

Laborbericht Physik TGE12/2 A

Titel: Millikan Versuch

Bearbeiter: Dominik Eisele

Mitarbeiter:

Datum Versuchsdurchführung: 11.04.2016

Datum Abgabe: 20.06.2016

Ich erkläre an Eides statt, den vorliegenden Laborbericht selbst angefertigt zu haben. Alle fremden Quellen wurden in diesem Laborbericht benannt.

Hochdorf, 19. Juni 2016 Dominik Eisele

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	2
1.1	Formeln	2
2	Material und Methoden	3
2.1	Material	3
2.2	Aufbau	3
2.3	Durchführung	4
2.4	Herleitung der Formel für die Ladung	5
3	Messwerte	6
4	Auswertung	7
4.1	Wertetabelle	7
4.2	Diagramm	8
5	Quellen	9

1 Einführung

Der Millikan Versuch wurde erstmals im Jahr 1910 von den beiden amerikanischen Physikern Robert Andrews Millikan und Harvey Fletcher durchgeführt. Dabei gelang es den beiden Physikern die Elementarladung e auf $e = 1,592 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ zu bestimmen. Für diesen Versuch erhielt Millikan 1923 den Nobelpreis für Physik.

Der heutzutage gemessene Wert beträgt $e = 1,602\,176\,620\,8 \cdot 10^{-19} \text{ C}$. Dieser Wert wird von der CODATA (Committee on Data for Science and Technology) empfohlen, bestimmt wurde er mit Hilfe des Quanten-Hall-Effekts.

1.1 Formeln

Schweben mit Elektrischem Feld:

$$\begin{aligned} |F_{EL}| &= |F_G| \\ q \cdot E &= m \cdot g \end{aligned}$$

Fallen ohne Elektrisches Feld:

$$\begin{aligned} |F_{R0}| &= |F_G| \\ 6\pi \cdot \eta \cdot r \cdot v_0 &= m \cdot g \end{aligned}$$

Daraus folgt:

$$q = \frac{9\sqrt{2}\pi d}{U} \sqrt{\frac{2\eta^3 v_0^3}{(\rho_{\text{Öl}})g}}$$

2 Material und Methoden

2.1 Material

Der Versuch wurde mit Hilfe des Java-Applets von Carsten Groß durchgeführt. Dieses ist unter der Internetadresse http://ne.lo-net2.de/selbstlernmaterial/p/e/mi/java1/mi_java1.html zu finden.

2.2 Aufbau

Der Aufbau des Versuchs ist in Abbildung 1 zu sehen. Links ist der Ausschnitt eines Mikroskopes zu sehen, der von gleichmäßig angeordneten Skalenstrichen durchzogen ist. Diese Skalenstriche dienen zur Messung der Strecke die die Tröpfchen zurücklegen und sind in einer Entfernung von jeweils $5,333 \cdot 10^{-5} \text{ m}$ angeordnet. Daraus kann man mit dem rechts davon angebrachten Timer die Geschwindigkeit v_0 eines Teilchens bestimmen. Diesen Timer kann man durch unterschiedliche Methoden starten. Die erste Variante ist das manuelle Drücken eines Buttons, die zweite Variante ist der Start bei Polaritätswechsel und die dritte Variante ist der Start beim Spannungsabschalten. Die zu beobachtenden Öltröpfchen, mit einer zufälligen Elementarladung, kann man über den Button „Pumpe“, von unten, in den Mikroskopausschnitt einbringen. Über den Spannungswahlregler kann man nun der, nach oben wirkenden Schwerkraft, entgegen wirken. Die gewählte Spannung liegt an zwei Kondensatorplatten an (nicht sichtbar im Java-Applet), die parallel zu den Skalenstrichen, außerhalb des Mikroskopausschnittes platziert sind.

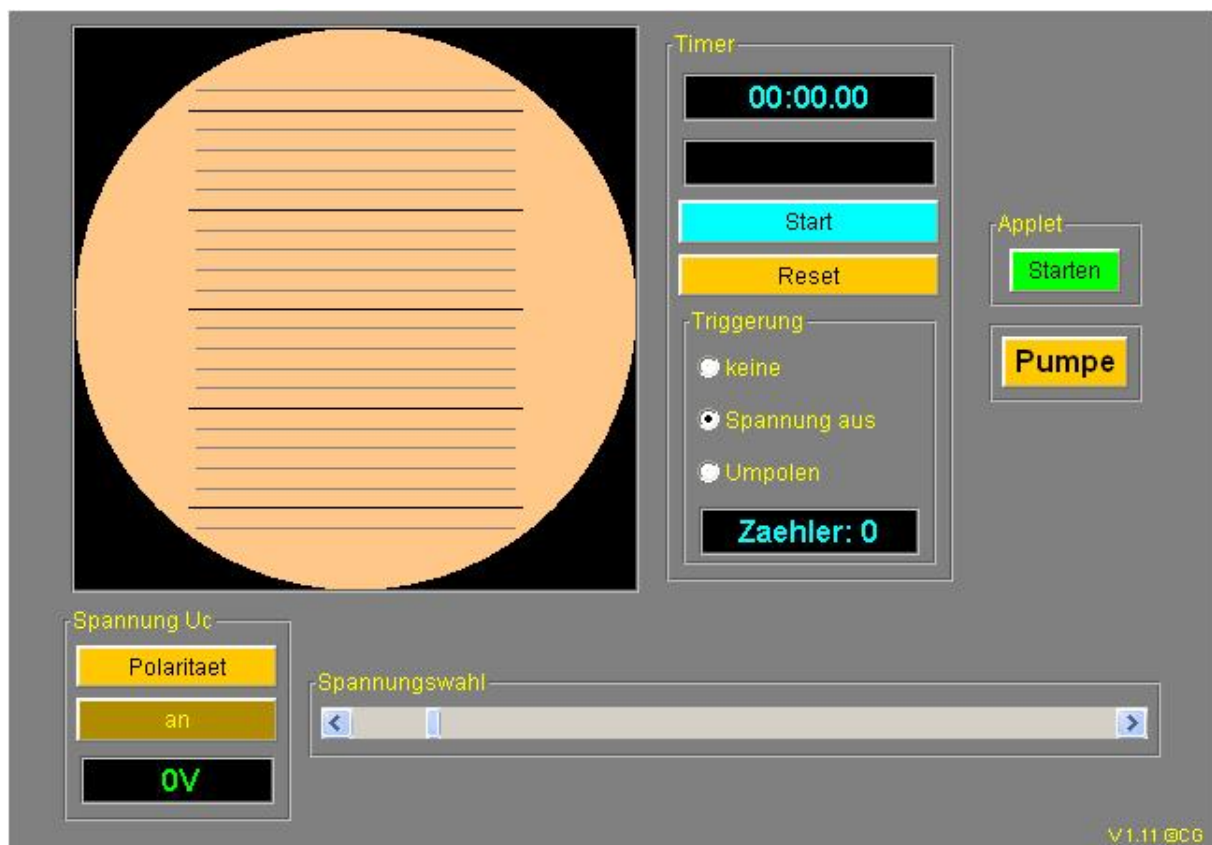


Abbildung 1: Versuchsaufbau

2.3 Durchführung

Über den Button „Pumpe“ wurden Öltröpfchen in den unteren Bereich des Ausschnittes des Mikroskops gegeben. Anschließend wurde die Triggerung auf „Spannung aus“ gestellt, und ein Öltröpfchen wurde auf einem Skalenstrich in der Schwebe gehalten. Dann wurde die Spannung U_C abgeschaltet, sodass dass Öltröpfchen ausschließlich die Kraft F_G erfährt. Nachdem das Tröpfchen nun Anzahl n Skalenstriche passiert hat wurde die Zeitmessung gestopt. Über diese beide Werte kann nun mit der Formel $v_0 = \frac{n \cdot 5,333 \cdot 10^{-5} \text{ m}}{t}$ die Geschwindigkeit v_0 berechnen. Setzt man die Geschwindigkeit v_0 und die Spannung U_C nun in die Gleichung $q = \frac{9\sqrt{2}\pi d}{U} \sqrt{\frac{2\eta^3 v_0^3}{(\rho_{\text{Öl}})g}}$ ein, so erhält man die Ladung q des Öltröpfchens.

2.4 Herleitung der Formel für die Ladung

$$q \cdot E = m \cdot g \quad (1)$$

$$6\pi \cdot \eta r v_0 = m \cdot g \quad (2)$$

In (1) m mit $m = P_{\ddot{O}l} \cdot \frac{4}{3}\pi r^3$ und E mit $E = \frac{U}{d}$ ersetzen und nach q auflösen:

$$q \cdot \frac{U}{d} = P_{\ddot{O}l} \cdot \frac{4}{3}\pi r^3 \quad (3)$$

$$q = \frac{P_{\ddot{O}l} \cdot \frac{4}{3}\pi r^3 d}{U} \quad (4)$$

In (2) m mit $m = P_{\ddot{O}l} \cdot \frac{4}{3}\pi r^3$ ersetzen und nach r auflösen:

$$6\pi \cdot \eta r v_0 = P_{\ddot{O}l} \cdot \frac{4}{3}\pi r^3 g \quad (5)$$

$$r = \sqrt{\frac{8 \cdot \eta v_0}{P_{\ddot{O}l} \cdot g}} \quad (6)$$

(6) in (4) einsetzen und umformen:

$$q = \frac{P_{\ddot{O}l} \cdot \frac{4}{3}\pi \sqrt{\frac{8 \cdot \eta v_0}{P_{\ddot{O}l} \cdot g}}^3 d}{U} \quad (7)$$

$$q = \frac{9\sqrt{2}\pi d}{U} \sqrt{\frac{2\eta^3 v_0^3}{(\rho_{\ddot{O}l}) g}} \quad (8)$$

3 Messwerte

Die 8 Messreihen sind in Tabelle 1 zu sehen.

Dabei ist n die Anzahl an übertretenen Skalensteilen, t die dafür benötigte Zeit und U die an den Kondensator angelegte Spannung.

n	t in s	U in V
5	2,09	465,0
5	2,96	280,0
5	1,99	250,0
5	2,83	73,0
5	2,66	153,0
5	3,00	90,0
5	2,50	379,0
5	5,73	26,0

Tabelle 1: Messwerte

4 Auswertung

4.1 Wertetabelle

Weg in m	v_0 in $\frac{m}{s}$	r in m	F_G in N	q in C
$2,67 \cdot 10^{-4}$	$12,758 \cdot 10^{-5}$	$6,96 \cdot 10^{-7}$	$1,214 \cdot 10^{-14}$	$1,566 \cdot 10^{-19}$
$2,67 \cdot 10^{-4}$	$9,008 \cdot 10^{-5}$	$5,85 \cdot 10^{-7}$	$7,202 \cdot 10^{-15}$	$1,543 \cdot 10^{-19}$
$2,67 \cdot 10^{-4}$	$13,399 \cdot 10^{-5}$	$7,14 \cdot 10^{-7}$	$1,307 \cdot 10^{-14}$	$3,136 \cdot 10^{-19}$
$2,67 \cdot 10^{-4}$	$9,422 \cdot 10^{-5}$	$5,98 \cdot 10^{-7}$	$7,704 \cdot 10^{-15}$	$6,332 \cdot 10^{-19}$
$2,67 \cdot 10^{-4}$	$10,024 \cdot 10^{-5}$	$6,17 \cdot 10^{-7}$	$8,455 \cdot 10^{-15}$	$3,316 \cdot 10^{-19}$
$2,67 \cdot 10^{-4}$	$8,888 \cdot 10^{-5}$	$5,81 \cdot 10^{-7}$	$7,059 \cdot 10^{-15}$	$4,706 \cdot 10^{-19}$
$2,67 \cdot 10^{-4}$	$10,666 \cdot 10^{-5}$	$6,37 \cdot 10^{-7}$	$9,279 \cdot 10^{-15}$	$1,469 \cdot 10^{-19}$
$2,67 \cdot 10^{-4}$	$4,654 \cdot 10^{-5}$	$4,20 \cdot 10^{-7}$	$2,674 \cdot 10^{-15}$	$6,171 \cdot 10^{-19}$

Tabelle 2: Berechnungen

In Tabelle 2 sind die, mit Hilfe der Daten aus Tabelle 1, berechneten Werte. Dafür wurden folgende Formeln verwendet:

$$\text{Weg} = n \cdot 5,333 \cdot 10^{-5} \text{ m}$$

$$v_0 = \frac{n \cdot 5,333 \cdot 10^{-5} \text{ m}}{t}$$

$$r = \sqrt{\frac{9}{2} \cdot \frac{\eta \cdot n \cdot 5,333 \cdot 10^{-5} \text{ m}}{P_{\text{Öl}} \cdot g}}$$

$$F_G = m \cdot g$$

$$q = \frac{9\sqrt{2}\pi d}{U} \sqrt{\frac{2\eta^3 v_0^3}{(\rho_{\text{Öl}}) g}}$$

4.2 Diagramm

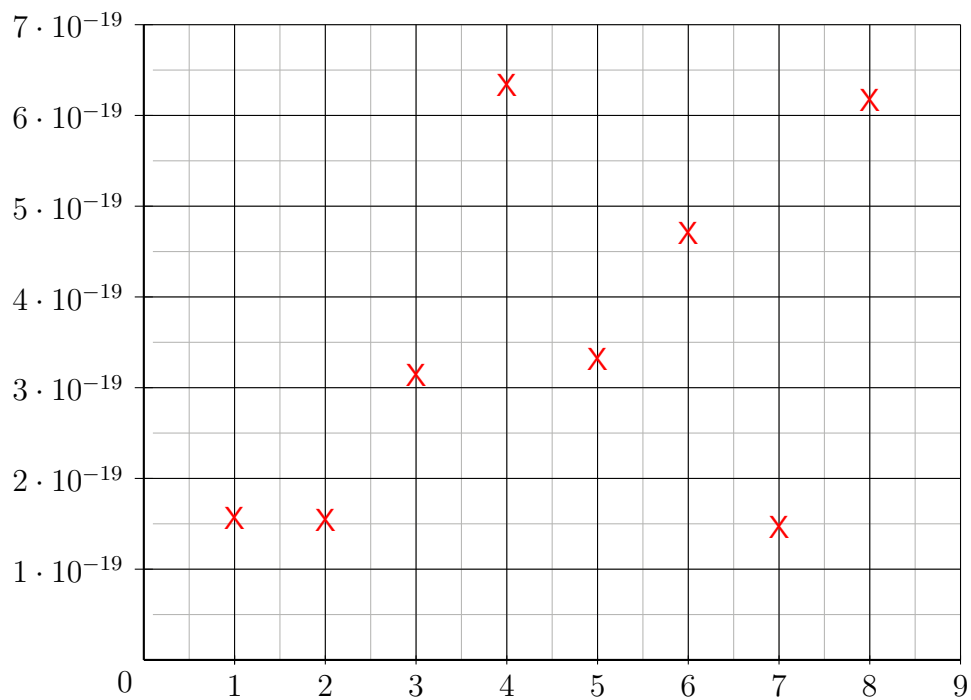


Abbildung 2: Diagramm Ladung

In Diagramm 2 sind die Ladungen der Öltröpfchen eingezeichnet. Die Messwerte stehen in keinem Zusammenhang zueinander, ihre einzige Gemeinsamkeit ist, dass alle Ladungen ein Vielfaches der Elementarladung e sind.

5 Quellen

- Millikan, R. A. (1911): The Isolation of an Ion, a Precision Measurement of its Charge, and the Correction of Stokes's Law in: Physical Review (Series 1) Vol. 32, Issue 4, April 1911, S. 349-397 (doi:10.1103/PhysRevSeriesI.32.349), eingereicht im Nov. 1910
- <http://physics.nist.gov/cgi-bin/cuu/Value?e>, abgerufen am 19.06.2016