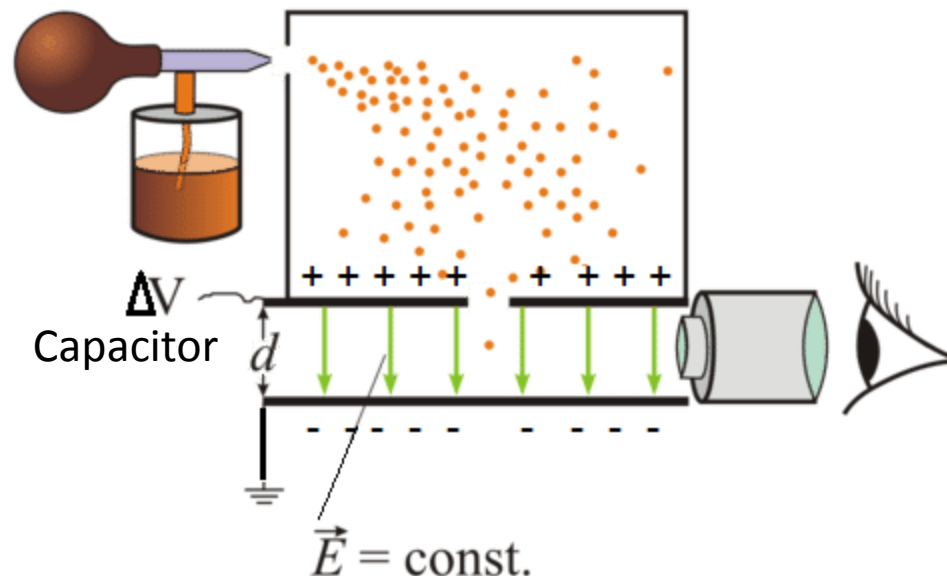


# Experimento de Millikan

Uma demonstração que a carga é  
quantizada

A carga elétrica transportada por um elétron, é uma constante fundamental na física. Durante os anos de 1909 a 1913, Millikan usou o experimento da gota de óleo para demonstrar a descrição do valor da carga do elétron, e fazer a primeira medição precisa do valor desta constante.

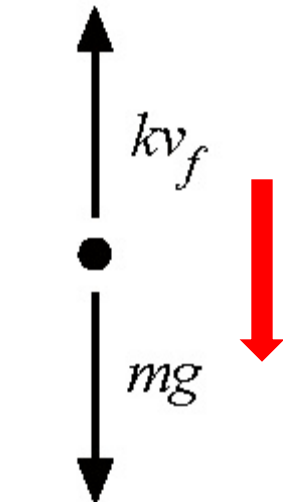
Nesse experimento, uma pequena gota carregada de óleo é observada em uma câmara fechada entre duas placas paralelas horizontais e submetidas a uma diferença de potencial  $\Delta V$ . Ao medir a velocidade da queda sob a gravidade e sua velocidade de ascensão quando as placas estão em diferença de potencial elétrico, os dados são obtidos a partir dos quais a carga elétrica das gotículas pode ser calculada.



Quando o campo elétrico é zero:

$$F_g = mg = F_d = 6\pi\eta Rv_f$$

- A viscosidade do meio é:  $\eta$
- A força viscosa é:  $F_d$
- A velocidade terminal é:  $v_f$
- A massa da gota de óleo é:  $m$
- A força peso é:  $F_g$
- A densidade da gota de óleo é:  $\rho$
- O raio da gota de óleo é:  $R$



$$F_g = F_d = 6\pi\eta Rv_f = kv_f$$

onde  $k = 6\pi\eta R$

Movimento da gota

$$m = \left(\frac{4}{3}\right)\pi R^3 \rho \quad \Rightarrow \quad \left(\frac{4}{3}\right)\pi R^3 \rho g = 6\pi\eta Rv_f$$

$$\Rightarrow \quad R = \sqrt{\frac{9\eta v_f}{2\rho g}} \quad \text{Raio da gotícula de óleo}$$

A velocidade terminal consiste na velocidade atingida por um objeto, no momento em que a somatória das forças que atuam sobre ele é nula, portanto o objeto não tem aceleração e está se movendo velocidade constante.

### Quando o campo elétrico é diferente de zero:

- A viscosidade do meio é  $\eta$
- A velocidade terminal em presença de campo elétrico é:  $v_r$
- A densidade da gota de óleo é  $\rho$
- O raio da gota de óleo é:  $R$
- A carga elétrica “ $q$ ” é um múltiplo da carga do elétron:  $q = n \cdot e$
- A diferença de potencial é:  $V$
- A separação entre os eletrodos:  $d$

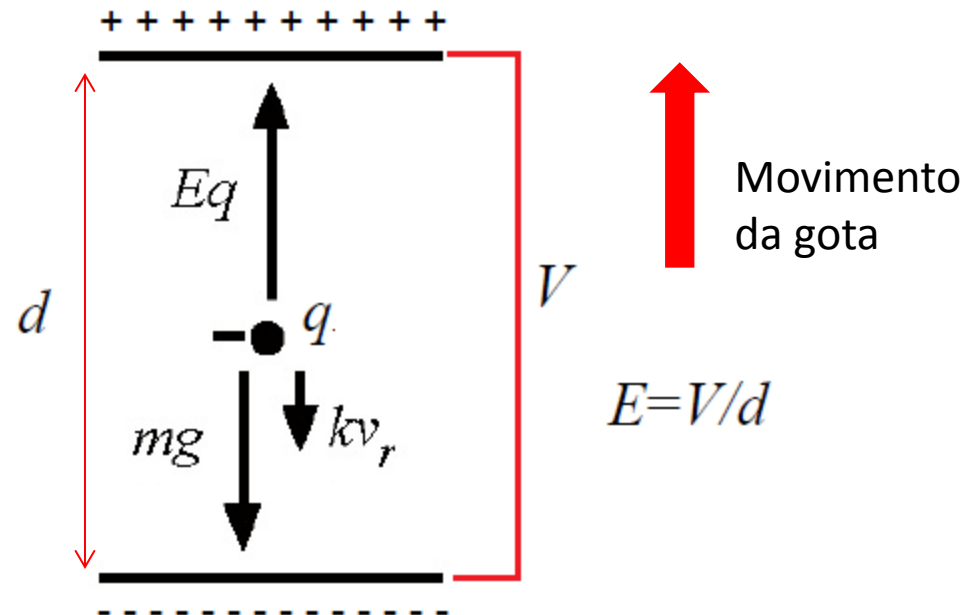
$$qE = F_g + kv_r$$

$$q = \frac{d}{V} (kv_f + kv_r)$$

$$q = \frac{d}{V} (v_f + v_r) k$$

$$q = \frac{d}{V} (v_f + v_r) 6\pi\eta \sqrt{\frac{9\eta v_f}{2\rho g}}$$

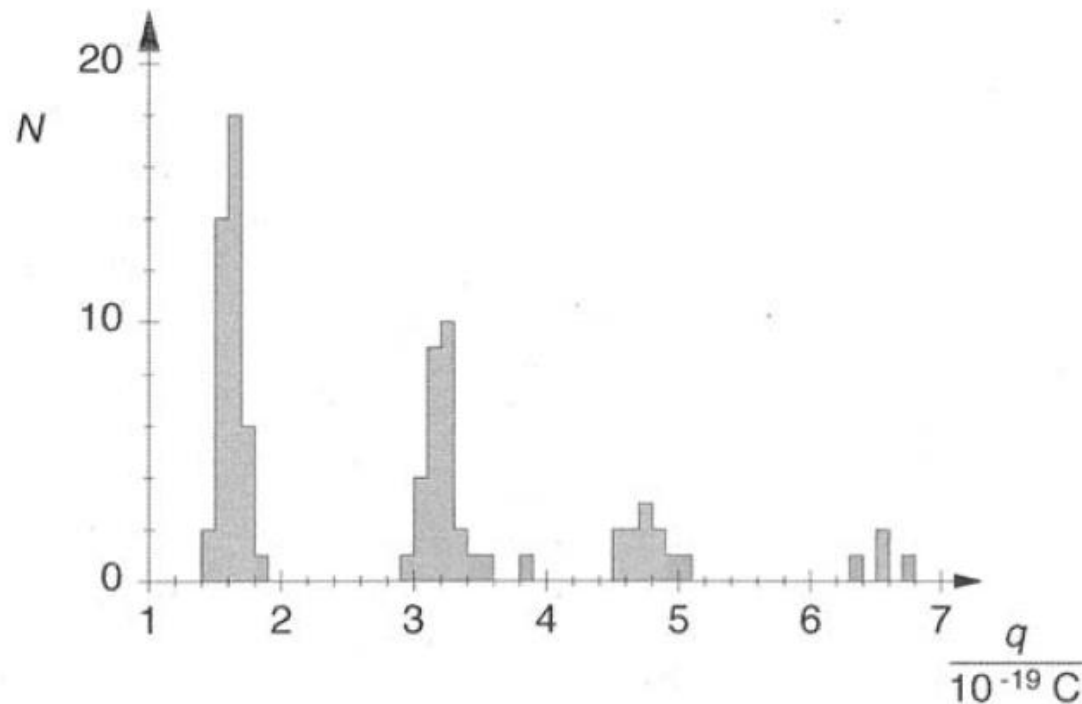
$$mg - qE + 6\pi\eta Rv_r = 0$$



\*As velocidades terminais:  $v_f$ ,  $v_r$  têm valores diferentes

$$q = (v_f + v_r) \frac{\sqrt{v_f}}{V} \eta^{3/2} \frac{18\pi d}{\sqrt{2\rho g}}$$

A carga total apresentada por cada gotícula de óleo não depende do raio e massa



$$d = 6 \text{ mm} = 6 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$\rho = 874 \text{ kg/m}^3$$

$$\eta = 1.81 \times 10^{-5} \text{ Ns/m}^2$$

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$e = 1.602 \times 10^{-19} \text{ C}$$

## Experimento:

- Borrifar gotículas de óleo dentro da câmara do capacitor
- A tensão aplicada ao capacitor é de 560 Volts
- Em ausência de campo elétrico, as gotículas de óleo caem verticalmente, a imagem do telescópio é de partículas subindo (isto é devido ao telescópio inverter a orientação da imagem).
- Em presença de campo elétrico as gotículas de óleo sobem verticalmente, a imagem do telescópio é de gotículas descendo.
- A velocidade terminal típica é da ordem de  $10^{-2}$  mm/s
- O telescópio tem uma escala de 100 unidades, que corresponde a um comprimento efetivo de 5 mm, cada unidade dessa escala corresponde a 0,05 mm.
- Importante: Cada partícula terá massa, volume e cargas diferentes, então para determinar a velocidade terminal é necessário acompanhar o movimento de subida e descida de **uma partícula específica** cada vez.

