

Der Millikan- Versuch

1) Robert Andrews Millikan (amerik. Physiker; 1868- 1953)

Robert Millikan wurde am 22. März 1868 in Morrison, Illinois, geboren und studierte an der Columbia University und den Universitäten von Berlin und Göttingen. 1896 tritt er der Fakultät der Universität von Chicago bei, wo er 1910 die Professur für Physik erhält und mit A. A. Michelson zusammenarbeitet. Bis 1921 verbringt er hier seine wirksamste Zeit:



1909 beginnt er mit der Messung der Elektronenladung und bestimmt mit seinem Öltröpfchenversuch 1910 die Elementarladung. Durch seine Untersuchungen zum Photoeffekt kann er 1915 das Einsteinsche Gesetz bestätigen und ermittelt außerdem experimentell den Wert des Planckschen Wirkungsquantums.

1921 wird er Leiter des Norman Bridge Laboratory of Physics am California Institute of Technology in Pasadena und erhält 1923 als zweiter Amerikaner (nach Michelson 1907) den Nobelpreis für Physik für seinen Millikan- Versuch. Am 19. Dezember 1953 stirbt Millikan in Pasadena.

Weitere Themen seiner Forschung waren kosmische Strahlen und Röntgenstrahlung, zudem verfasste er technische Studien und

mehrere Bücher über das Verhältnis zwischen Wissenschaft und Religion.

2) Vorgeschichte des Versuchs:

Die Idee der geladenen Teilchen als Ursache der elektrischen Ladung stammt ursprünglich von Benjamin Franklin (1750). Diese Teilchen erhalten aber erst 1881 den Namen Elektronen und fast 150 Jahre nach der Idee kann J. J. Thomson zwar den Teilchencharakter beweisen, nicht aber die Höhe der Ladung definieren.

1903 bestimmt H. A. Wilson in einem Experiment die Ladung eines Elektrons, die auf Grund ungenauer Messungen zwischen $0,66 \cdot 10^{-19}$ und $1,47 \cdot 10^{-19}$ C beträgt.

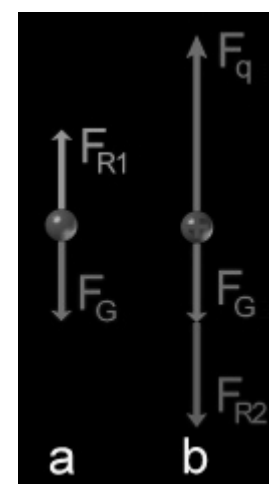
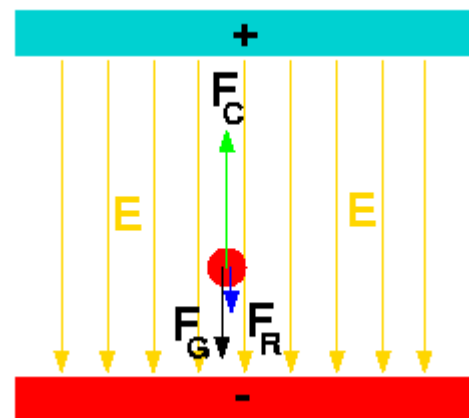
Erst 1909 beginnt Millikan mit der Verbesserung dieses Experiments und erhält so 1910 einen Wert für die Elementarladung eines Teilchens von $1,63 \cdot 10^{-19}$ C, welchen er bis 1917 auf $1,59 \cdot 10^{-19}$ C verbessert.

3) Der Versuch

Theorie:

In ein elektrisches Feld zwischen zwei waagerechten Kondensatorplatten (vor Luftzug geschützt) werden durch eine kleine Öffnung Öltröpfchen von einigen μm Durchmesser gesprüht. Einige Tröpfchen sinken weiter (neutral), andere sinken schneller nach unten (positiv geladen) und einige steigen nach oben (negativ geladen). Sie sind durch den Vorgang der Zerstäubung elektrisch geladen.

Mit dem Mikroskop konzentriert man sich nun auf ein negativ geladenes Tröpfchen und bringt es durch Spannungsänderung zum Schweben. Dieser



Zustand wird erreicht, wenn die elektrische Kraft $F_q = Q \cdot E$ gleich der Summe aus Gewichtskraft F_g

und der Reibungskraft F_{R2} ist: $F_q = F_{R2} + F_g$ (Abb. b).

Die Gewichtskraft ist aber auch gleich der Reibungskraft bei einem konstant sinkenden Teilchen

(ohne E-Feld): $F_g = F_{R1}$ (Abb. a).

Anhand des Stokeschen Gesetzes, welches die Reibungskraft von fallenden Körpern in viskosen Flüssigkeiten beschreibt, lässt sich F_R aus der Geschwindigkeit v , dem Radius r und der Viskosität

η berechnen: $F = 6\pi\eta r v$

Setzt man das Stokesche Gesetz nun in die vorherige Gleichung ein: $m_{\text{Öl}} \cdot g = 6\pi\eta r v_1$

Unter Verwendung der Dichte und des Volumens: $\rho_{\text{Öl}} \cdot \frac{4}{3}\pi r^3 \cdot g = 6\pi\eta r v_1$

$$r = 3 \sqrt{\frac{\eta \cdot v_1}{2\rho_{\text{Öl}} \cdot g}}$$

Diese Gleichung lässt sich nun nach r umstellen:

Aus $F_q = F_{R2} + F_g$ folgt unter Berücksichtigung der Tatsache, dass $F_g = F_{R1}$, für die

Berechnung der Ladung q : $q = \frac{F_{R2} + F_{R1}}{E}$

Zusammen mit dem Stokeschen Satz ergibt sich: $q = 6\pi\eta r \cdot \frac{v_2 + v_1}{E}$

Anschließend setzt man für den Radius r noch die obere Formel ein und erhält die vollständige

$$q = \frac{8\pi}{\sqrt{2}} \cdot \sqrt{\frac{\eta^3 \cdot v_1}{\rho_{\text{Öl}} \cdot g}} \cdot \frac{v_2 + v_1}{E}$$

Formel zur Berechnung der Ladung des Öltröpfchens:

Praxis:

Millikan hat nun eine Batterie mit 10 000V an seine Kondensatorplatten, deren Abstand $d=1,6$ cm betrug, angeschlossen und mit dem Mikroskop die Zeit (t_1) gemessen, in der ein Tröpfchen unter Einwirkung der Gravitationskraft 1,303 cm gefallen ist. Anschließend fiel das Tröpfchen in einen Strahl von Röntgenstrahlen, wurde so ionisiert und Millikan bestimmte die Steigzeit (t_2). Damit konnte er Geschwindigkeiten v_1 und v_2 errechnen und unter Kenntnis der Dichte ρ des Öls, der Viskosität η der Luft und der Feldstärke E die Ladung des Tröpfchens bestimmen.

Nach mehreren Messungen kam Millikan zu dem Ergebnis, dass alle Werte für die Ladung Q ganzzahlige Vielfache einer Ladung sind. Da er keine Ladung ermitteln konnte, die unter diesem Wert lag, musste dies die Ladung eines Elektrons sein. Diese **Elementarladung** bestimmte er mit $e = 1,59 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.

Dieser Wert wurde in heutigen Messungen mit $1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ bestimmt, wobei der Versuchsaufbau noch aus den selben Elementen besteht. Nur die Kondensatorplatten sind kleiner und der Abstand d wurde auf ungefähr 1 mm verringert. Dadurch ist weniger Spannung nötig, um das gleiche elektrische Feld zu erzeugen (bis ca. 600 V).

Quellen: Physik Dorn•Baader 12/13 // Brockhaus (24 Bände) // Schülerduden Physik

Internet: <http://www.wuerzburg.de/gym-fkg/schule/fachber/physik/lk9799/lk.12/millikan.html>

http://ac16.uni-paderborn.de/lehrveranstaltungen/_aac/vorles/skript/kap_2/kap2_3/millikan.html

<http://www.bingo-ev.de/~kg666/verschie/physiker/millikan.htm>