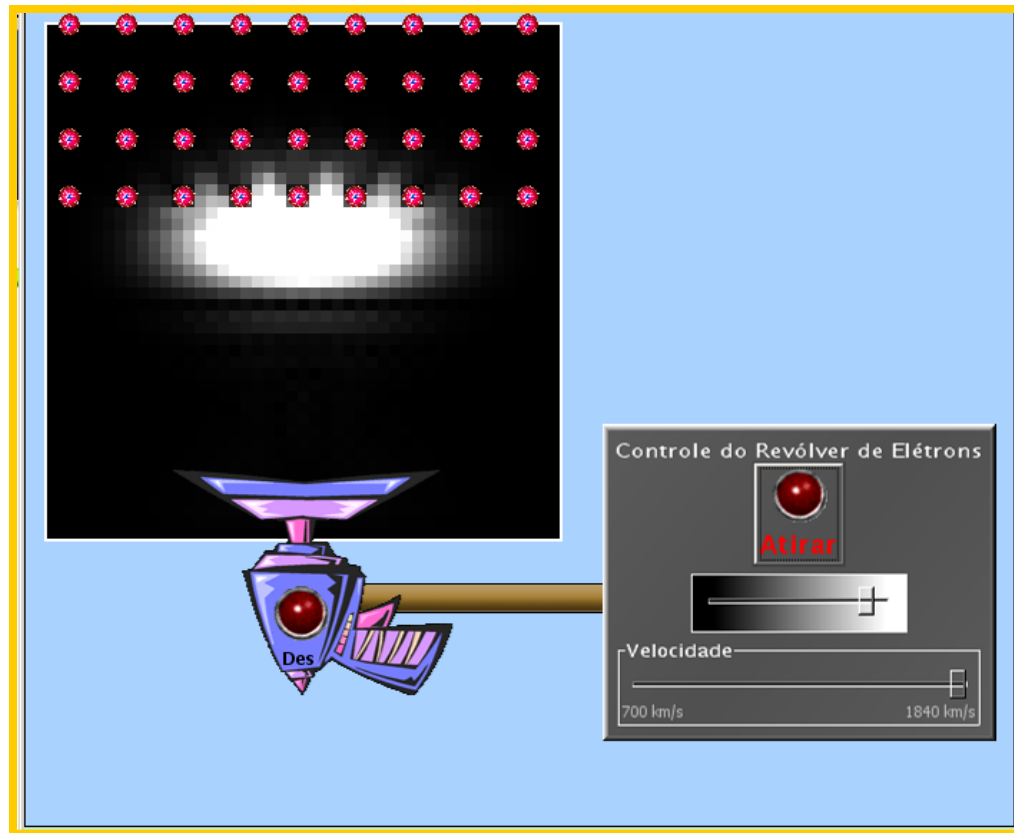
Max Planck

- ✱ Em 1900 Planck propôs que a energia radiante não pode ser emitida em quaisquer quantidades, mas apenas em certas quantidades bem definidas que são múltiplas de um valor mínimo $h \nu$, “quantum” de energia.

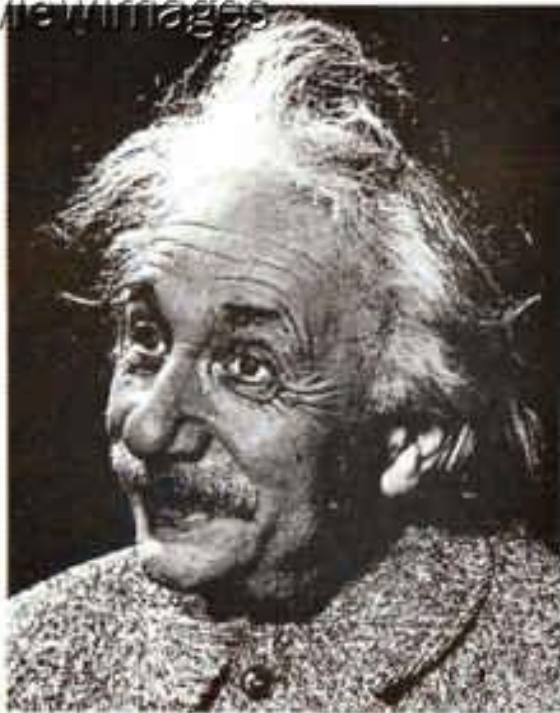
$$E = h \nu$$

Dawisson e Germer

- Em 1927 os físicos americanos C.Dawisson e L.Germer obtiveram figuras de **Difracção de Electrões**.



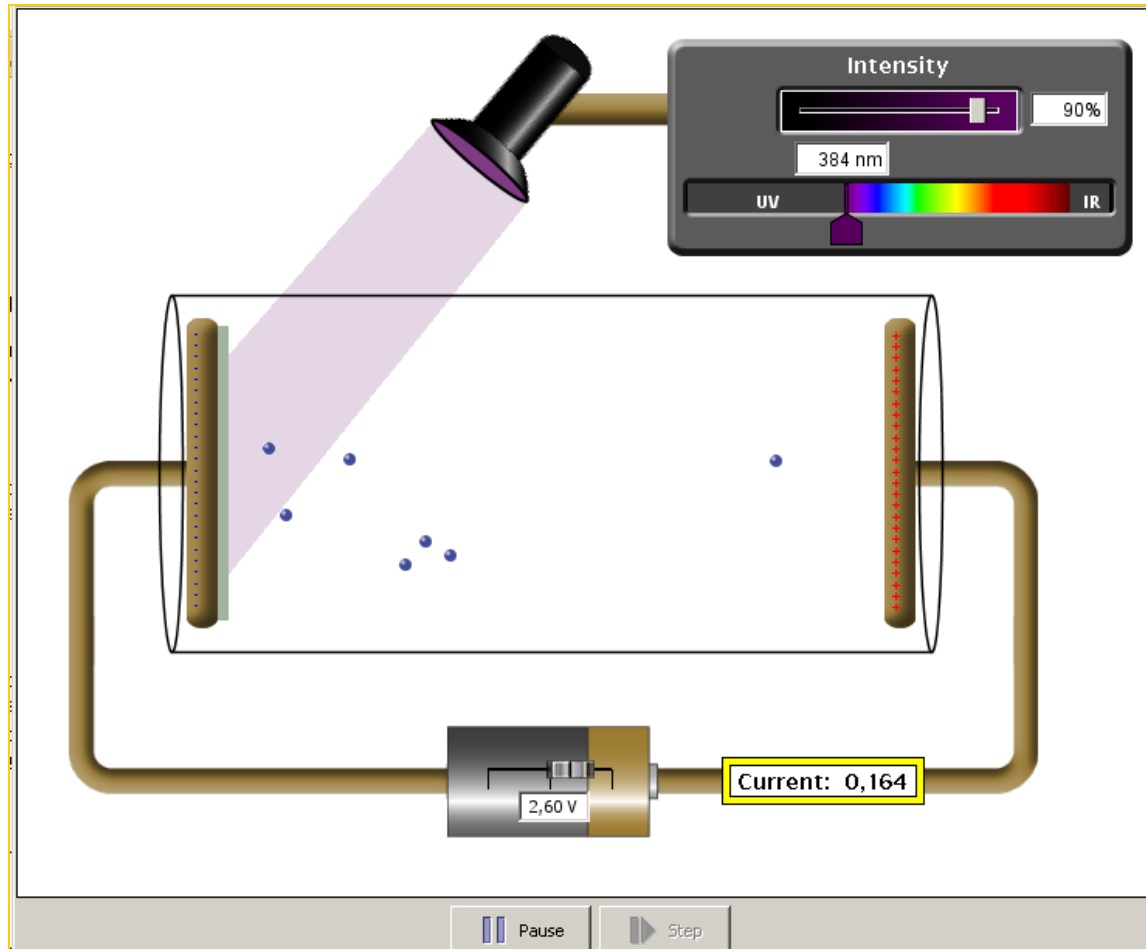
Albert Einstein



*"Imagination is more
important than knowledge"*
Albert Einstein

- ☀ Em 1905 Einstein, baseado nos estudos de Planck e para interpretar o efeito fotoelétrico, propôs que era da própria natureza das radiações não se apresentarem com quaisquer valores de energia. Para um feixe de radiações de frequência ν , as energias possíveis seriam $E = n h \nu$, com $n = 1, 2, 3, \dots$, consoante o número de “partículas” de energia radiante. Surge o Dualismo onda-partícula.

Albert Einstein – Efeito Fotoelétrico

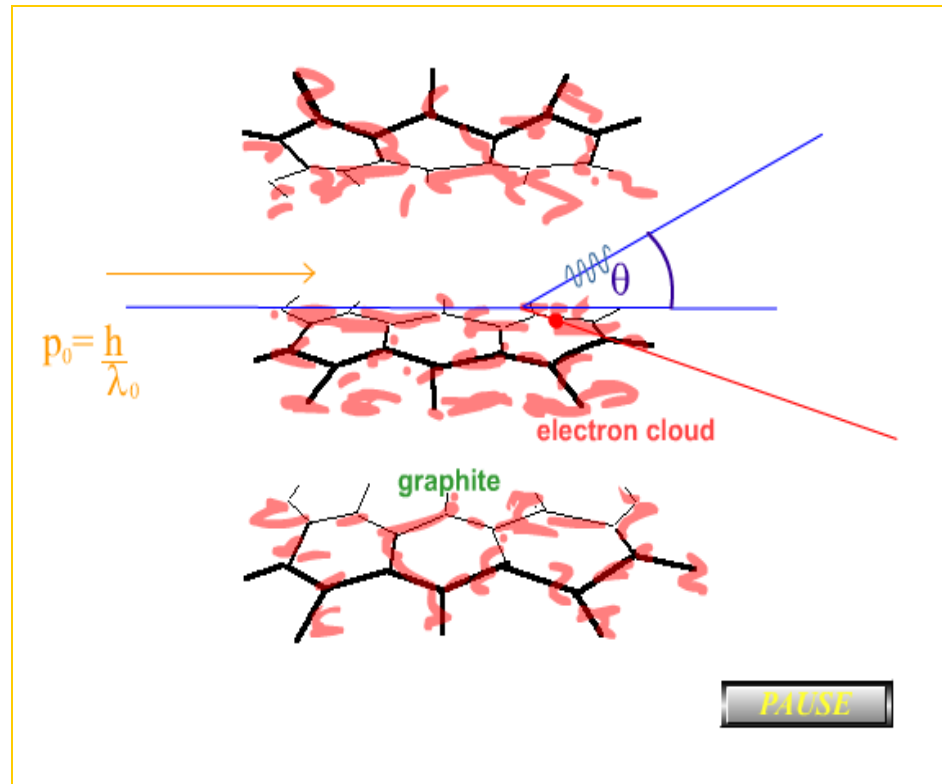


http://phet.colorado.edu/new/simulations/sims.php?sim=Photoelectric_Effect

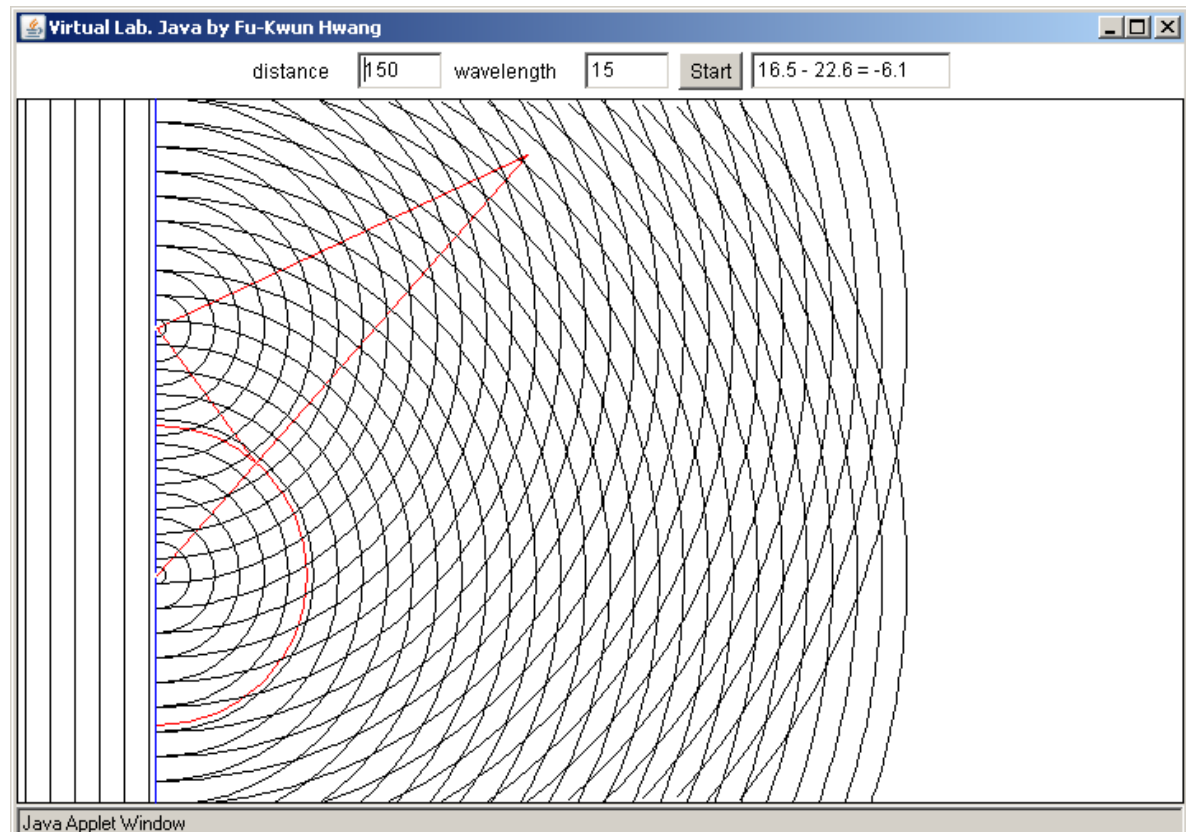
Efeito de Compton

- ✱ **Efeito Compton** é a diminuição de energia (aumento de comprimento de onda) de um fóton de raios X ou de raios gama, quando ele interage com a matéria.
- ✱ O Efeito Compton foi observado por Arthur Holly Compton em 1923, pelo qual fez ele receber o Prêmio Nobel de Física em 1927.

Efeito de Compton

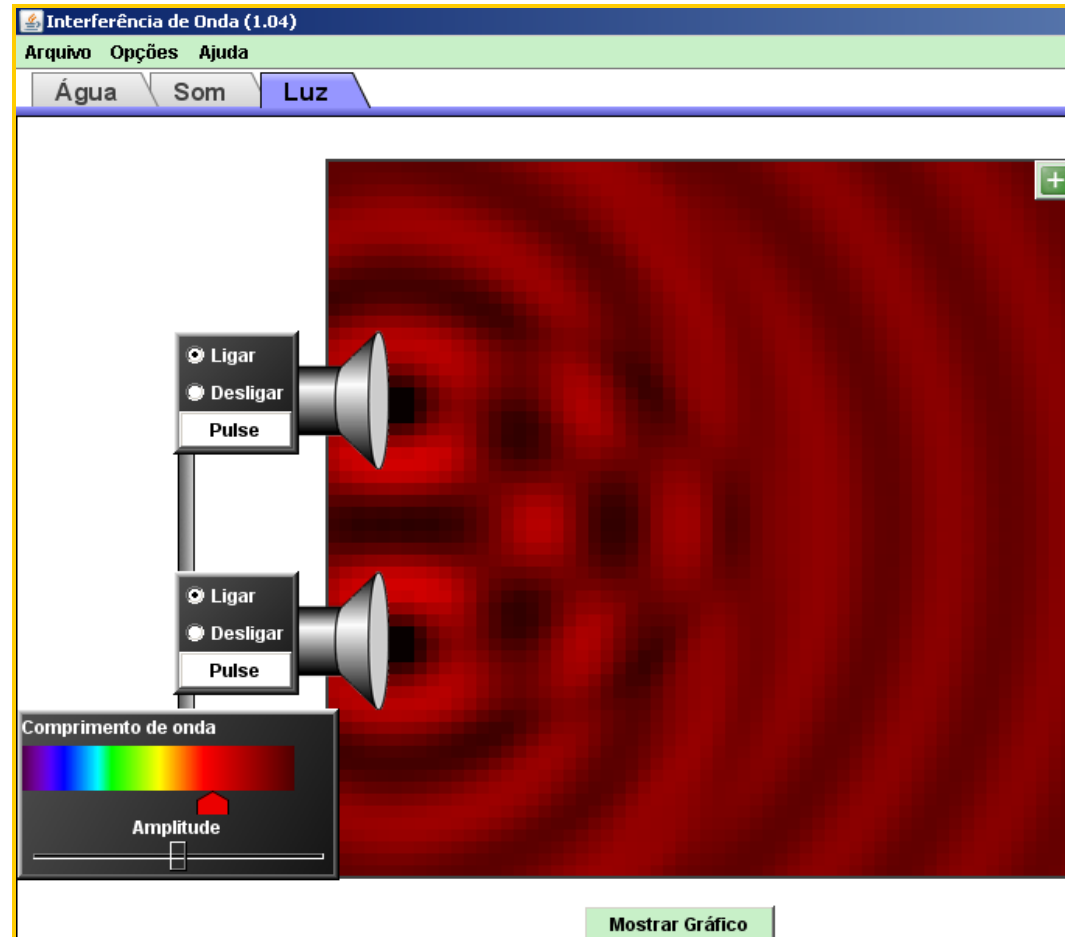


Dualidade Onda-partícula para a luz



<http://www.phy.ntnu.edu.tw/ntnujava/index.php?topic=20.0>

Dualidade Onda-partícula para a luz



Niels Bohr



- ✿ Em 1913 Bohr estendeu a ideia da quantização da energia ao electrão do átomo de hidrogénio, para interpretar o respectivo espectro de emissão.
- ✿ Embora de grande importância para o nascimento da física quântica foi muito contestado pelos seus pares.

Deficiências do Modelo de Bohr

- ❗ No modelo de Bohr o electrão ao mover-se à volta do núcleo, deveria perder energia, acabando por cair no próprio núcleo.
- ❗ Bohr defendeu-se explicando que num determinado nível –**Estado Estacionário** - a energia é constante.
- ❗ Quantificava o momento angular do electrão com um modelo meramente matemático

$$m v r = n h / 2\pi$$

- ❗ Não explicava os níveis energéticos dos átomos polieletrónicos, nem o grau de ocupação dos níveis mais energéticos.
- ❗ Bohr considerava apenas o electrão como uma partícula.

Louis De Broglie

- ✴ Em 1924 De Broglie, físico francês, inspirado no trabalho de Compton, estendeu a descrição onda-partícula (do fóton) para qualquer partícula de momento linear $p = m.v$, a qual terá um “de certo modo” um comprimento de onda

$$\lambda = h / m v$$

tal como para o fóton.



Ernest Heisenberg



💡 Em 1925 Ernest Heisenberg apresenta o seu

Princípio da Incerteza.

Não é possível conhecer simultaneamente com exactidão a posição e a velocidade de uma partícula.

$$\Delta x \cdot \Delta p \geq h / 4\pi$$

Schrodinger



- ✦ Em 1925-1926 um físico austríaco Schrodinger estabeleceu uma abordagem ondulatória da Mecânica Quântica.
- ✦ A sua equação de onda é famosa bem como o seu gato.

Equação de Onda de Schrodinger

$$\frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial z^2} + \frac{8.m.\Pi^2}{h^2} .(E - V).\psi = 0$$

$x, y, z \rightarrow$ coordenadas

$\psi \rightarrow$ função.de.onda

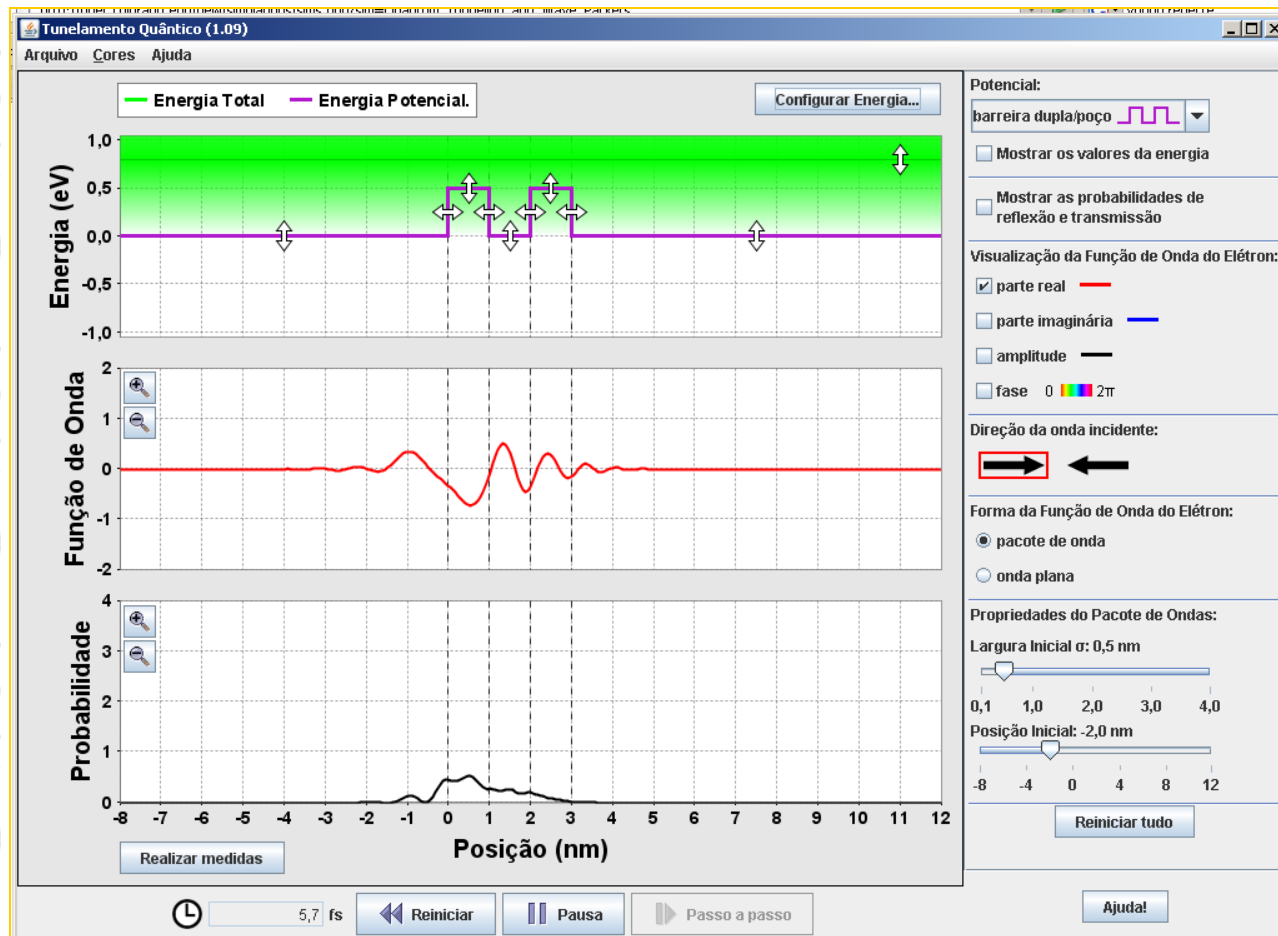
$m \rightarrow$ massa.do.electrão

$E \rightarrow$ Energia.total

$V \rightarrow$ Energia.potencial

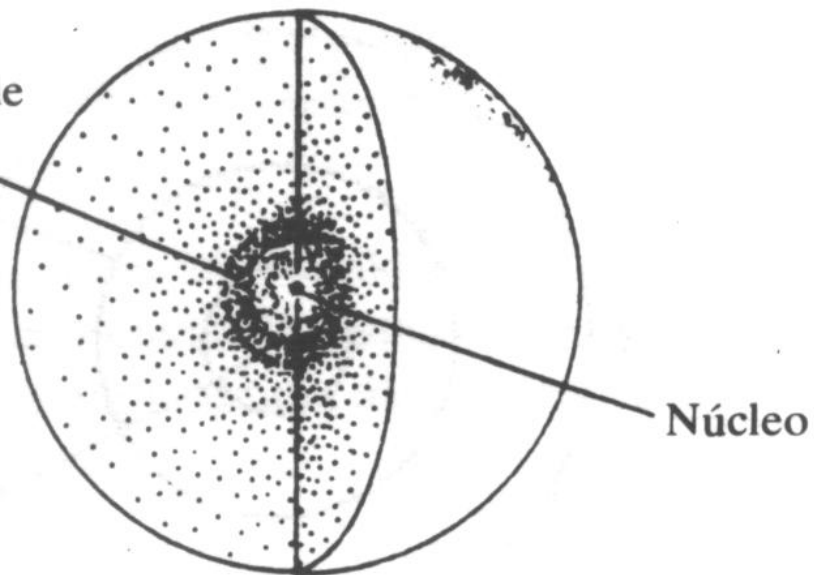
Esta equação permita relacionar a energia de um electrão com a probabilidade de o encontrar num certo ponto do espaço.

Equação de Onda de Schrodinger

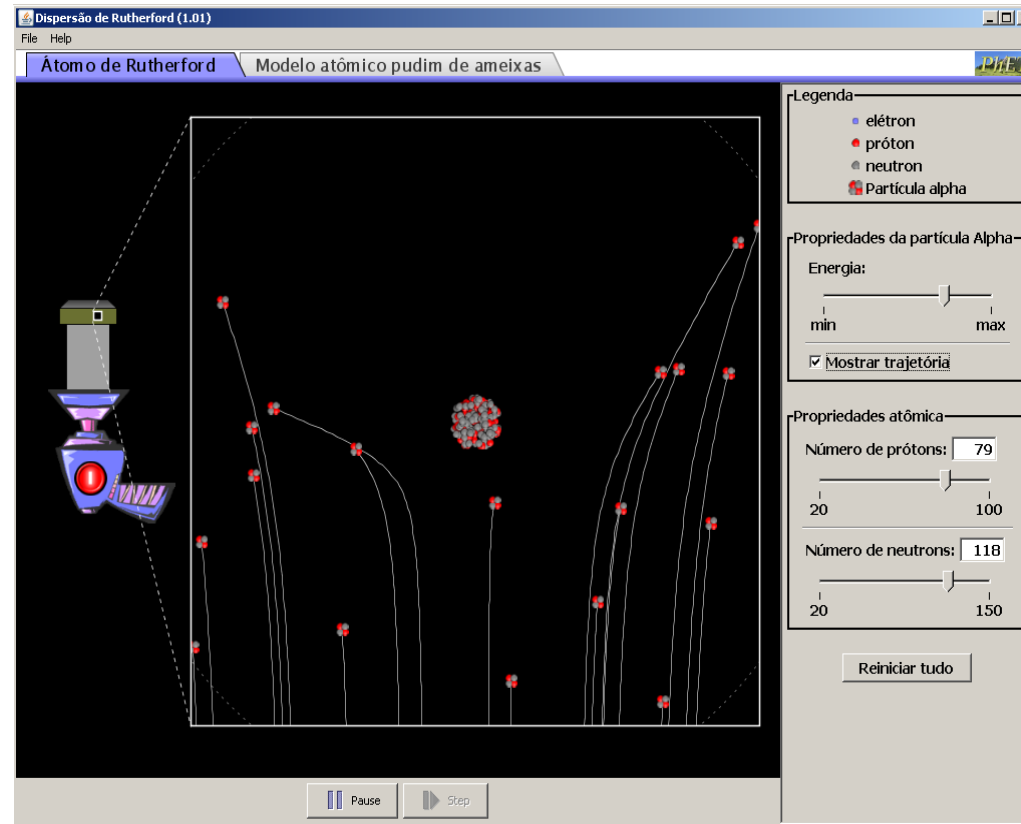


Um novo átomo!

densidade
de probabilidade
de presença
de um
electrão



Modelos Atômicos



http://phet.colorado.edu/new/simulations/sims.php?sim=Rutherford_Scattering

Modelos Atômicos

The screenshot shows the PhET 'Models of the Hydrogen Atom' simulation interface. On the left, a vertical menu lists various atomic models: 'Bola de bilhar' (Billiard ball), 'Pudim de Ameixas' (Raisin pudding), 'Sistema Solar Clássico' (Classical solar system), 'Bohr', 'deBroglie', and 'Schrödinger'. The 'Schrödinger' model is currently selected. Above this menu, there are two tabs: 'Experimento' (Experiment) and 'Previsão teórica' (Theoretical prediction). The main area displays a 3D model of a hydrogen atom with a central nucleus (proton and neutron) and a surrounding electron cloud. A 'Caixa de Hidrogênio' (Hydrogen box) is shown on the left. A 'visão radial' (radial view) window shows a cross-section of the atom with concentric dashed circles representing energy levels. A legend on the right identifies the components: 'elétron' (electron), 'próton' (proton), and 'nêutron' (neutron). Below the main view, there are 'Controles de Luz' (Light controls) including a wavelength slider set to 94 nm, a color spectrum bar, and a 'Mostrar comprimento de onda de absorção' (Show absorption wavelength) checkbox. At the bottom, there are controls for 'lento' (slow) and 'rápido' (fast) simulation speed, a 'Pausa' (Pause) button, and a 'Passo a passo' (Step by step) button.

Experimento
(o que acontece realmente)

Previsão teórica
(o que o modelo prevê)

Modelo Atômico

Bola de bilhar

Pudim de Ameixas

Sistema Solar Clássico

Bohr

deBroglie

Schrödinger

Caixa de Hidrogênio

* Desenhos não estão em escala

visão radial

Mostrar diagrama de níveis de energia do elétron

Legenda

- elétron
- próton
- nêutron

Controles de Luz

- Branca
- Monocromática

94 nm

UV

Mostrar comprimento de onda de absorção

Mostrar espectrômetro

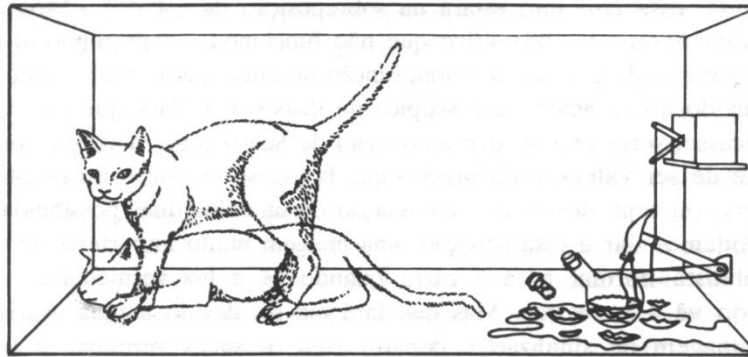
n = 1

lento rápido

Pausa

Passo a passo

O Paradoxo do gato de Schrodinger



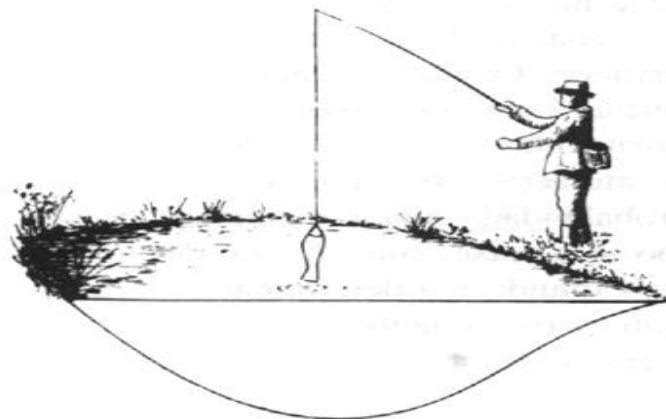
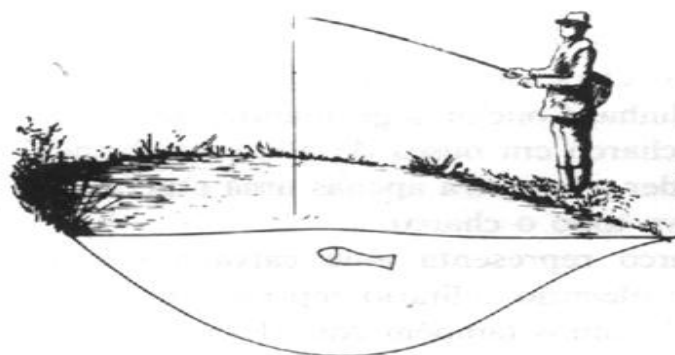
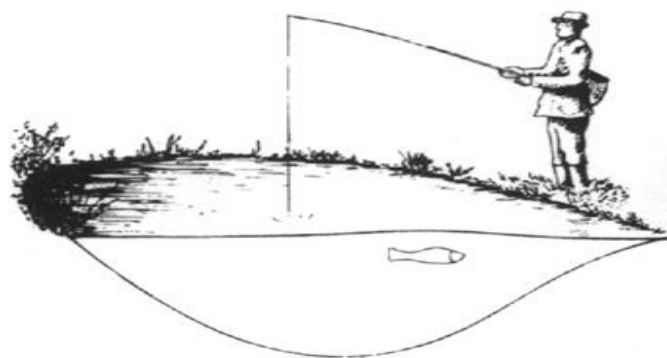
- Um gato está fechado numa caixa e dentro da caixa está uma ampola de veneno volátil; um martelo que pode cair sobre a ampola é mantido preso por um dispositivo accionado por protões. Enviamos a este dispositivo um protão de *spin* indeterminado e, passada uma hora, observamos o interior da caixa por uma pequena vigia. Como é evidente o gato está morto ou vivo.
- Se quisermos descrever segundo um formalismo quântico, encontraremos um sério problema. Assim, o conjunto formado pelo protão e pelo dispositivo é descrito por uma complicada função de onda logo o gato estará numa sobreposição de estados entre o “gato vivo” e o “gato morto”!

O Paradoxo do gato de Schrodinger

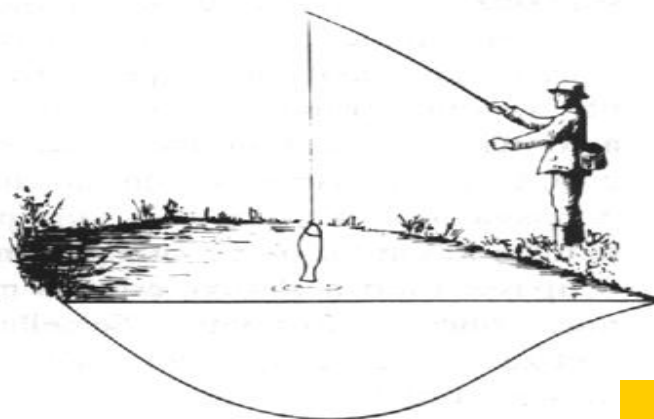
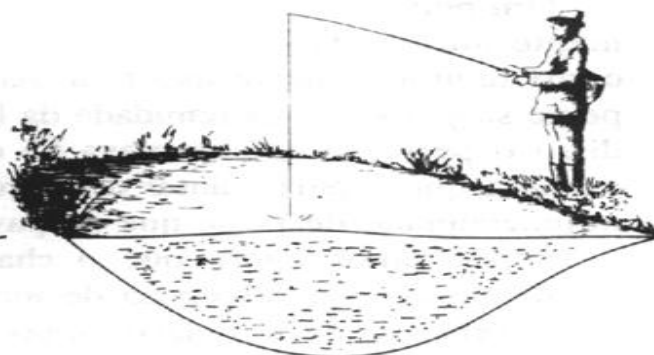
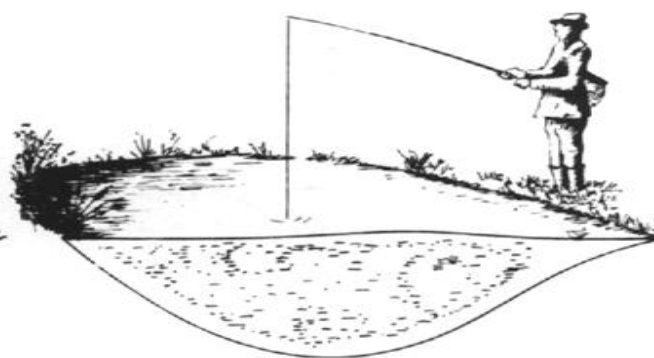


<http://www.truveo.com/Schr%C3%B6dingers-cat-WWWOLOSCECOM/id/2869338186>

FÍSICA CLÁSSICA



FÍSICA QUÂNTICA



Bibliografia

1. BOHR, N. (1913). *Sobre a constituição de Átomos e Moléculas*, Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa.
2. ORTOLI, S., Pharabod, J.- P., (1986). *Introdução à Física Quântica*, Publicações Dom Quixote, Lisboa.
3. *Physics Education Tecnology* -
<http://phet.colorado.edu/web-pages/index.html>
4. *The Physics Classroom* -
<http://www.physicsclassroom.com>
5. *Compton Effect* -
<http://www.launc.tased.edu.au/online/sciences/physics/compton.html>
6. *NTNUJAVA Virtual Physics Laboratory* -
<http://www.phy.ntnu.edu.tw/ntnujava/index.php?topic=20.0>