



OBJETIVO

Comprobación según Millikan del valor de la carga elemental por medio de gotitas de aceite cargadas

RESUMEN

Robert Andrews Millikan logró entre los años de 1910 a 1913 determinar el valor de la carga elemental con una exactitud hasta ese momento no alcanzada y en esta forma demostrar la cuantización de la carga eléctrica. El experimento bautizado con su nombre se basa en la medición de la cantidad de carga de gotitas de aceite cargadas, las cuales en el aire ascienden

en el campo eléctrico de un condensador de placas y sin campo eléctrico descienden. El aparato de Millikan utilizado aquí en el experimento es un aparato compacto basado en el montaje experimental de Millikan, el cual funciona sin una fuente de radiación radioactiva.

TAREAS

- Generación y selección de gotitas de aceite cargadas apropiadas y su observación en el campo eléctrico.
- Medición de la velocidad de ascenso en el campo eléctrico y de la velocidad de descenso sin campo eléctrico.
- Comprobación del valor de la carga elemental.

EQUIPO REQUERIDO

Número	Aparato	Artículo N°
1	Aparato de Millikan (230 V, 50/60 Hz)	1018884 ó
	Aparato de Millikan (115 V, 50/60 Hz)	1018882

FUNDAMENTOS GENERALES

Robert Andrews Millikan logró, entre los años de 1910 a 1913, determinar el valor de la carga elemental con una exactitud hasta ese momento no alcanzada y en esta forma demostrar la cuantización de la carga eléctrica. Él obtuvo por ello en premio Nobel de Física. El experimento bautizado con su nombre se basa en la medición de la cantidad de carga de gotitas de aceite cargadas, las cuales en el aire ascienden en el campo eléctrico de un condensador de placas y sin campo eléctrico descienden. El valor determinado por él $e = (1,592 \pm 0,003) \cdot 10^{-19}$ C se desvía en sólo 0,6% del valor conocido hoy en día.

Las fuerzas que actúan sobre una gotita de aceite, que se asume que tiene forma esférica y se encuentra en el aire en el campo eléctrico de un condensador de placas, son, la fuerza de su peso,

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

m_2 : Masa de la gotita de aceite, r_0 : Radio de la gotita de aceite, ρ_2 : Densidad del aceite, g : Aceleración de caída libre,

el empuje ascensional en el aire,

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

ρ_1 : Densidad del aire

la fuerza del campo eléctrico E ,

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

q_0 : Carga de la gotita de aceite, U : Tensión eléctrica entre las placas del condensador, d : Distancia entre las placas del condensador

y la fuerza de fricción de Stockes

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

η : Viscosidad del aire, v_1 : Velocidad de ascenso, v_2 : Velocidad de descenso

Durante el ascenso de la gotita de aceite en el campo eléctrico se establece el balance de fuerzas

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

y al descender sin campo eléctrico

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

De ello, se obtiene para el radio y la carga de la gotita de aceite:

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

y

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

Radioes muy pequeños r_0 se encuentran en el orden de magnitud del camino libre medio de las moléculas de aire, así que la fuerza de fricción de Stockes debe ser corregida. Para el radio corregido r y la carga corregida q se obtiene entonces:

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

$b = 82 \mu\text{m} \cdot \text{hPa} = \text{constante}$, p : Presión atmosférica

$$(10) \quad q = q_0 \cdot \left(1 + \frac{A}{r}\right)^{-1.5}$$

El aparato de Millikan utilizado aquí en el experimento es un aparato compacto basado en el montaje experimental de Millikan, el cual funciona sin una fuente de radiación radioactiva. Las gotitas de aceite cargadas se generan por medio de un pulverizador de aceite y su estado de carga aleatorio no se puede influir a continuación desde afuera. Las gotitas de aceite, como en el montaje de Millikan, se introducen por arriba en la cámara de experimentación. La selección y la determinación de la carga de gotitas de aceite apropiadas se realiza por medio de la observación con un microscopio de medición, midiendo para cada gotita de aceite el tiempo de ascenso con el campo eléctrico conectado y el tiempo de descenso sin el campo eléctrico, para un camino de desplazamiento entre dos marcas seleccionadas en la escala del ocular. La polaridad de las placas del condensador se elige de acuerdo con el signo de la carga. Alternativamente se pueden mantener en suspensión en el campo eléctrico las gotitas de aceite a medir.

Los tiempos de ascenso y descenso medidos de una gotita de aceite cargada, la tensión eléctrica conectada así como los parámetros relevantes para la evaluación, temperatura, viscosidad y presión atmosférica se muestran en la pantalla sensible al tacto.

EVALUACIÓN

De los tiempos de ascenso y descenso t_1 y t_2 se determina cada vez la velocidad de ascenso y descenso

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

s : Camino entre dos marcas seleccionadas en la escala del ocular, $V = 2$: Aumento del objetivo

y a partir de aquí la carga q de la gotita de aceite, de acuerdo con la ecuación (10).

Las cargas q_i (Tab. 1) determinadas de las medidas se dividen por el número entero n_i de tal forma que los valores resultantes presenten la más mínima dispersión alrededor del valor medio. Como medida de dispersión sirve la desviación estándar. El mejor valor estimado e para la carga elemental, así como el error Δe se determina de los valores e_i de las mediciones individuales y sus errores de medición Δe_i (Tab 1) realizando el valor medio ponderado, en la siguiente forma:

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

A partir de aquí, con los valores de la Tab. 1 se obtiene:

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

El resultado tiene aun más significación mientras más valores se tomen, es decir, mientras mayor es el volumen de las muestras y menor es el número n de cargas en las gotitas de aceite. Debido a las inexactitudes, especialmente de la medición de distancia entre las placas del condensador y de la lectura en la escala del microscopio se debe hacer $n \leq 7$.

Tab. 1: Cargas q_i medidas con diez diferentes gotitas y los valores e_i determinados para la carga elemental.

i	Polaridad	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