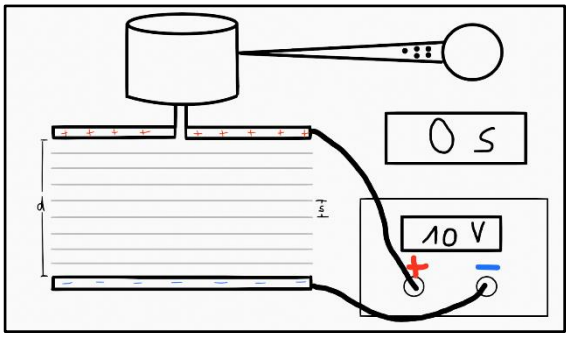
Arbeitsblatt – Millikan-Versuch (Schwebe-Methode) - Lösung

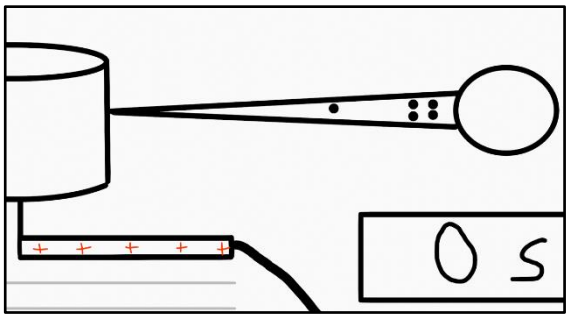
Aufgabe: Erläutere anhand des Millikan-Versuchs die grundlegenden Ideen und Ergebnisse zur Bestimmung der Elementarladung.

Schwebemethode

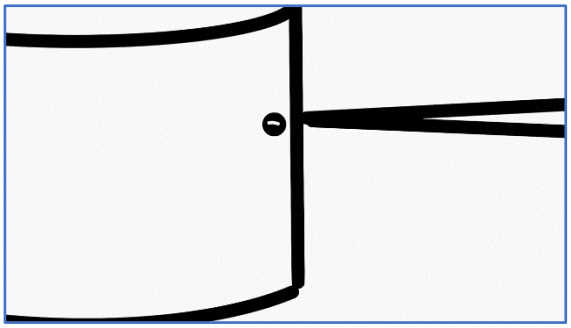
Aufbau: Mithilfe des Millikan-Versuchs kann man die Ladung eines einzelnen Elektrons bzw. Protons bestimmen. Oben rechts befindet sich ein Zerstäuber in dem sich Öl befindet. Links ist ein Plattenkondensator zu sehen, der an ein Netzgerät angeschlossen ist. Außerdem benötigen wir eine Uhr, die zu Beginn auf 0 Sekunden steht.



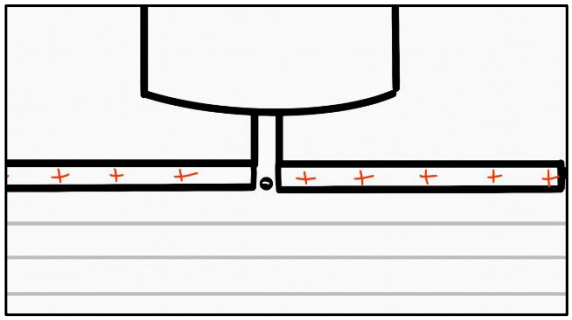
Durchführung: Zu Beginn drückt man den Zerstäuber. Das hat zur Folge, dass ein wenig Öl herausspritzt.



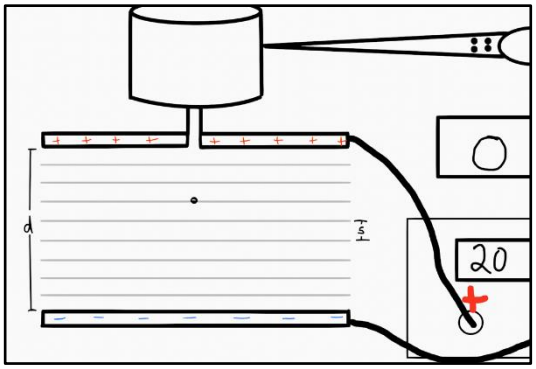
Wir betrachten aus anschaulichen Gründen mal nur ein einziges Öltröpfchen. Durch die Reibung mit dem Zerstäuber kann es dazu kommen, dass das Öltröpfchen vom Zerstäuber Elektronen dazu bekommt. Dieses ist vergleichbar mit dem Reiben eines Wolltuchs an einem PVC-Stab.



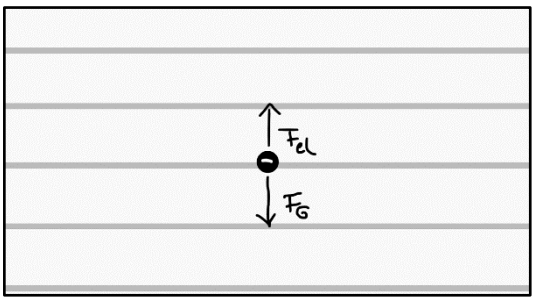
Das negativ geladene Öltröpfchen gelangt nun durch eine Öffnung zwischen die Platten des Plattenkondensators. Zu Beginn liegt zwischen den Platten eine Spannung von 10 Volt an. Die obere Platte ist positiv und die untere Platte ist negativ geladen. Das negativ geladene Öltröpfchen wird folglich von der oberen Platte angezogen und von der unteren Platte abgestoßen. Das Öltröpfchen sinkt trotzdem leicht nach unten, da die Gravitationskraft, die auf das Tröpfchen wirkt größer ist.

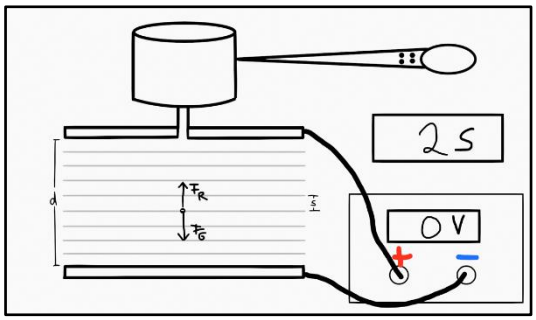


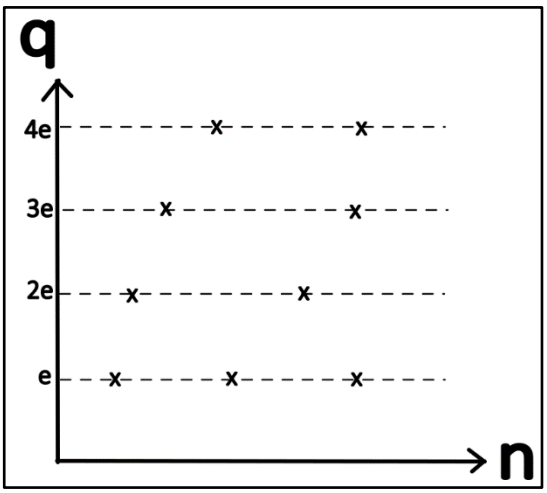
Jetzt muss man die Spannung vergrößern, bis das Öltröpfchen schwebt. Dieses geschieht hier bei einer Spannung von U = 20 Volt. Da das Öltröpfchen in der Luft schwebt, gleichen sich in diesem Fall die elektrische Kraft und Gravitationskraft genau aus. Wir können also schreiben: F_G ist gleich F_{el}



Jetzt geht der Versuch weiter. Jetzt schaltet man das Netzgerät ab und startet die Stoppuhr. Das Öltröpfchen sinkt nach unten. Man misst nun die Zeit, die das Öltröpfchen für eine gewissen Anzahl an grauen Strichen benötigt. Der Abstand der grauen Striche ist jeweils s. Auf das Tröpfchen wirkt zuerst nur die Gewichtskraft F_G nach unten, sodass das Tröpfchen nach unten beschleunigt wird. Durch die größer werdende Geschwindigkeit steigt nun die der Bewegung entgegengerichtete Stokes´sche Reibungskraft F_R so lange an, bis sie betraglich gleich der Gravitationskraft F_G ist. Ab diesem Zeitpunkt wirkt auf das Tröpfchen keine resultierende Kraft mehr und es bewegt sich mit konstanter Geschwindigkeit v_0 weiter nach unten. In diesem Fall benötigt das Tröpfchen für den Weg von zwei Strichen 2 Sekunden. Mit der Zeit und der Strecke kann man im Folgenden die Geschwindigkeit v_0 berechnen, mit der das Tröpfchen nach unten fiel. Die weiteren Größen d (Abstand der Kondensatorplatten), ρ (Dichte von Öl), g (Ortsfaktor) und η (Zähigkeit der Luft) sind bekannt. Setzt man alle Größen in die Formel ein erhält man den Wert für die Ladung q. Im Realexperiment erhält man für q immer ein Vielfaches von e. Dazwischen gibt es keine Werte. Somit ist e die kleinste Ladung, die sogenannte Elementarladung.







Formel:

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

Ergebnis:

Die Elementarladung ist

$q = e = 1{,}602 \cdot 10^{-19}\,C$