

João de Vasconcelos Coelho
Depto. de Física – UFMT
Cuiabá – MT

I. Introdução

Os resultados obtidos com a montagem de Millikan para a determinação da carga do elétron são conhecidos. A proposta deste trabalho é apresentar uma montagem simplificada e acessível ao estudante universitário e também ao de Ensino Médio, para que possa ser executada sem dificuldade.

II. A experiência

Em princípio, procura-se colocar gotas de óleo (ou outro líquido) entre duas armaduras de um capacitor em cujo interior é criado um campo elétrico. A gota sujeita aos campos elétrico e gravitacional experimenta uma aceleração com um movimento para cima e para baixo observado através de um microscópio. O tempo decorrido durante esse movimento é registrado através de um cronômetro. A determinação da velocidade na subida, com campo elétrico, e na descida, sob a ação do campo gravitacional, permite calcular o valor da carga elétrica na gota e posteriormente a carga do elétron. Para esse fim, fazemos um corte em um tubo de PVC e retiramos um pequeno cilindro de um centímetro de altura, no qual são feitos dois pequenos furos afastados de 90° .

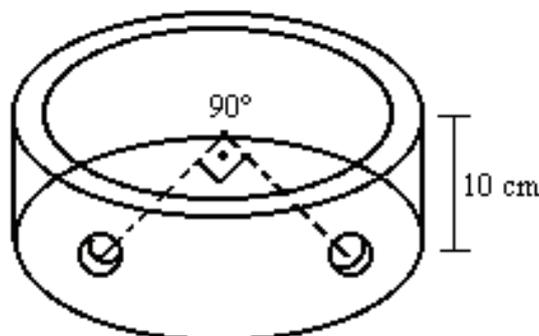


Fig. 1 - Pequena seção de um tubo PVC.

Como armaduras do capacitor, usam-se finas lâminas de alumínio, fáceis de serem recortadas e coladas, e, em contato com elas, pequenas extensões de fios para aplicação de uma tensão V , a fim de produzir um campo elétrico. O interior do capacitor é pintado de preto.

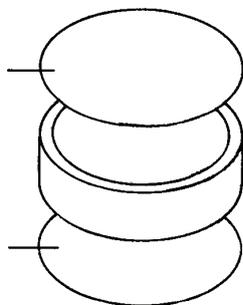


Fig. 2 - Armaduras de alumínio.

No capacitor do arranjo de Millikan há um pequeno furo na parte central da armadura superior para permitir a passagem das gotas que foram vaporizadas e que penetrarão em seu interior. Ao se realizar essa experiência, nota-se certa dificuldade em observar as gotas, que muitas vezes parecem não entrar no capacitor. Para evitar esse empecilho, eliminou-se o furo e a vaporização é feita diretamente pelo mesmo orifício através do qual são feitas observações com o microscópio, não acarretando nenhuma diferença na determinação da carga do elétron. Quando se procede dessa forma, o surgimento de gotas no campo de visão do microscópio é imediato. Para melhorarmos as observações, é útil esperarmos que a temperatura do capacitor seja igual a do ambiente em que se realiza o trabalho. Quando a temperatura do capacitor for menor que a do ambiente circunvizinho, menos gotas entrarão no capacitor, isto é, as mais leves ficarão de fora.

Embora a gota líquida, em muitos casos, seja transparente, nem sempre a iluminação é satisfatória. Se a gota não for perfeitamente transparente, o que vai depender do líquido usado durante o processo de iluminação, apenas uma parte dela ficará iluminada.

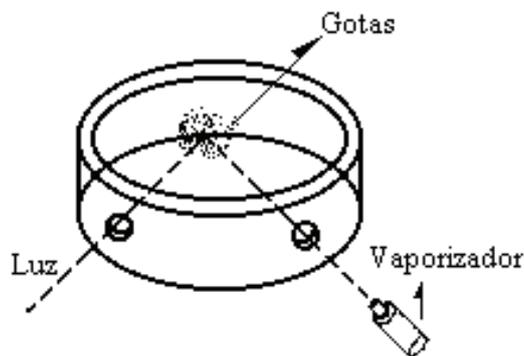


Fig. 3 - Sentido de vaporização das gotas.

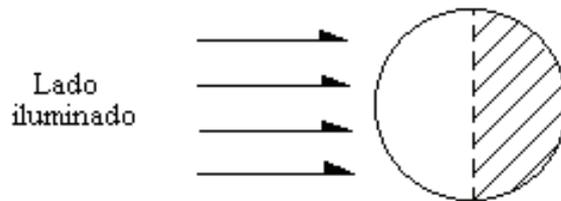


Fig. 4 - Iluminação apenas de um lado da gota.

Para melhorar o brilho da gota, colocam-se espelhos que fazem com que a luz incidente possa iluminar por reflexão também o outro lado da gota.

Para aumentar a quantidade de gotas vaporizadas na câmara interna do capacitor, aplica-se um leve aquecimento numa das armaduras, provocando uma pequena diferença de pressão e um suave fluxo de ar para o interior, impelindo as gotas para dentro.

Sendo a diferença de potencial entre as armaduras acima de 150 volts, podemos utilizar fontes com tensões inferiores a essa e obter bons resultados. Para isso, aquece-se a armadura superior com uma temperatura pouco acima da ambiente (normalmente o calor da mão é suficiente) e, como conseqüência, a velocidade de queda pela gravidade começa a diminuir e, em alguns casos, a gota fica parada no campo de visão. Para movimentá-la, basta uma pequena diferença de potencial; é claro que, nesse caso, devemos introduzir uma correção na densidade n do ar como função da temperatura.

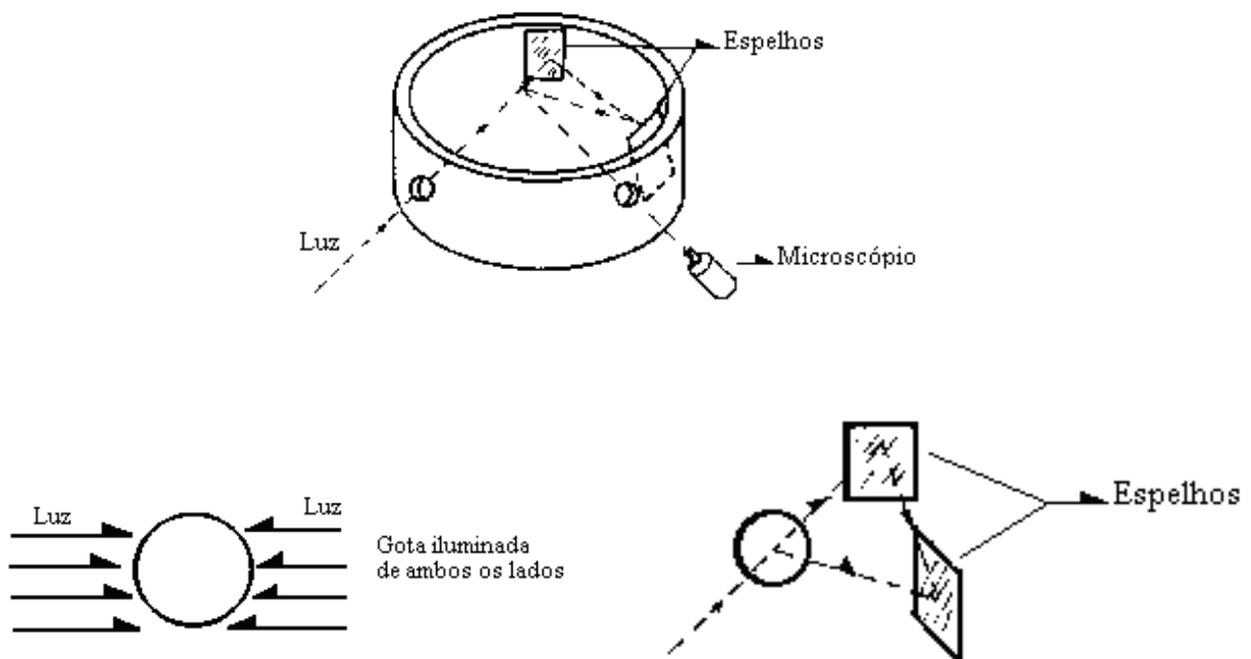


Fig. 5 - Espelhos para aumentar a iluminação da gota.

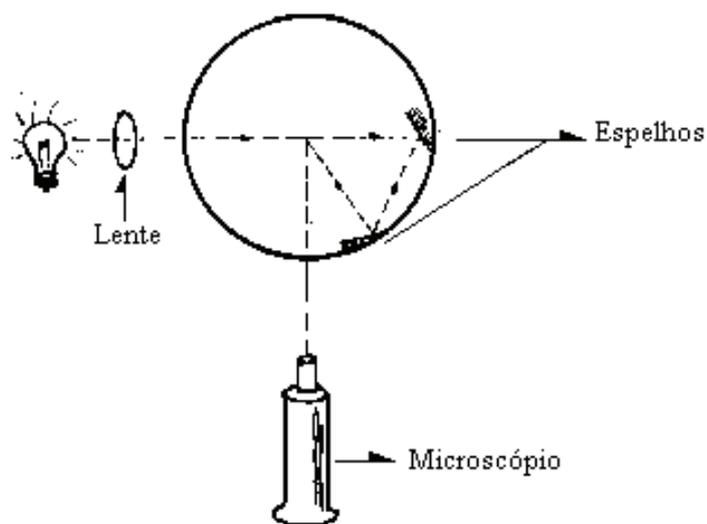


Fig. 6 - Reflexão de luz no interior da cápsula.

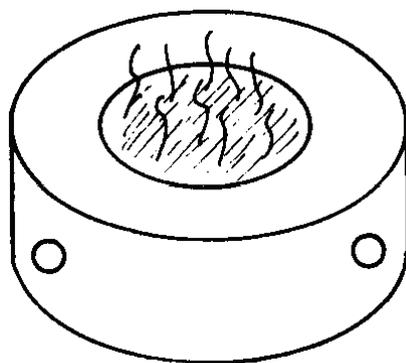


Fig. 7 - Pequena chapa aquecida sobre o capacitor.

É comum ocorrerem correntes de ar no interior da câmara. A fim de eliminarmos esse efeito, é conveniente colocar, diante do orifício por onde entra a luz, um pequeno pedaço de papel celofane ou outro material transparente, ficando, dessa forma, o ar interno isento de correntes aéreas.

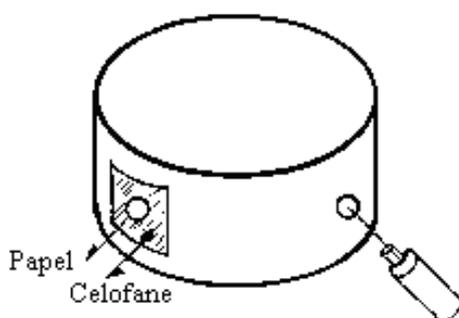


Fig. 8 - Proteção do orifício por onde entra a luz.

III. Desenvolvimento teórico

Quando uma esfera de raio r se move com uma velocidade v num fluido de viscosidade η (éta), experimenta uma força da intensidade

$$F = 6\pi\eta r v. \quad (1)$$

Essa expressão é chamada de lei de Stokes.

Para partículas pequenas, cujo raio é da ordem do livre caminho médio, uma correção deve ser introduzida no valor de η :

$$\eta' = \eta \left(1 + \frac{B}{r p}\right)^{-1}, \quad (2)$$

sendo B uma constante que poderá ser determinada empiricamente, a qual está relacionada com o empuxo produzido pelo fluido, e p a pressão exercida pelo fluido.

A gota de óleo de massa m contendo n cargas elétricas e possuindo uma densidade ρ , sob a ação do campo gravitacional, move-se também em um campo elétrico (dentro do capacitor) dado por

$$E = \frac{V}{d}, \quad (3)$$

no qual V é a diferença de potencial entre as armaduras do capacitor onde se encontra a gota e d é a distância entre as armaduras.

Se a velocidade da gota observada for constante, a soma das forças é nula. O campo elétrico E , paralelo ao campo gravitacional, possibilita unir as expressões (1), (2) e (3), resultando

$$v_{1,2} = \frac{n e \frac{V}{d} \pm mg}{6\pi r \eta'}. \quad (4)$$

$v_{1,2}$ representa as velocidades de subida e descida da gota de óleo dentro do capacitor.

A expressão (4) fornece o raio da gota de óleo:

$$r = \left(\frac{9 n' (v_1 - v_2)}{4 \rho g} \right) \frac{1}{2}, \quad (5)$$

no qual o raio r é proporcional à raiz quadrada da diferença das velocidades.

Para uma gota cujo raio é maior do que o livre caminho médio

$$\eta' \cong \eta,$$

a carga elétrica contida na gota será:

$$ne = 3\pi\eta\frac{d}{V}(v_1 + v_2)r.$$

Valores utilizados para cálculo:

$$\eta = 1,81 \times 10^3 \text{ Nsm}^{-2} \quad (\text{Viscosidade do ar})$$

$$\rho = 1,26 \times 10^3 \text{ Ns}^{-2}\text{m}^{-4} \quad (\text{Densidade do óleo})$$

$$g = 9,81 \text{ ms}^{-2} \quad (\text{Aceleração devido à gravidade})$$

$$s = 8 \times 10^{-4} \text{ m} \quad (\text{Distância percorrida pela gota dentro do capacitor})$$

IV. Referências Bibliográficas

1. BLACKWOOD; OSGOOD; RUARK. **Introdução à física do átomo**. Rio de Janeiro: Globo, 1960.
2. KAPLAN, I. **Física nuclear**. Espanha: Aguiar, 1962.
3. TIPLER, P. A. **Física moderna**. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1981.
4. WHER, M. R.; RICHARD Jr., J. A. **Física do átomo**. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico, 1965.