



OBJETIVO

Confirmação do valor da carga elementar com auxílio de gotículas de óleo carregadas segundo Millikan

RESUMO

Robert Andrews Millikan conseguiu, nos anos de 1910 até 1913, confirmar a carga elementar com uma precisão até então inédita e, assim, confirmar a quantização da carga. A experiência que leva seu nome baseia na medição da quantidade de carga de gotículas de óleo carregadas, que ascendem no ar no campo elétrico de um capacitor de placas e descem sem campo elétrico. O Aparelho de Millikan usado nesta experiência é um aparelho compacto baseado na montagem experimental de Millikan que não depende de fonte de radiação radioativa.

capacitor de placas e descem sem campo elétrico. O Aparelho de Millikan usado nesta experiência é um aparelho compacto baseado na montagem experimental de Millikan que não depende de fonte de radiação radioativa.

TAREFAS

- Geração e seleção de gotículas carregadas adequadas e observação no campo elétrico.
- Medição da velocidade de ascensão no campo elétrico e da velocidade de descida sem campo elétrico.
- Confirmação do valor da carga elementar.

APARELHOS NECESSÁRIOS

Número	Instrumentos	Artigo N°
1	Aparelho de Millikan (230 V, 50/60 Hz) Aparelho de Millikan (115 V, 50/60 Hz)	U207001-230 ou U207001-115

FUNDAMENTOS GERAIS

Robert Andrews Millikan conseguiu, nos anos de 1910 até 1913, confirmar a carga elementar com uma precisão até então inédita e, assim, confirmar a quantização da carga. Por isto, ele recebeu o Prêmio Nobel de Física. A experiência que leva seu nome baseia na medição da quantidade de carga de gotículas de óleo carregadas, que ascendem no ar no campo elétrico de um capacitor de placas e descem sem campo elétrico. O valor por ele descoberto $e = (1,592 \pm 0,003) \cdot 10^{-19} \text{ C}$ só difere em 0,6% do valor conhecido hoje.

As forças que agem sobre uma gotícula de óleo que é assumida em forma de esfera e se encontra no ar no campo elétrico de um capacitor de placas, é a força da gravidade,

$$(1) \quad F_G = m_2 \cdot g = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r_0^3 \cdot \rho_2 \cdot g,$$

m_2 : massa da gotícula de óleo, r_0 : raio da gotícula de óleo, ρ_2 : densidade do óleo, g : aceleração da gravidade

a força ascendente no ar,

$$(2) \quad F_A = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r_0^3 \cdot \rho_1 \cdot g,$$

ρ_1 : densidade do ar

a força no campo elétrico E ,

$$(3) \quad F_E = q_0 \cdot E = \frac{q_0 \cdot U}{d},$$

q_0 : carga da gotícula de óleo, U : tensão elétrica aplicada entre as placas do capacitor, d : distância entre as placas do capacitor

e a força do atrito de Stokes

$$(4) \quad F_{R1,2} = 6 \cdot \pi \cdot \eta \cdot r_0 \cdot v_{1,2},$$

η : viscosidade do ar, v_1 : velocidade de ascensão, v_2 : velocidade de queda

Na ascensão da gotícula de óleo no campo elétrico, predomina o equilíbrio de forças

$$(5) \quad F_G + F_{R1} = F_E + F_A,$$

e, na queda sem campo elétrico

$$(6) \quad F_G = F_{R2} + F_A.$$

Disso, deriva-se, para o raio e a carga da gotícula de óleo:

$$(7) \quad r_0 = \sqrt{\frac{9}{2} \cdot \frac{\eta \cdot v_2}{(\rho_2 - \rho_1) \cdot g}}$$

e

$$(8) \quad q_0 = \frac{6 \cdot \pi \cdot \eta \cdot d \cdot (v_1 + v_2)}{U} \cdot r_0.$$

Raios r_0 muito pequenos estão na ordem de grandeza do comprimento médio do caminho livre das moléculas do ar, de forma que a força do atrito de Stokes precisa ser corrigida. Para o raio corrigido r e a carga corrigida q , resulta:

$$(9) \quad r = \sqrt{r_0^2 + \frac{A^2}{4}} - \frac{A}{2} \quad \text{com} \quad A = \frac{b}{p}$$

$b = 82 \mu\text{m} \cdot \text{hPa} = \text{constante}$, p : pressão do ar

$$(10) \quad q = q_0 \cdot \left(1 + \frac{A}{r}\right)^{-1,5}.$$

O Aparelho de Millikan usado nesta experiência é um aparelho compacto baseado na montagem experimental de Millikan que não depende de fonte de radiação radioativa. As gotículas de óleo carregadas são geradas com auxílio de um atomizador de óleo e seu estado casual de carga não é mais influenciado externamente em seguida. As gotículas de óleo são inseridas na câmara de experiência por cima, como na montagem de Millikan. A seleção e a determinação da carga das gotículas de óleo apropriadas ocorre por meio da observação com um microscópio de medição. Nisto, o tempo de ascensão é medido para cada gotícula de óleo com campo elétrico aplicado e o tempo de queda é medido sem campo elétrico para um percurso entre duas marcações selecionadas na escala ocular. A polaridade das placas do capacitor é selecionada em dependência do sinal da carga. Como alternativa, as gotículas de óleo a serem medidas podem ser mantidas em suspensão no campo elétrico.

O tempo de ascensão e queda medido de uma gotícula de óleo carregada, a tensão elétrica ajustada, bem como os parâmetros relevantes para a avaliação: temperatura, viscosidade e pressão são indicadas na tela touch-screen.

AVALIAÇÃO

A partir dos tempos de ascensão e de queda t_1 e t_2 medidos, é determinada respectivamente a velocidade de ascensão e queda

$$v_{1,2} = \frac{s}{V \cdot t_{1,2}},$$

s : percurso entre duas marcações selecionadas na escala ocular, $V = 2$: ampliação da objetiva

As cargas q_i determinadas a partir de medição (Tab. 1) são divididas por um número inteiro n_i de forma que os valores resultantes apresentem a menor dispersão possível ao redor do valor médio. Como medida da dispersão, aplica-se o desvio padrão. A melhor estimativa e para a carga elementar, bem como o erro padrão Δe é determinada a partir dos valores e_i das medições individuais e seus erros de medição Δe_i (Tab. 1) pela formação da média pesada, conforme segue:

$$e \pm \Delta e = \frac{\sum w_i \cdot e_i}{\sum w_i} \pm \frac{1}{\sqrt{\sum w_i}} \quad \text{com} \quad w_i = \left(\frac{1}{\Delta e_i}\right)^2.$$

A partir dos valores da Tab. 1, resulta daí:

$$e \pm \Delta e = \frac{1286}{799} \pm \frac{1}{28} = (1,61 \pm 0,04) \cdot 10^{-19} \text{ C}.$$

O resultado é mais expressivo com mais valores de medição, ou seja, quanto maior o escopo da amostra e quanto menor o número de cargas n na gotícula de óleo. Por conta das imprecisões sobretudo da distância das placas do capacitor da leitura na escala microscópica, n deve ser ≤ 7 .

Tab. 1: Cargas q_i medidas de dez gotículas de óleo diferentes e os valores e_i daí determinados para a carga elementar.

i	Polaridade	q_i 10^{-19} C	Δq_i 10^{-19} C	n	e_i 10^{-19} C	Δe_i 10^{-19} C
1	+	-11,1	0,9	-7	1,59	0,13
2	+	-7,9	0,6	-5	1,58	0,12
3	+	-6,2	0,4	-4	1,55	0,10
4	-	3,5	0,2	2	1,75	0,10
5	-	4,9	0,3	3	1,63	0,10
6	-	6,3	0,5	4	1,58	0,13
7	-	6,6	0,4	4	1,65	0,10
8	-	7,6	0,6	5	1,52	0,12
9	-	10,2	0,8	6	1,70	0,13
10	-	10,6	0,8	7	1,51	0,11