

Optical Tweezers

Grupo 11 - Escola de Verão da Física 2021

Pressão Ótica

Em 1619, Johannes Kepler concebe a hipótese de que a radiação emitida por um corpo podia exercer pressão sobre um outro.

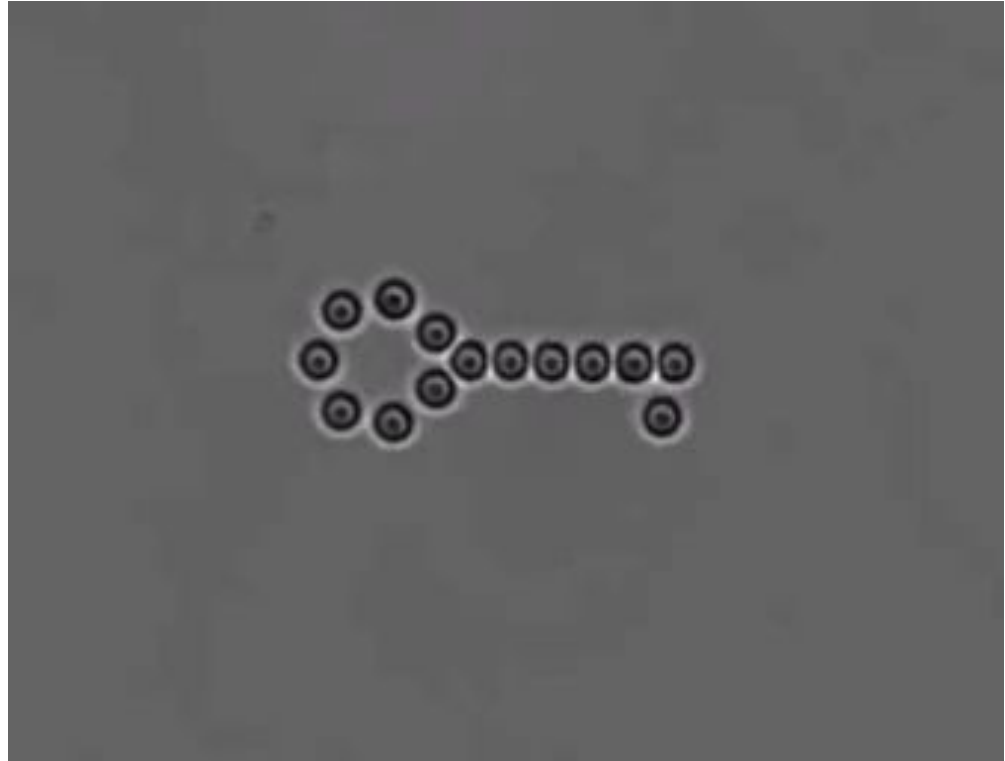


<https://images.app.goo.gl/1A5XiohsDfUp9G29>

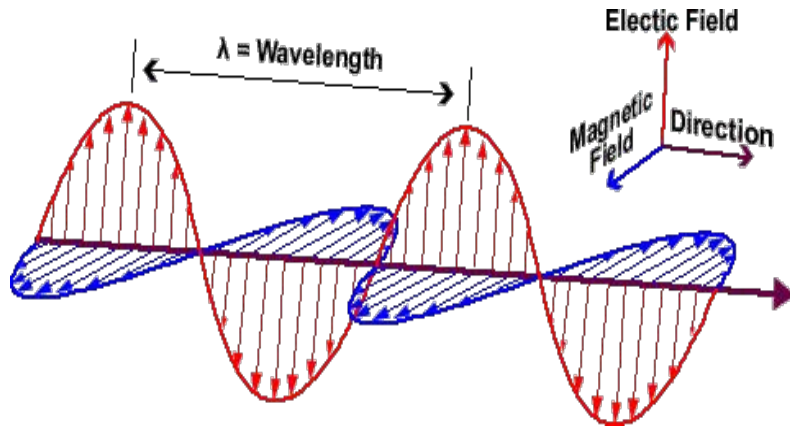
Pressão Ótica

O conceito concebido por Kepler levou ao desenvolvimento de lasers que pudessem mover partículas suficientemente pequenas - *Optical Tweezers*.

Esta descoberta foi feita por Arthur Ashkin nos anos 70, descoberta a qual que levou ao Prémio Nobel da Física de 2018.

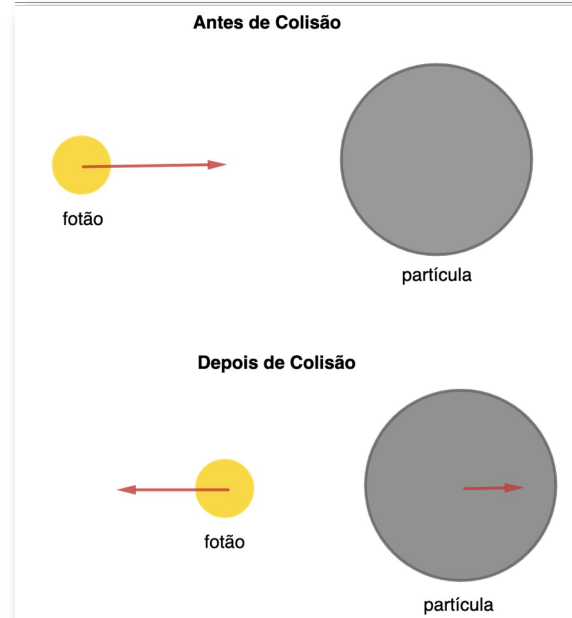


Dualidade Onda-Partícula



$$E = \frac{h}{\lambda}c \quad p = \frac{h}{\lambda}$$

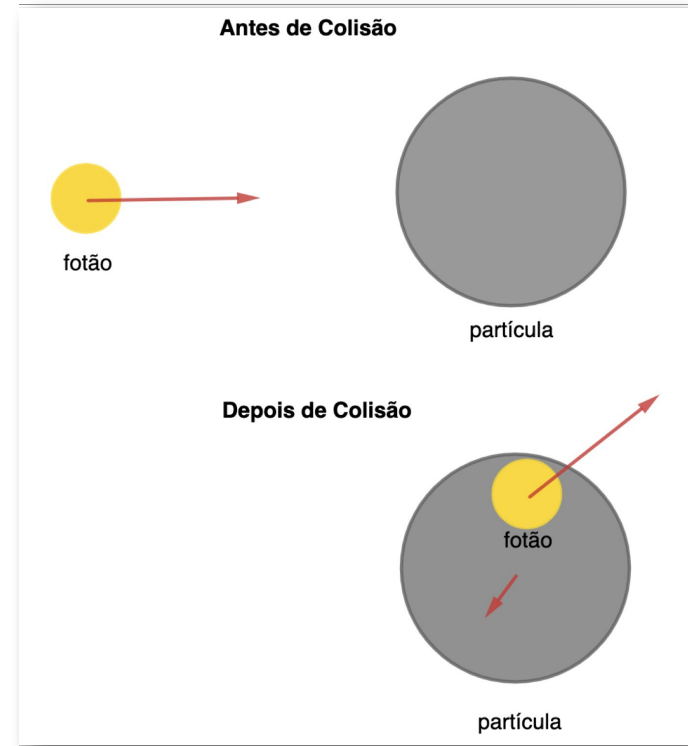
Conservação de Momento - Reflexão



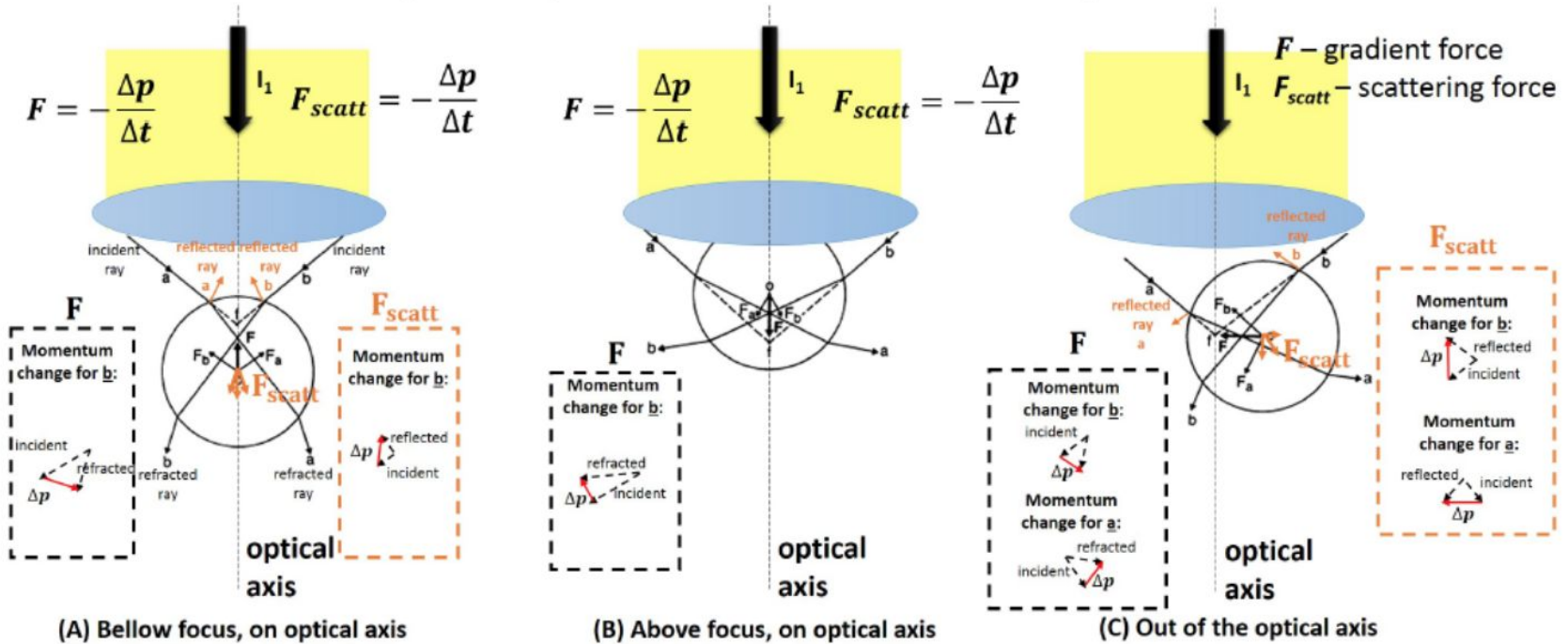
$$p_x^i = p_x^f + P_x^f$$

Conservação de Momento - Reflexão

$$p_x^i = p_x^f + P_x^f$$
$$0 = p_y^f + P_y^f$$



Conservação de Momento

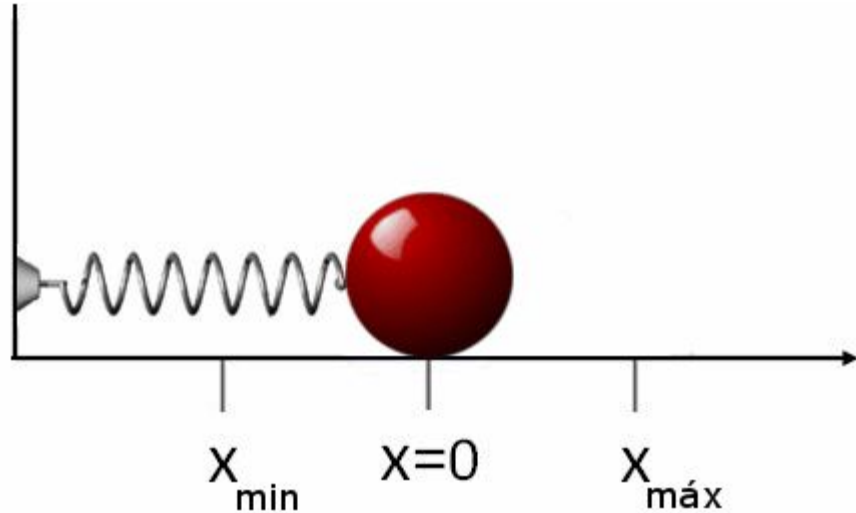


Lei de Hooke

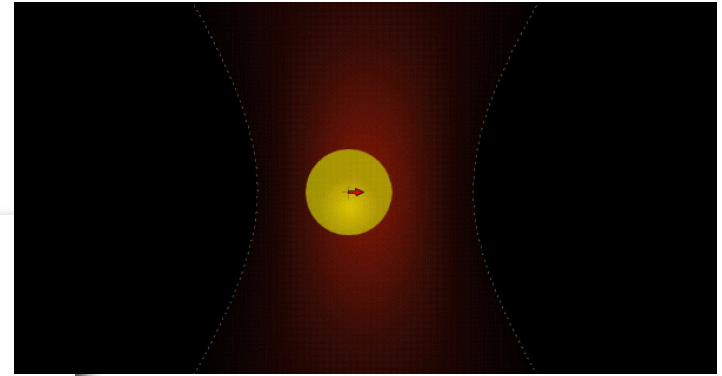
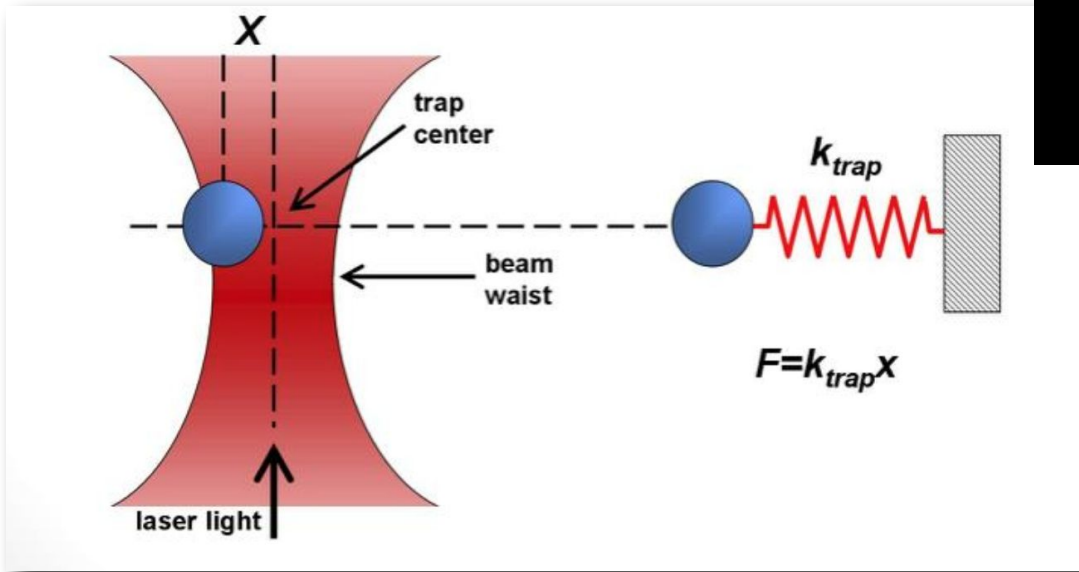
A Força exercida pela mola é diretamente proporcional ao deslocamento do ponto de equilíbrio.

$$F = kx$$

↑
constante de
acoplamento da mola
("stiffness")



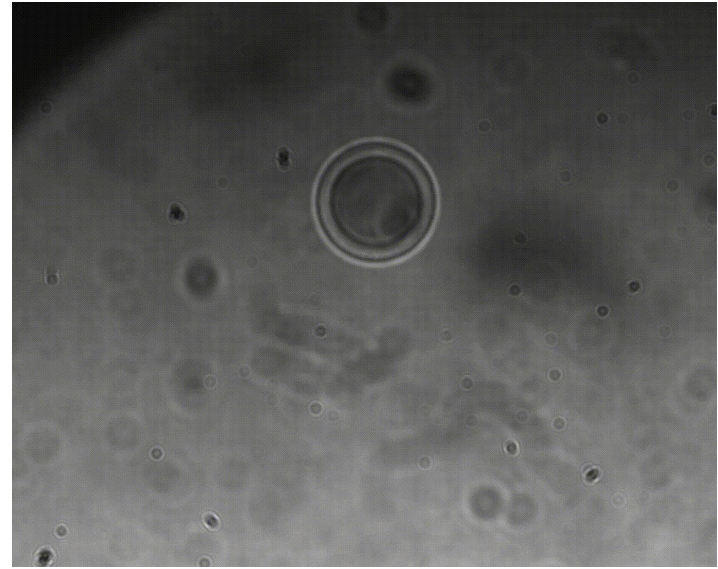
Lei de Hooke



Uma partícula no vácuo comporta-se da mesma forma que uma mola quando sujeita a uma força que a desloca do seu ponto de equilíbrio.

O Movimento Browniano e Teorema da Equipartição

A força aleatória exercida por estas colisões dão origem ao chamado “movimento Browniano”.



K_B → Constante de Boltzmann

T → Temperatura do meio aquoso

$$\frac{1}{2}m \langle v^2 \rangle = \frac{1}{2}K_B T$$

Método do Teorema da Equipartição

Para a determinação da constante elástica , precisamos determinar a variância da posição $\langle x^2 \rangle$:

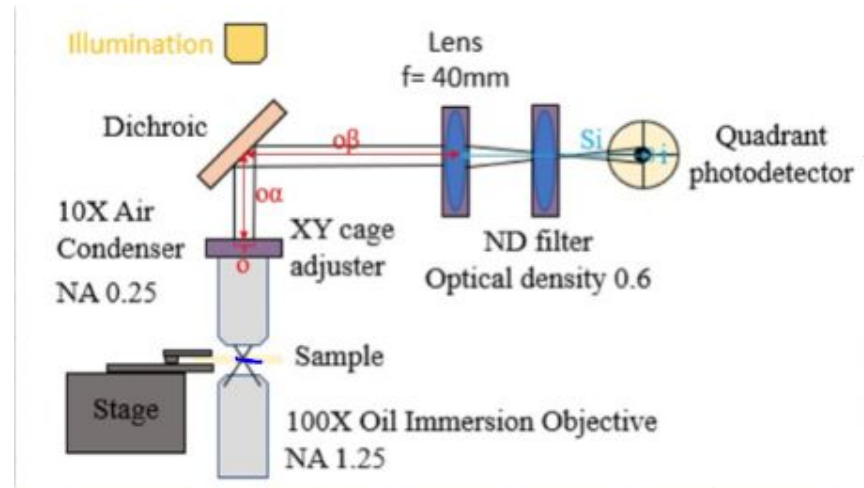
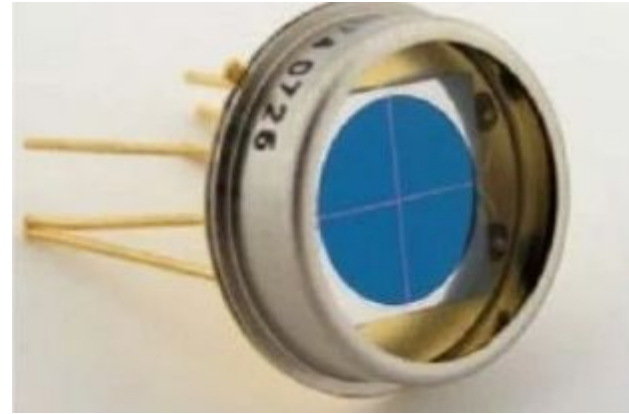
$$\frac{1}{2}k \langle x^2 \rangle = \frac{1}{2}K_B T$$

$$k = \frac{K_b T}{\langle x^2 \rangle}$$

Detector de Quadrantes

A variação da posição é muito pequena para ser detectada em vídeo, porém pode ser observada pelo detector de quadrantes.

O detector de quadrantes (QPD) detecta as diferenças de potência luminosa entre os quatro quadrantes.



Detetor de Quadrantes

Calibração

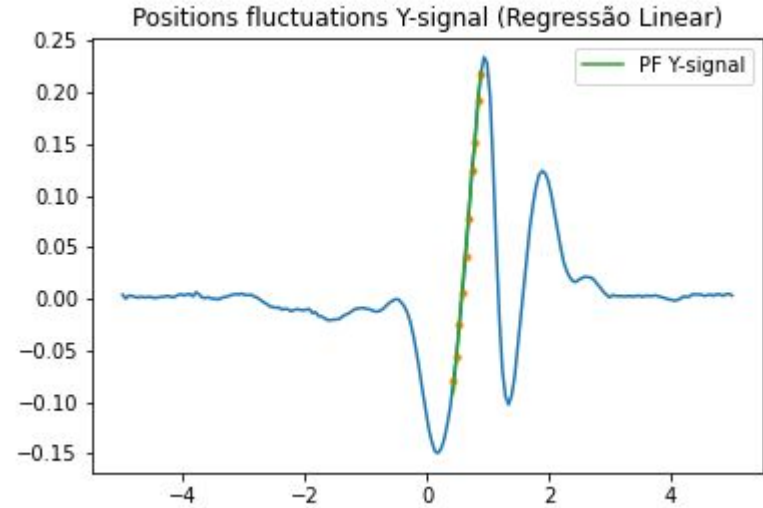
Se bem calibrado a diferença de voltagem entre os quadrantes irá dizer-nos a posição da partícula.

V = Voltagem

a = Declive

x = Posição(Nm)

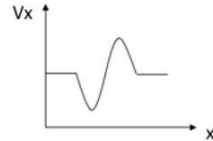
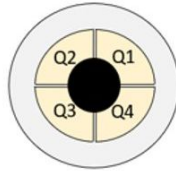
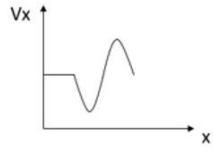
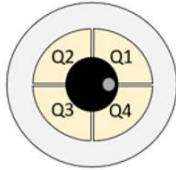
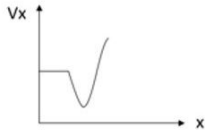
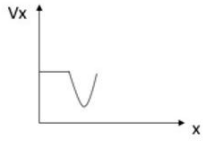
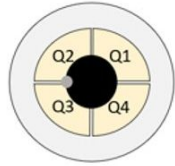
Regressão linear: reta que se aproxima melhor de determinado conjunto de pontos.



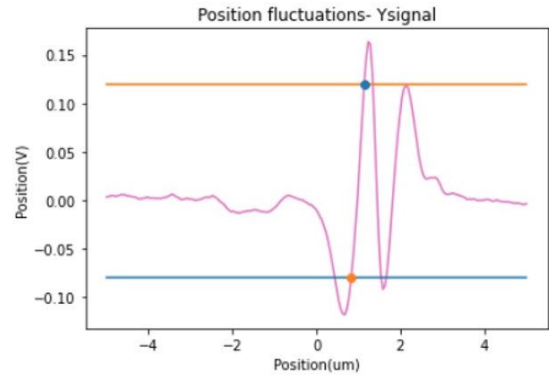
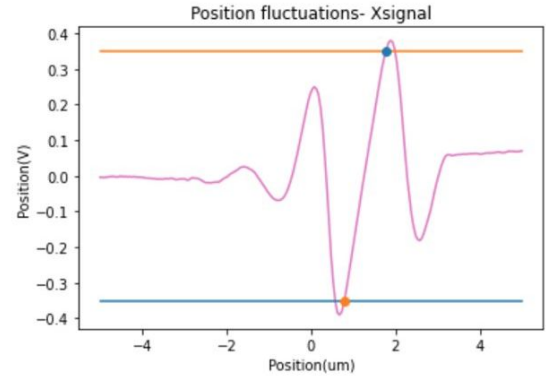
$$V = ax + V_0$$



$$\frac{V - V_0}{a} = x$$



Laser
 Particle

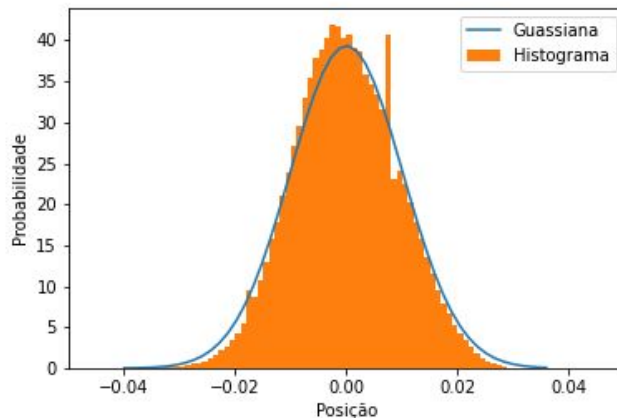
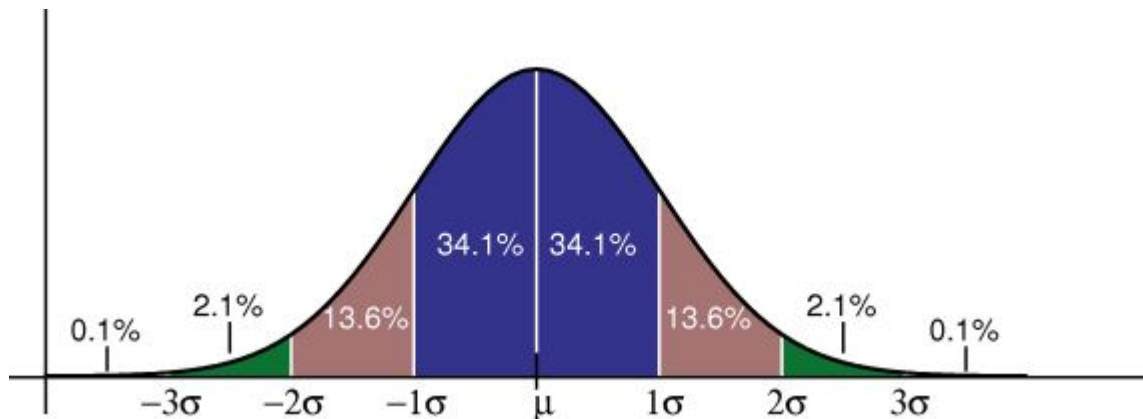


Gaussiana

A probabilidade de encontrar o partícula em uma posição x é dada pela função:

$$P(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi \langle x^2 \rangle}} e^{-\frac{x^2}{2\langle x^2 \rangle}}$$

Que se chama distribuição normal e é um caso particular de uma gaussiana.



Histograma

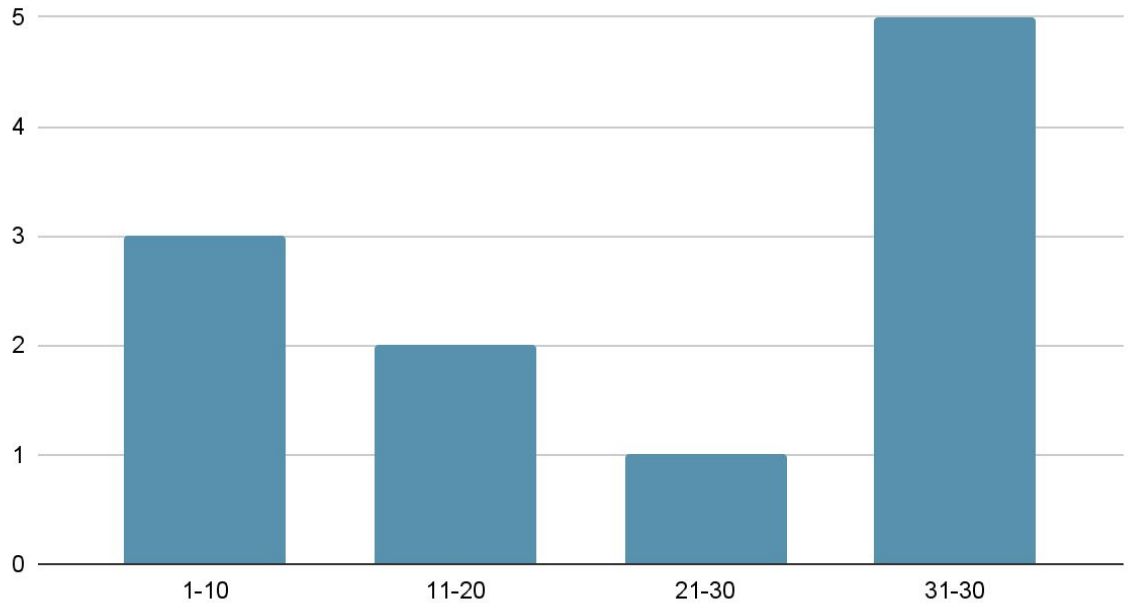
É um gráfico que dado uma lista de valores ele representa a quantidade em determinado intervalo.

Exemplo:

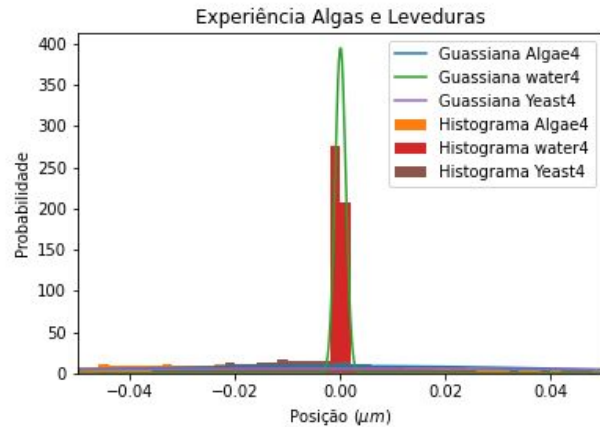
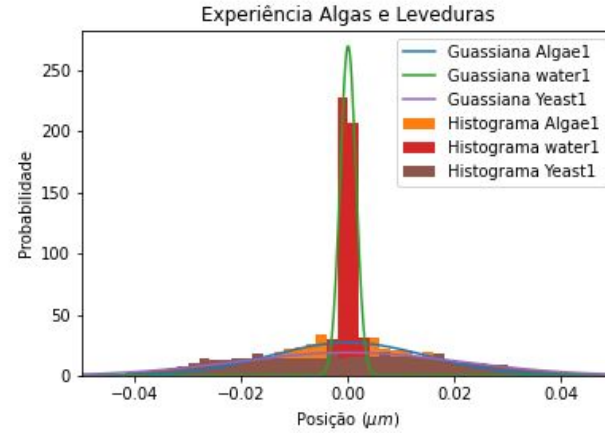
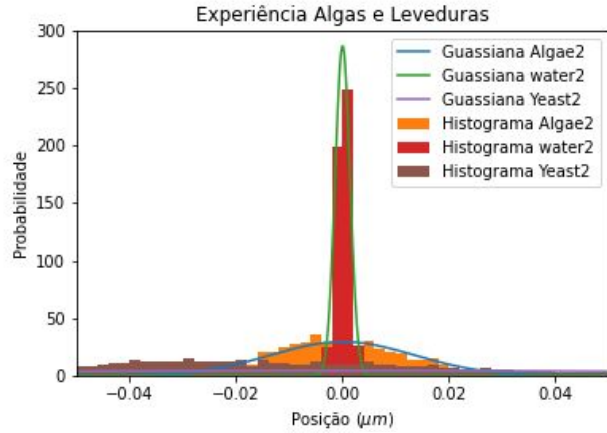
Dado um conjunto $X = \{ 1, 4, 6, 13, 14, 25, 31, 33, 36, 37, 39 \}$

Temos o seguinte Histograma:

Histograma o conjunto X:



Resultados das Experiências



Resultados das Experiências

