



Observação dos átomos

Parte III

Professor Adalbert ~~Einstein~~ Rafael da Cunha Silva

- Dualidade onda-partícula
- Princípio da incerteza
- Funções de onda

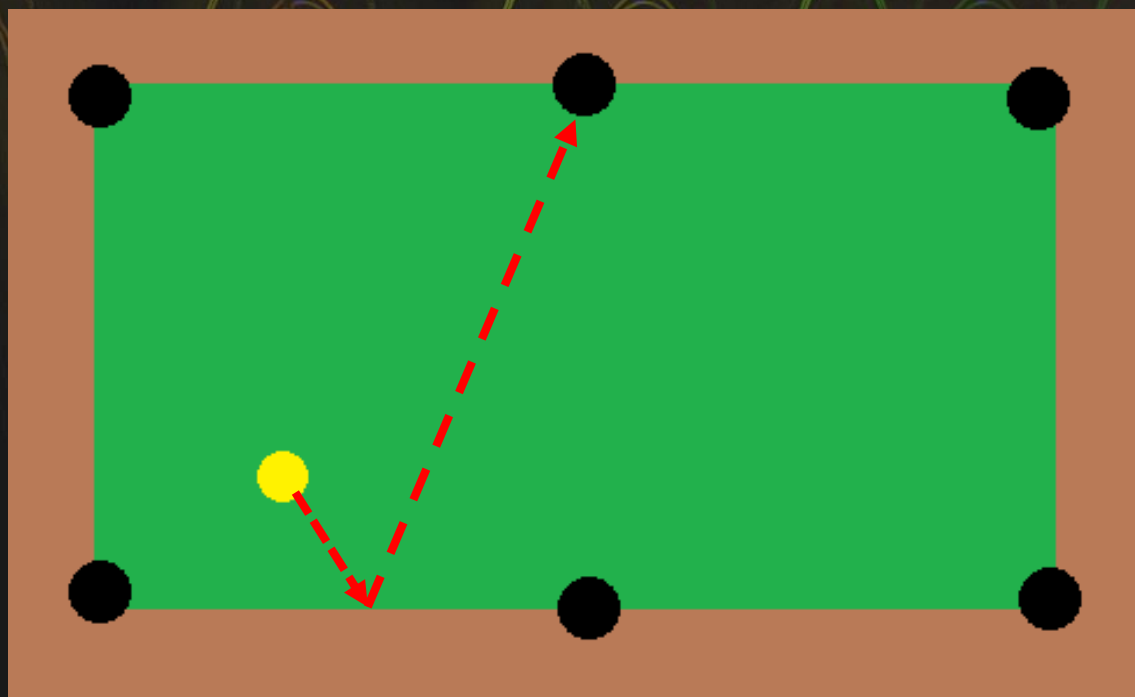
Dualidade onda-partícula

O efeito fotoelétrico fornece uma visão de que a radiação eletromagnética é constituída de fótons (pacotinhos de energia), nos quais se comportam como partículas.

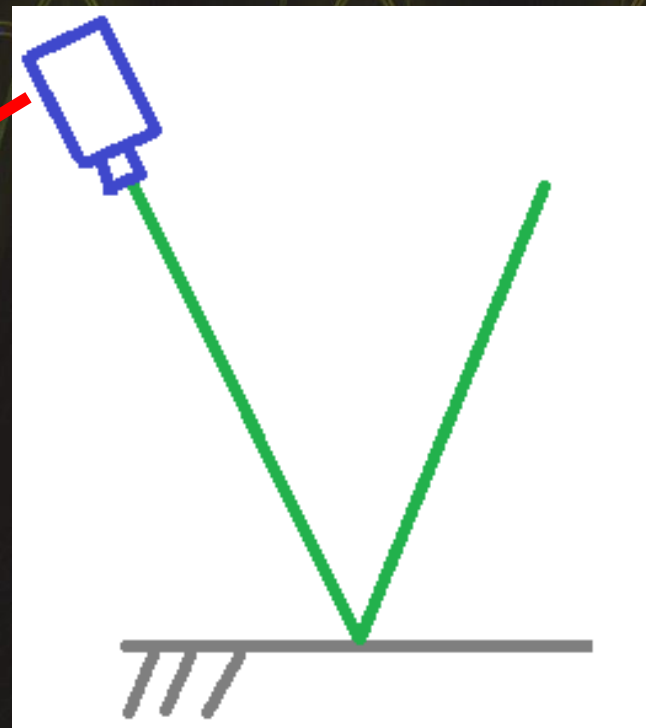
No entanto, existe outras evidências que diz que a radiação eletromagnética comporta-se como onda. Um exemplo disso é a **difração**.

Partícula

Isaac Newton acreditava que a luz era formada por corpúsculos.



Fonte de luz

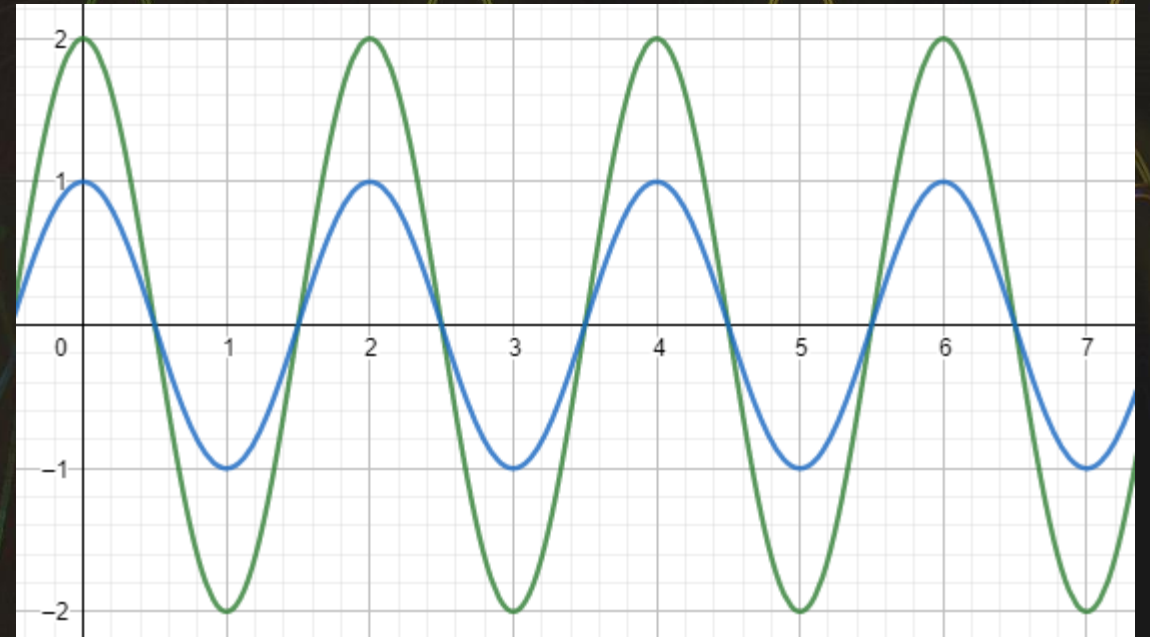


Partícula?

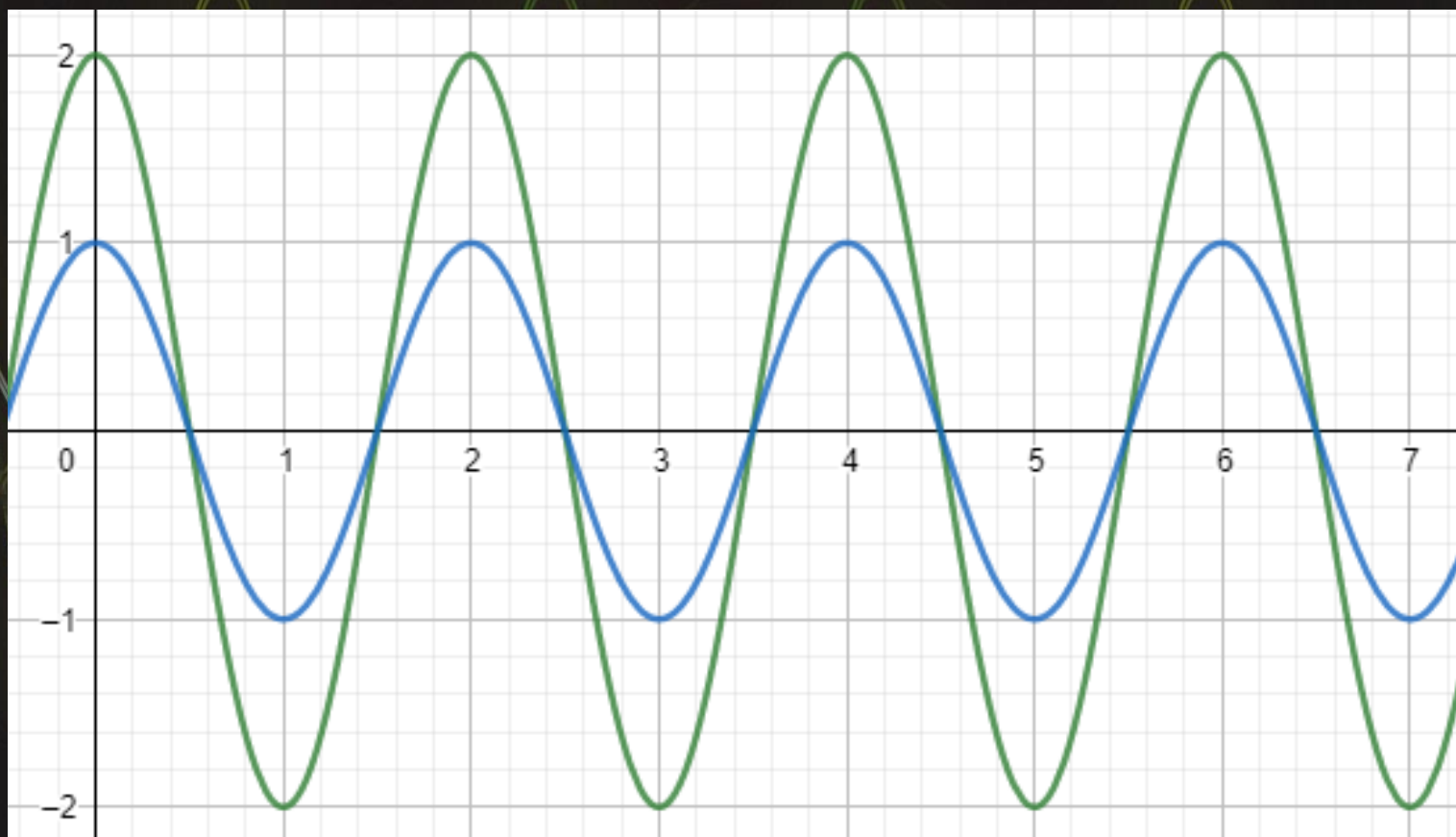
No entanto, algumas situações não concordavam com o modelo corpuscular da luz. A maior evidência disso, é a **difração**

Dualidade onda-partícula

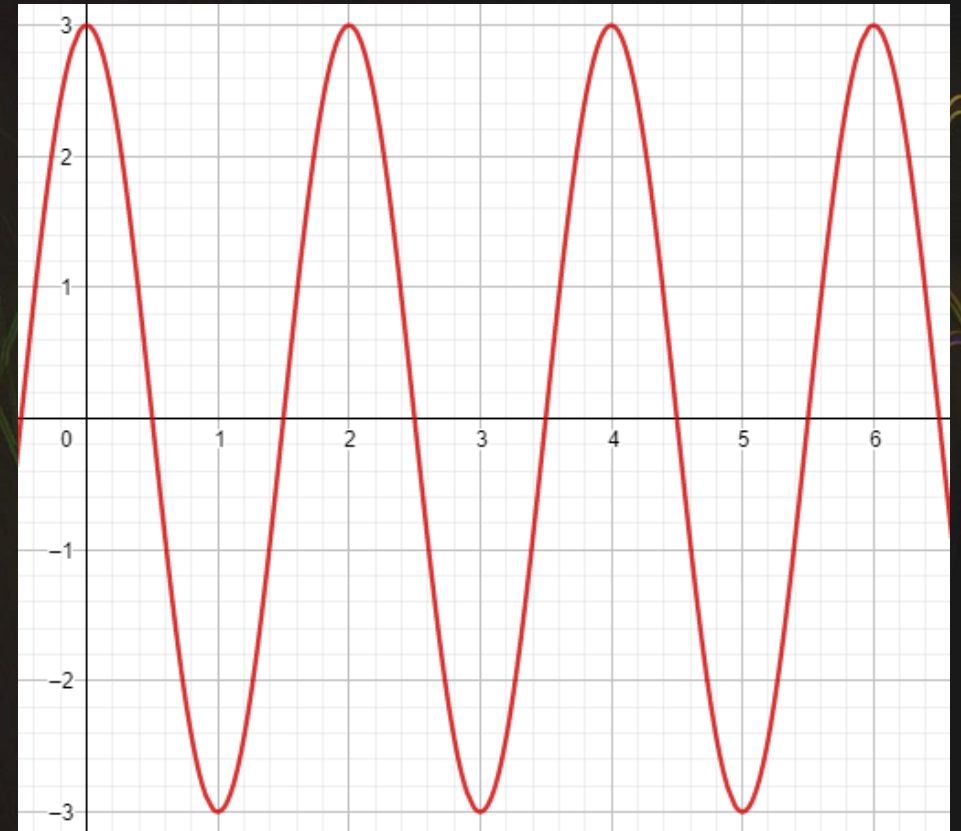
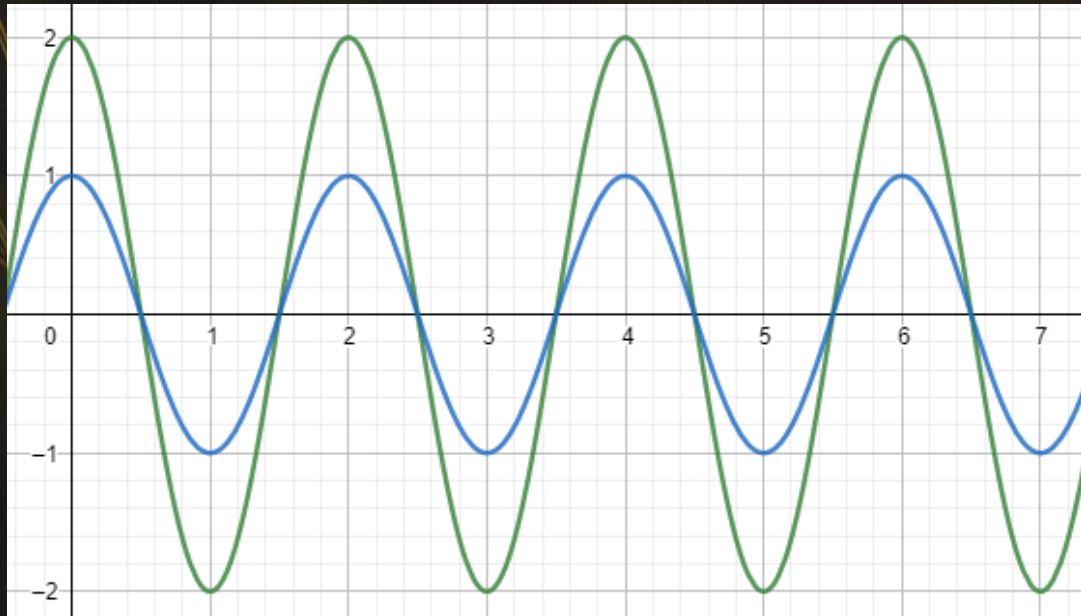
Para entender a difração,
antes precisamos saber a
respeito das interferências.



Interferência construtiva

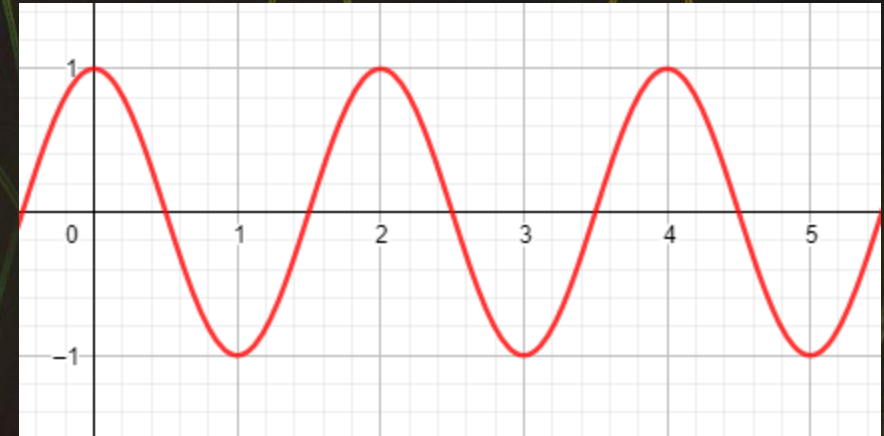
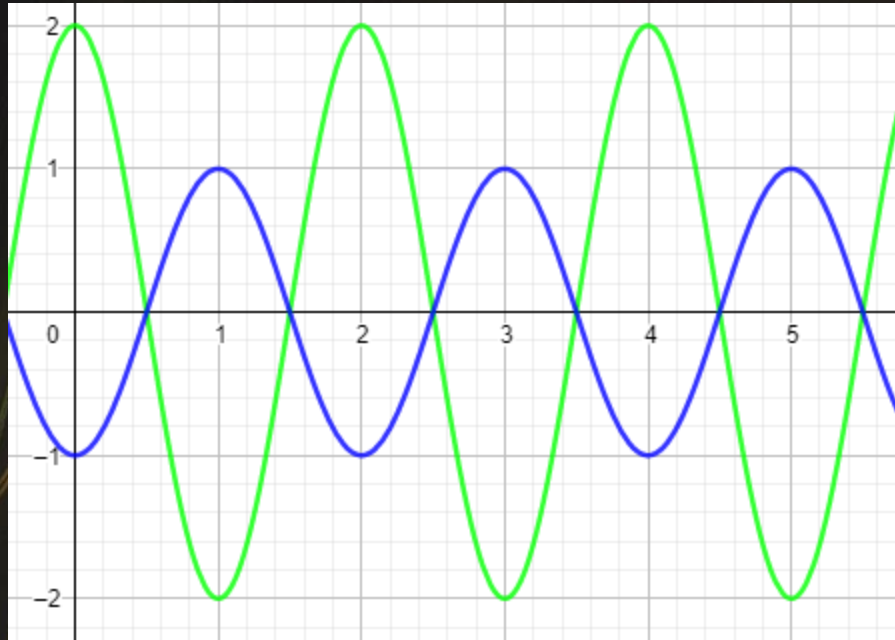


Interferência construtiva



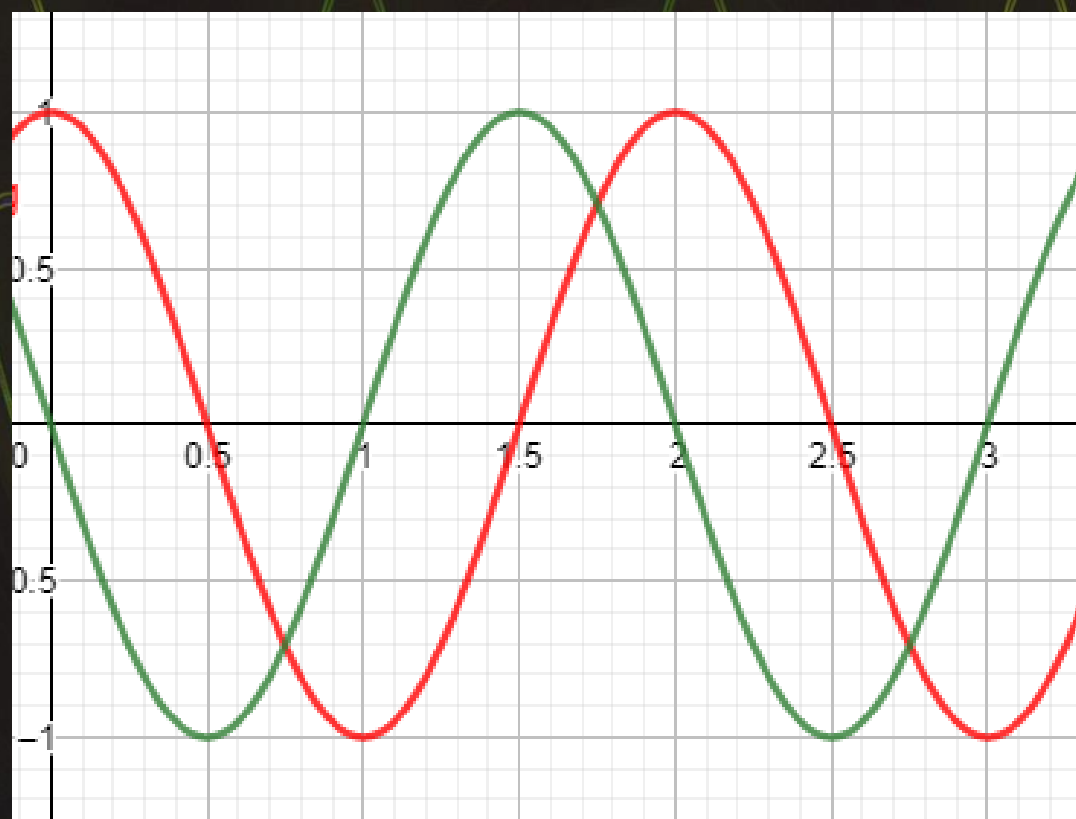
$$\textit{Amplitude}_{verde} + \textit{Amplitude}_{azul} = \textit{Amplitude}_{vermelha}$$

Interferência destrutiva

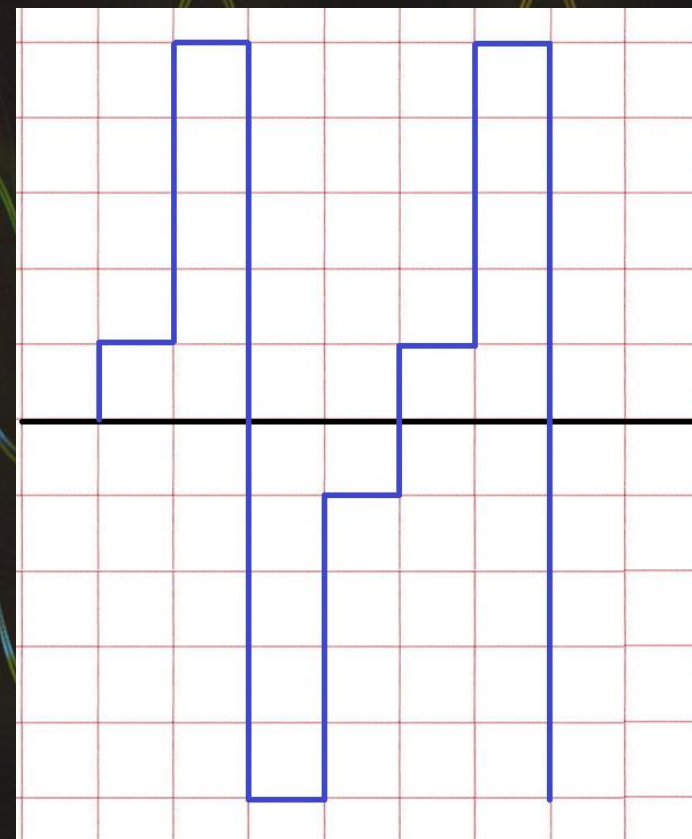
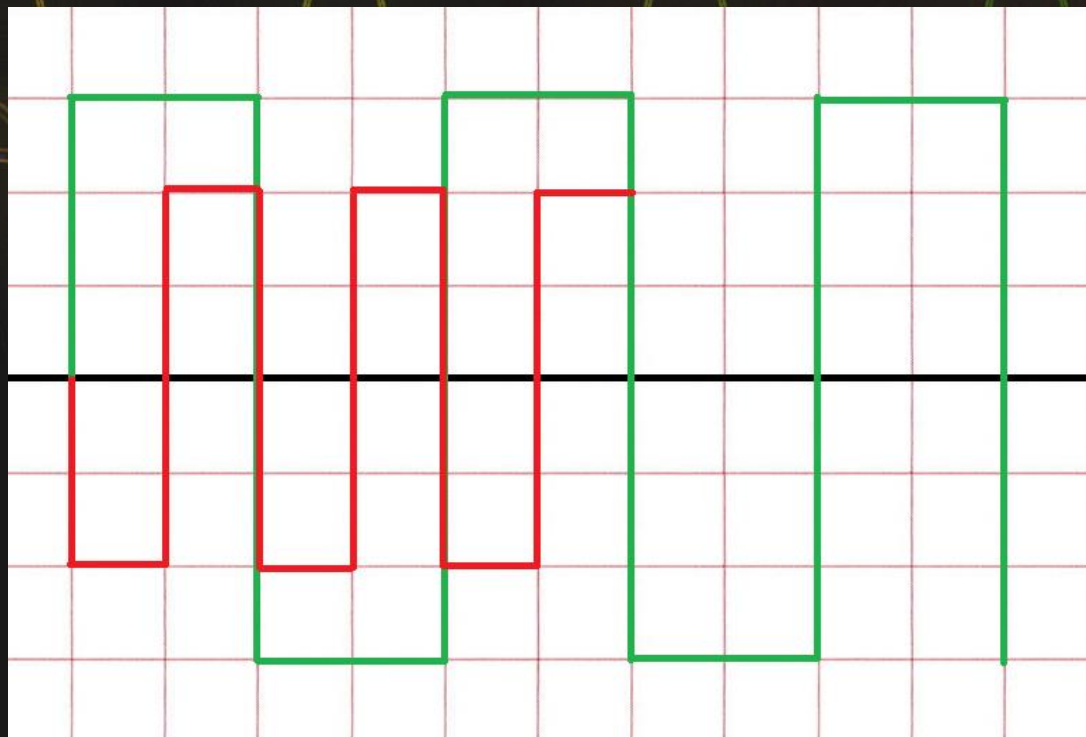


$$Amplitude_{verde} - Amplitude_{azul} = Amplitude_{vermelha}$$

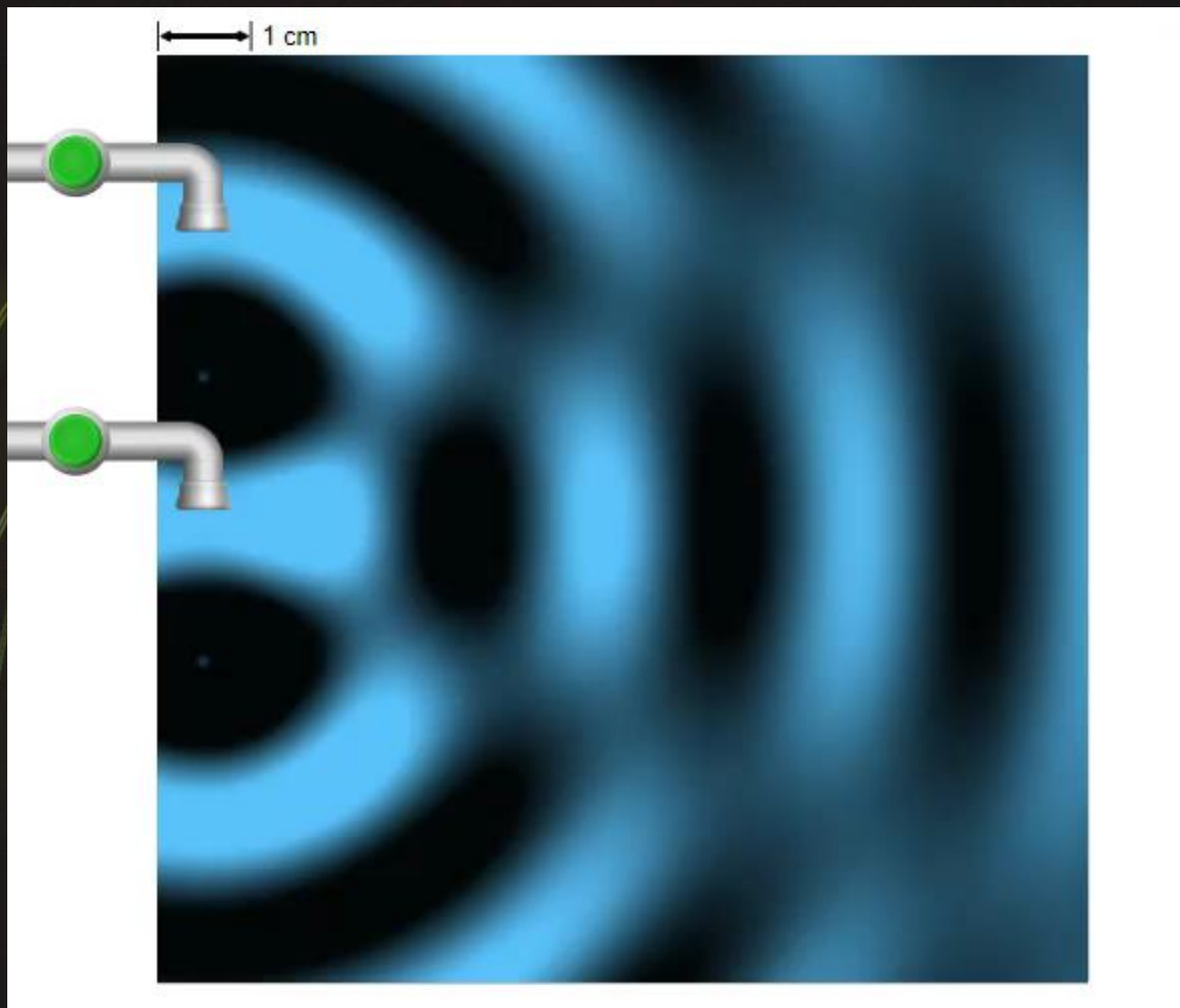
Interferência destrutiva/construtiva



Interferência destrutiva/construtiva



Interferência



https://phet.colorado.edu/sims/html/wave-interference/latest/wave-interference_pt_BR.html

Dualidade?



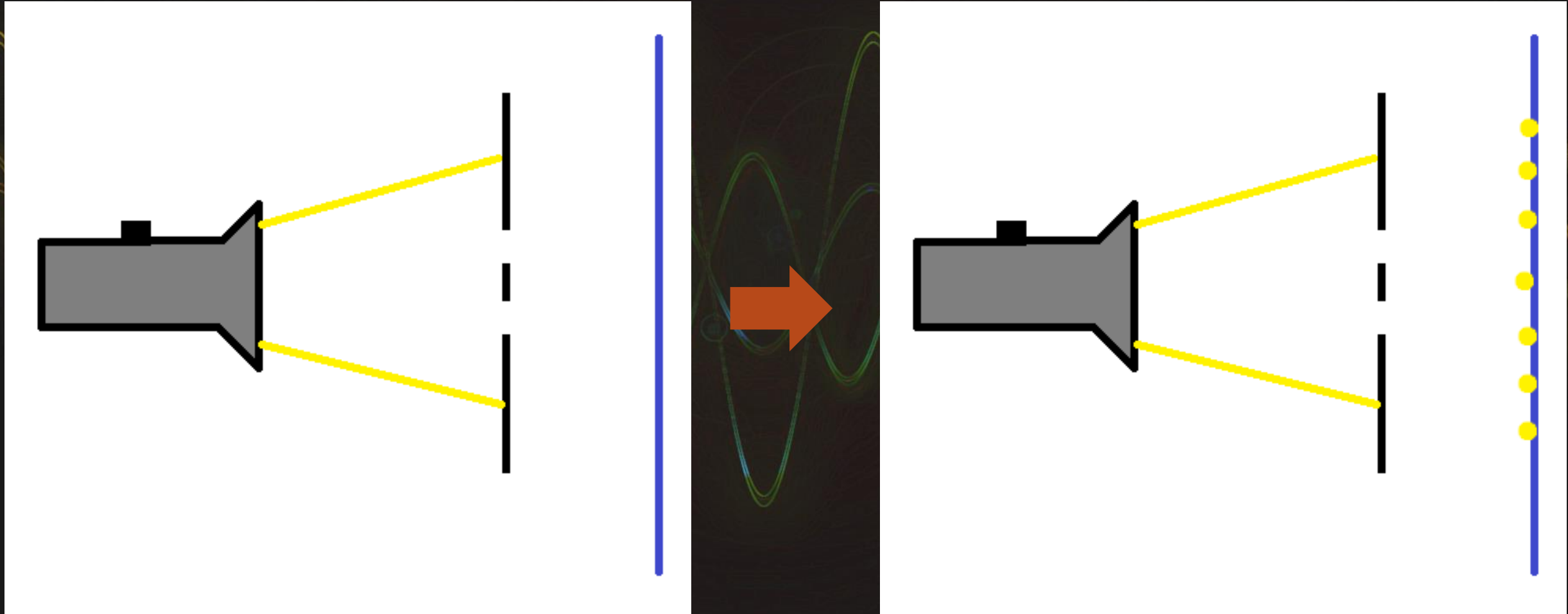
Vimos no efeito fotoelétrico que a radiação eletromagnética (luz) é composta por fótons, ou seja, algo semelhante à partículas.

Mas o que a interferência nos diz?

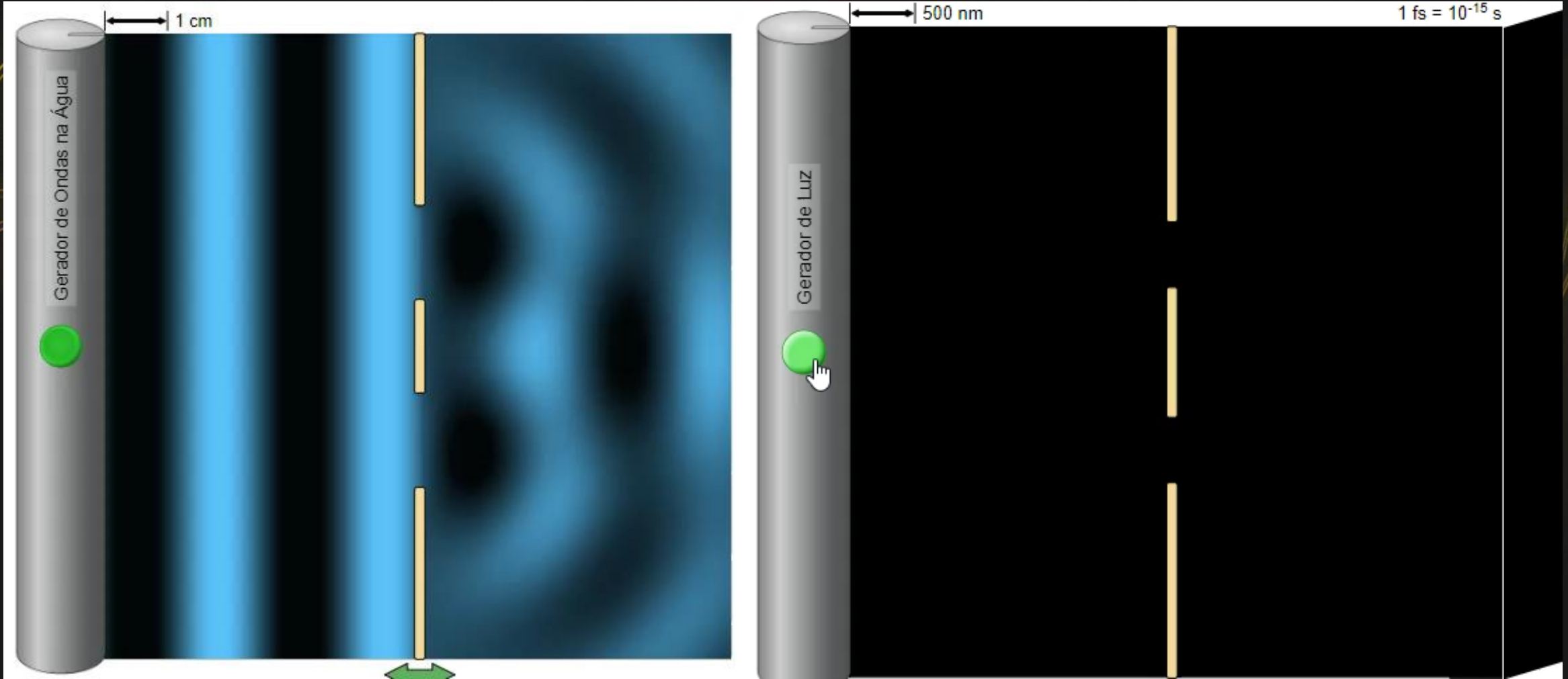
É onda?

Thomas Young, foi o primeiro a determinar experimentalmente que a luz é uma onda (1801).

Dualidade onda-partícula



Dualidade onda-partícula



https://phet.colorado.edu/sims/html/wave-interference/latest/wave-interference_pt_BR.html

Dualidade onda-partícula

Os experimentos nos obrigam a aceitar a dualidade onda-partícula da radiação eletromagnética.

The background of the slide is dark with several glowing, overlapping wave patterns in shades of yellow, green, and blue, creating a sense of motion and energy.

Mas e a matéria?

Louis de Broglie sugeriu que todas as partículas deveriam ser entendidas como tendo propriedades de ondas.

$$\lambda_e = \frac{h}{p_e}$$



https://www.soq.com.br/biografias/de_broglie/

Mas e a matéria?

$$\lambda_e = \frac{h}{p_e}$$

$$p = m \cdot v$$

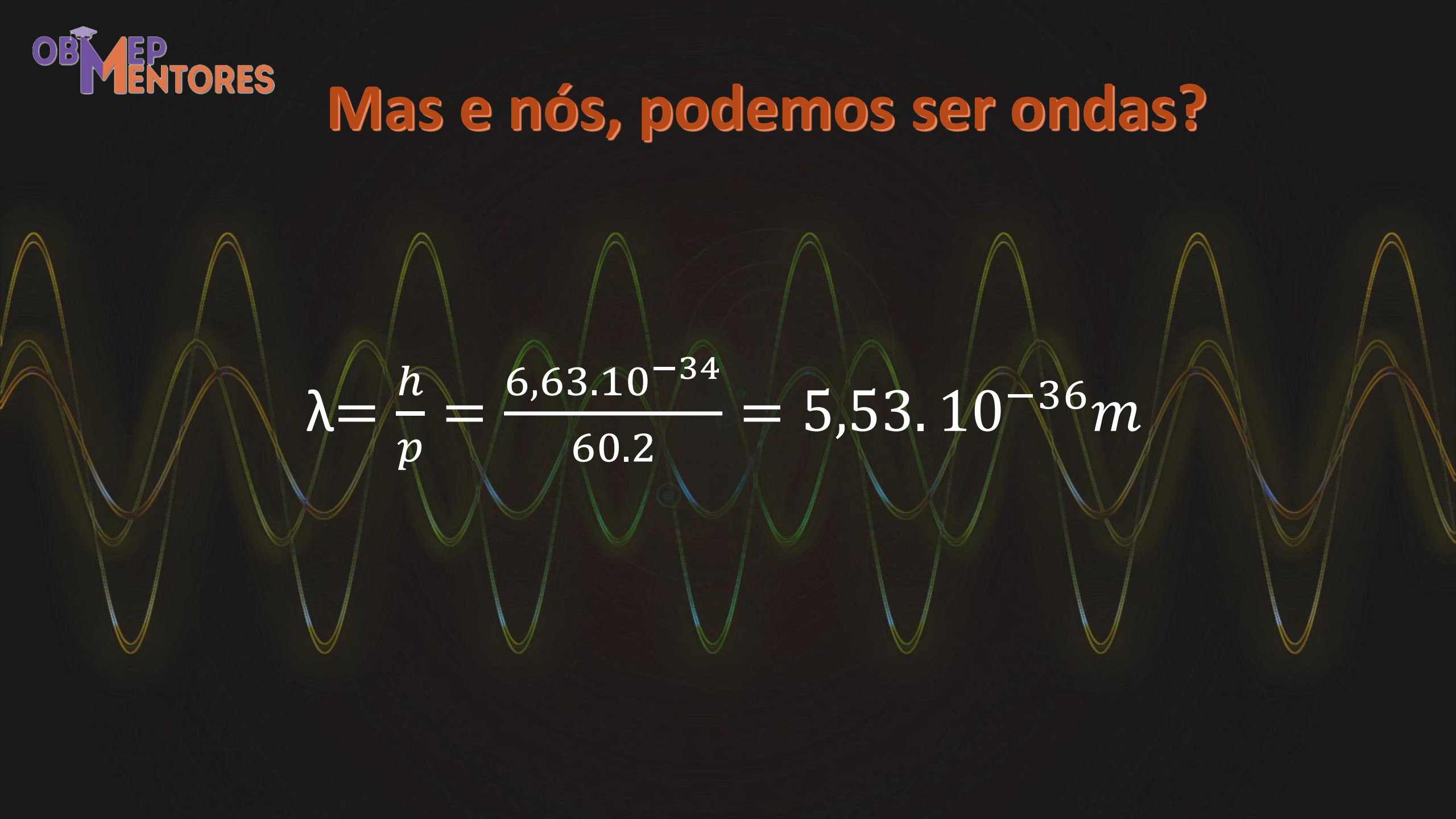
Os elétrons (e a matéria em geral) têm propriedades de ondas e de partículas.



https://www.soq.com.br/biografias/de_broglie/

Mas e nós, podemos ser ondas?

Mas e nós, podemos ser ondas?


$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34}}{60.2} = 5,53 \cdot 10^{-36} m$$

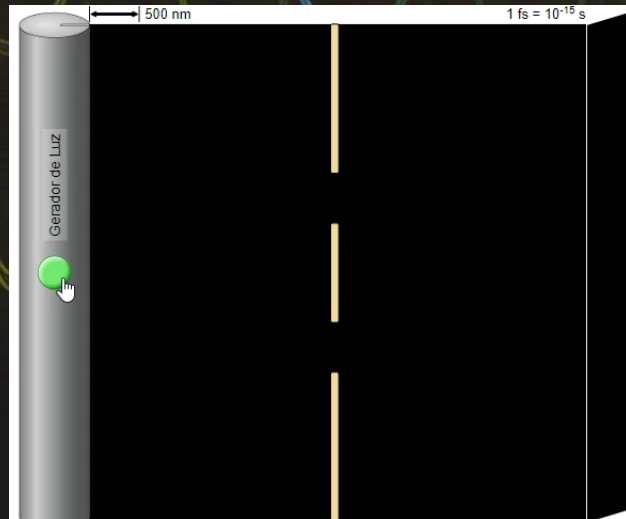
E o elétron

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34}}{9,11 \cdot 10^{-31} \cdot 3 \cdot 10^6} = 2,43 \cdot 10^{-10} m$$

$$\lambda = 0,243 nm$$

Mas é verdade?

Em 1927, Davisson e Germer realizaram o mesmo experimento de Young, mas dessa vez, com elétrons.

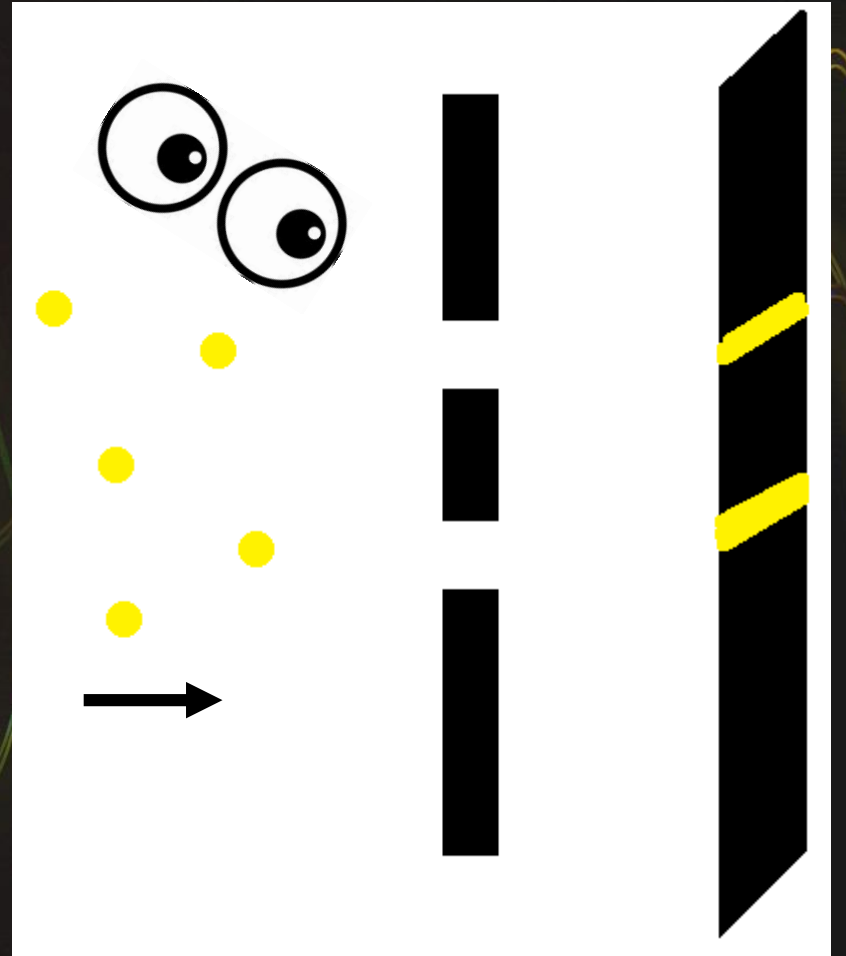
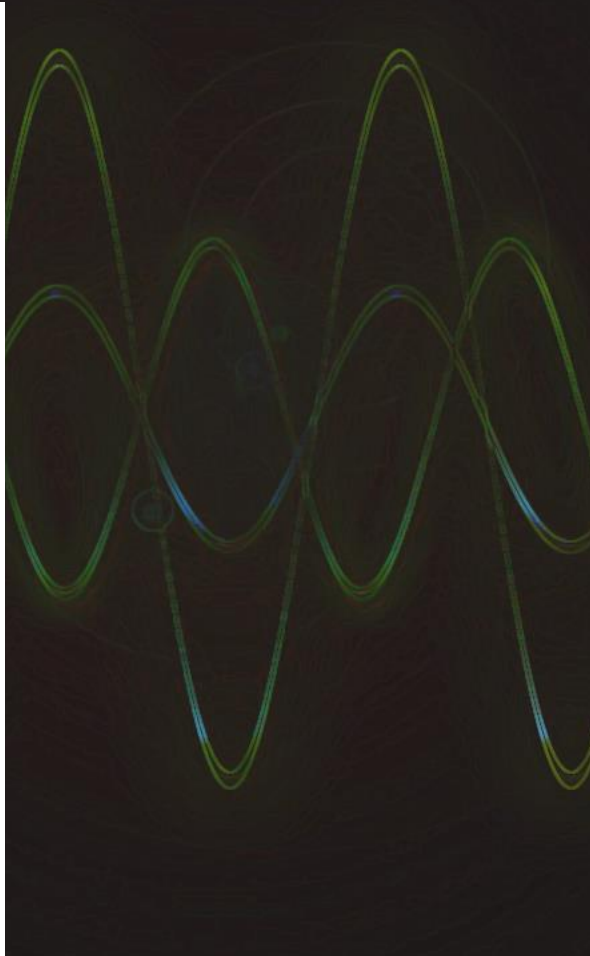
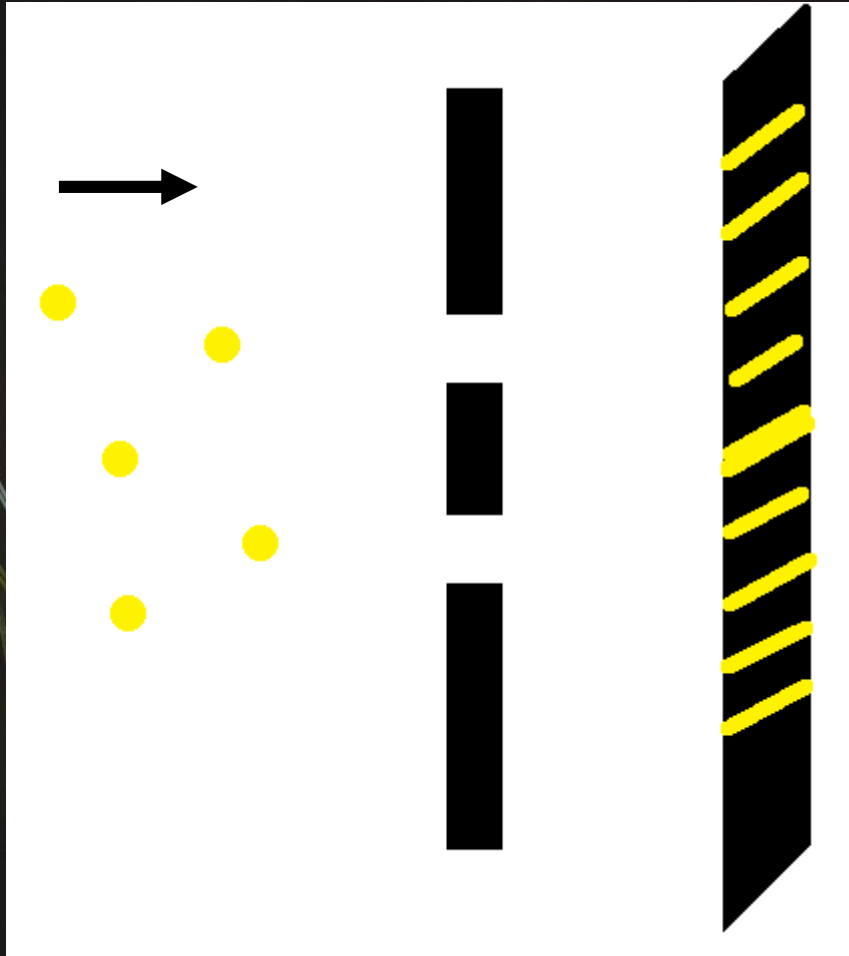


<https://www.aps.org/programs/outreach/history/historicsites/davisson-germer.cfm>

Princípio da incerteza

E se tentassem descobrir por qual fenda o elétron passa?

Princípio da incerteza



Windows

Although you can use CTRL+ALT+DEL to quit an application that has stopped responding to the system, there is no application in this state.

To quit an application, use the application's quit or exit command, or choose the Close command from the Control menu.

- * Press any key to return to Windows.
- * Press CTRL+ALT+DEL again to restart your computer. You will lose any unsaved information in all applications.

Press any key to continue _

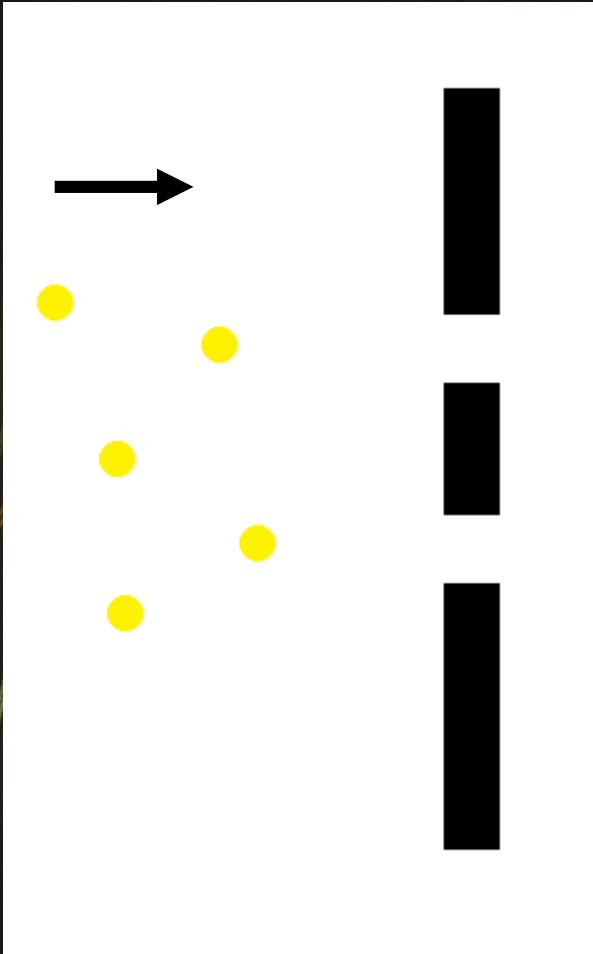
Princípio da incerteza

Heisenberg propôs que não se pode determinar a posição e o momento de uma partícula ao mesmo tempo



<https://brasilescola.uol.com.br/fisica/principio-incerteza.htm>

Princípio da incerteza



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

$$\Delta p \Delta x \geq \frac{\hbar}{2}$$

$$\Delta p = m \cdot \Delta v$$

Princípio da incerteza

A localização e o momento de uma partícula são complementares, isto é, ambos não podem ser conhecidos simultaneamente com precisão arbitrária.



<https://brasilecola.uol.com.br/fisica/principio-incerteza.htm>

Incerxercício

(A&J) Estime a incerteza mínima na posição de uma bolinha de gude de massa 1,0g, sabendo que sua velocidade é conhecida no intervalo $\pm 1,0$ mm/s.

$$\Delta p \Delta x \geq \frac{\hbar}{2}$$

$$\Delta p = m \cdot \Delta v$$

$$\hbar = 1,05 \cdot 10^{-34} \text{ m}^2 \text{ kg/s}$$

Incerxercício

(A&J) Estime a incerteza mínima na posição de uma bolinha de gude de massa 1,0g, sabendo que sua velocidade é conhecida no intervalo $\pm 1,0$ mm/s.

$$\Delta p \Delta x \geq \frac{\hbar}{2}$$

$$\Delta p = m \cdot \Delta v$$

$$\Delta x = \frac{\hbar}{2m\Delta v}$$

$$\Delta x = \frac{1,05 \cdot 10^{-34} \text{ m}^2 \text{ kg/s}}{2 \cdot 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot 2,0 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}}$$

$$\Delta x = 2,63 \cdot 10^{-29} \text{ m}$$

Incerxercício

(A&J) Estime a incerteza mínima na velocidade de um elétron confinado em um diâmetro de um átomo típico de 200 pm.

Incerxercício

(A&J) Estime a incerteza mínima na velocidade de um elétron confinado em um diâmetro de um átomo típico de 200 pm.

$$\Delta p \Delta x \geq \frac{\hbar}{2}$$

$$\Delta p = m \cdot \Delta v$$

$$\Delta v = \frac{\hbar}{2m\Delta x}$$

$$\Delta v = \frac{1,05 \cdot 10^{-34} \text{ m}^2 \text{ kg/s}}{2 \cdot 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \cdot 200 \cdot 10^{-12} \text{ m}}$$

$$\Delta v = 288144,90 \text{ m/s}$$

$$\Delta v = 2,88 \cdot 10^5 \text{ m/s}$$

Incerxercício

Para a bolinha de gude: $\Delta x = 2,63 \cdot 10^{-29} m$

Para o elétron: $\Delta v = 2,88 \cdot 10^5 \text{ m/s}$

Você tem certeza?

Muito obrigado
pela presença

Referência

ATKINS, P.W.; JONES, Loretta. **Princípios de química: questionando a vida moderna e o meio ambiente**. 5.ed. Porto Alegre: Bookman, 2014. 965 p.

Imagem de fundo: Gerd Altmann por Pixabay

Imagem De Broglie: https://www.soq.com.br/biografias/de_broglie/

Imagem Davisson e Germer: <https://www.aps.org/programs/outreach/history/historicsites/davisson-germer.cfm>

Imagem Heisenberg: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/principio-incerteza.htm>