

V503: Der Millikan-Öltröpfchenversuch

Simon Schulte
simon.schulte@udo.edu

Tim Sedlaczek
tim.sedlaczek@udo.edu

Durchführung: 16.05.2017

Abgabe: 23.05.2017

TU Dortmund – Fakultät Physik

Inhaltsverzeichnis

1 Zielsetzung	1
2 Theorie	1
3 Durchführung	2
3.1 Versuchsaufbau	2
3.2 Versuchsablauf	3
Literatur	4

1 Zielsetzung

Bei dem Millikan-Öltröpfchenversuch wird anhand der Bewegungen eines geladenen Öltröpfchens im Feld eines Plattenkondensators die Elementarladung bestimmt.

Bei dem regulären Verfahren wird dazu die Geschwindigkeit des Tröpfchens, für einen abgeschalteten Kondensator und für die zwei verschiedenen Möglichkeiten der Polarisierung des Kondensators, bei bekannten Spannungen gemessen. Hier wird jedoch ein leicht verändertes Verfahren verwendet.

2 Theorie

Beim einsprühen des Öls in die Apparatur werden die Öltröpfchen durch Reibung geladen. Zwischen den Kondensatorplatten erfahren sie dann mehrere Kräfte:

Die Gewichtskraft

$$\vec{F}_g = m \cdot \vec{g}, \quad (1)$$

die Stokesche Reibung

$$\vec{F}_R = -6\pi r \eta_L \vec{v} \quad (2)$$

und, bei eingeschaltetem Kondensator, die elektrische Kraft

$$\vec{F}_{el} = q \cdot \vec{E}. \quad (3)$$

g ist dabei die Schwerebeschleunigung, r der Radius des Tröpfchens, η_L die Viskosität der Luft und E die elektrische Feldstärke im Kondensator.

Bei einem Kräftegleichgewicht bewegen sich die Tröpfchen mit konstanter Geschwindigkeit v . Zunächst wird das Gleichgewicht bei abgeschaltetem Kondensator betrachtet. Dabei sind die Gewichtskraft und die Stokesche Reibung betragsweise gleich groß. Durch umschreiben der Masse m in ein Produkt aus Dichte ρ und Volumen $\frac{4\pi}{3}r^3$ folgt:

$$\frac{4\pi}{3}r^3\rho g = 6\pi\eta_L r v_0. \quad (4)$$

Daraus folgt der Tröpfchenradius

$$r = \sqrt{\frac{9\eta_L v_0}{2g\rho}}. \quad (5)$$

Zur Bestimmung der Ladung wird der Kondensator eingeschaltet und eine ausreichend große Spannung angelegt, sodass das Tröpfchen in der Luft schwebt. In diesem Fall sind die elektrische Kraft und die Gewichtskraft im Gleichgewicht:

$$\frac{4\pi}{3}r^3\rho g = q \cdot E = q \cdot \frac{U}{d} \quad (6)$$

Daraus folgt die Ladung des Tröpfchens

$$q = \frac{4\pi}{3}r^3\rho g \frac{d}{U} \quad (7)$$

Da die Stokesche Reibung so wie sie bisher verwendet wurde nur für Tröpfchen gilt, die größer sind als die mittlere freie Weglänge in Luft, muss die Viskosität der Luft korrigiert werden:

$$\eta_{eff} = \eta_L \left(\frac{1}{1 + \frac{B}{pr}} \right). \quad (8)$$

Hierbei ist $B = 6,17 \cdot 10^{-3}$ Torr cm und p der Luftdruck. Daraus ergibt sich die korrigierte Ladung

$$q_{Korr} = q_0 \left(1 + \frac{B}{pr} \right)^{-\frac{3}{2}}. \quad (9)$$

3 Durchführung

3.1 Versuchsaufbau



Abbildung 1: Der Versuchsaufbau. [TuD17]

In Abbildung 1 ist der Aufbau der Apparatur für den Millikanversuch dargestellt. An den Buchsen 1 und 2 kann die tatsächlich am Kondensator anliegende Spannung und der thermische/elektrische Widerstand der Luft gemessen werden. Über den Widerstand wird dann während des Versuchs die Temperatur im Innern des Kondensators bestimmt. Für den Fall, dass die Öltröpfchen nicht hinreichend geladen sein sollten, ist ein Alphastrahler in die Apparatur integriert. Dieser ist von der Kammer abgeschirmt. Um die Abschirmung kurzzeitig zu entfernen kann der Hebel 4 in die "On" Stellung gelegt werden. Mit dem Mikroskop wird das Innere der Kammer aufgenommen und auf einem Bildschirm angezeigt. Das Bild kann an dem Mikroskop auf die Tröpfchenebene und auf die Skala fokussiert werden. Damit die Tröpfchen nicht seitlich abdriften muss

die Apparatur möglichst gerade ausgerichtet sein. Die Libelle 9 zeigt dabei die Neigung an.

3.2 Versuchsablauf

Zu Beginn der Messung wird an der Oberseite, der Millikan Kammer, Öl zerstäubt. An dem Bildschirm können dann die Tröpfchen beobachtet werden.

Für die Messung wird ein relativ langsames Tröpfchen gewählt. Durch einschalten des Kondensators wird geprüft ob das Tröpfchen geladen ist. Wenn sich ein Tröpfchen entsprechend für die Messung eignet wird die Zeit gestoppt, die es bei abgeschaltetem Kondensator benötigt, um 0,5 mm zurückzulegen. Anschließend wird mit dem Generator eine Spannung eingestellt, die so groß ist, dass das Tröpfchen in der Luft ruht. Die eingestellte Spannung wird dann zusammen mit der aktuellen Temperatur in der Kammer notiert.

Wenn keine passenden Tröpfchen auf dem Bild zu sehen sind kann durch Pusten dafür gesorgt werden, dass neue Öltröpfchen vor das Mikroskop gelangen. Sollte dies nicht weiter helfen wird neues Öl in der Kammer zerstäubt. Die Messung der Fallzeit, der Spannung und der Temperatur wird für 25 Tröpfchen durchgeführt.

Literatur

- [TuD17] Tu-Dortmund. *Versuch 503: Der Millikan-Öltröpfchenversuch*. 19. Mai 2017.
URL: <http://129.217.224.2/HOMEPAGE/PHYSIKER/BACHELOR/AP/SKRIPT/Millikan.pdf>.