

Der Millikan-Versuch

Im späten 19. und frühen 20. Jahrhundert wurde eine Reihe von Versuchen zur Bestimmung der Elementarladung durchgeführt. Robert Millikan veröffentlichte im Jahr 1911 die Ergebnisse seines bahnbrechenden Versuchs auf diesem Gebiet. Im Unterricht wird der Millikan-Versuch häufig auch als Simulationsexperiment durchgeführt.

Aufgaben

- 1 Bei den nachfolgenden Aufgaben wird der Schwebefall mit negativ geladenen Öltröpfchen unter Vernachlässigung der Auftriebskraft betrachtet. Das elektrische Feld im luftgefüllten Kondensator soll als homogen angenommen werden, die Dielektrizitätszahl von Luft sei $\epsilon_{r,\text{Luft}} = 1$.
 - 1.1 Zeichnen Sie in Material 1 für den Schwebefall
 - die Polung der Kondensatorplatten,
 - die elektrischen Feldlinien sowie
 - die Gewichtskraft \vec{F}_G und die elektrische Kraft \vec{F}_{el} als Vektorpfeile ein.

(3 BE)
 - 1.2 Beschriften Sie im Material 2 die nummerierten Teile des Versuchsaufbaus im Kasten unterhalb der Abbildung.
Beschreiben Sie die Durchführung des Millikan-Versuchs im Schwebefall, indem Sie auf alle nummerierten Teile des Versuchsaufbaus eingehen. Auf die Bestimmung der Masse des Öltröpfchens muss dabei nicht eingegangen werden.

(7 BE)
 - 1.3 Zeigen Sie, dass im Schwebefall die Formel $U = \frac{m \cdot g \cdot d}{q}$ gilt, und nennen Sie die Bedeutung der einzelnen Formelzeichen der rechten Seite der Formel.

(5 BE)
 - 1.4 Die Masse der kugelförmigen Tröpfchen kann mittels der Formel $m = \frac{1}{6} \pi \cdot \rho \cdot d_{Tr}^3$ aus dem Durchmesser d_{Tr} des Tröpfchens berechnet werden.
Leiten Sie diese Formel her und berechnen Sie mit dieser Formel die Masse m eines Tröpfchens aus Öl mit der Dichte $\rho = 0,9 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ und mit $d_{Tr} = 1 \mu\text{m}$.
[zur Kontrolle: $m = 4,71 \cdot 10^{-16} \text{ kg}$]

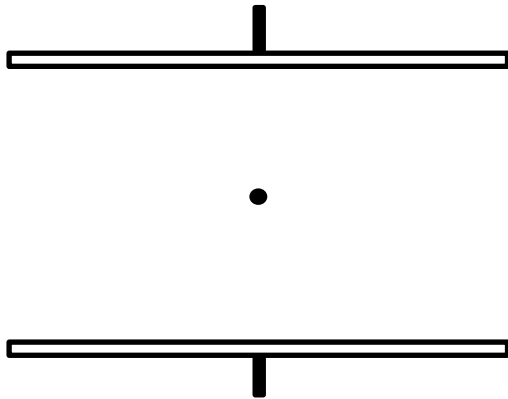
(8 BE)
 - 1.5 Berechnen Sie die Spannung, die man an einen Kondensator mit einem Plattenabstand $d = 10 \text{ mm}$ anlegen muss, um das Tröpfchen aus Aufgabe 1.4 mit einem Ladungsbetrag $q = 4,81 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ im Schwebezustand zu halten.

(3 BE)

- 1.6 Prinzipiell ist es möglich, in einem luftgefüllten Plattenkondensator auch schwerere geladene Objekte schweben zu lassen. Allerdings kommt es im Kondensator aus Aufgabe 1.5 bei Spannungen über 30 000 V zu Funkenschlägen, sodass man ihn nicht stärker aufladen kann. Berechnen Sie die maximale Masse, bis zu der man einen Körper mit der Ladung $q = 7 \cdot 10^{-11} \text{ C}$ im Kondensator aus Aufgabe 1.5 schweben lassen kann. Ein möglicher Einfluss des Körpers auf das elektrische Feld soll dabei vernachlässigt werden. Beurteilen Sie, ob man Plastikflocken mit der Ladung $q = 7 \cdot 10^{-11} \text{ C}$ und der Masse $m = 5 \cdot 10^{-5} \text{ kg}$ schweben lassen kann. (4 BE)
- 2 In Material 3 sind die Ergebnisse eines Simulationsexperiments mit einem Abstand der Kondensatorplatten $d = 6 \text{ mm}$ und einer Dichte des Öls $\rho = 0,874 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ angegeben. Die Öltröpfchen sind weiterhin negativ geladen.
- 2.1 Berechnen Sie mithilfe der Formeln aus den Aufgaben 1.3 und 1.4 die fehlenden Massen m und Ladungsbeträge q . Stellen Sie diese Ladungsbeträge und die in Material 3 angegebenen Ladungsbeträge in Abhängigkeit von der Nummer der Messung in einem Diagramm dar. (9 BE)
- 2.2 In einem Schulbuch findet man folgenden Merksatz:
„Die Ladung ist eine gequantelte Größe. Ladungen treten nur in Portionen $n \cdot e$ auf. Dabei ist n eine ganze Zahl ohne $\{0\}$ und e die Elementarladung.“
Ermitteln Sie mithilfe des Literaturwerts für e die fehlenden Quotienten in Material 4. Beurteilen Sie, ob die Ergebnisse die Aussage des Merksatzes stützen, und deuten Sie das Diagramm aus Aufgabe 2.1 im Hinblick auf die Aussage des Merksatzes. (5 BE)
- 3 Eine Lehrerin stellt die folgende Aufgabe:
„Während der Beobachtung von schwebenden Öltröpfchen aus Aufgabe 1 kann es vorkommen, dass ein solches Tröpfchen entweder negative Ladungen verliert oder negative Ladungen aufnimmt. Beschreiben und erläutern Sie für die beiden Fälle jeweils die resultierende Bewegung des Tröpfchens ausführlich unter Berücksichtigung der Luftreibung, wenn alle anderen Versuchsbedingungen gleich bleiben. Die Reibungskraft soll als proportional zur Geschwindigkeit des Tröpfchens angenommen werden.“
Ein Schüler schreibt als Antwort darauf: „Das Tröpfchen bewegt sich gleichförmig.“ Die Lehrerin kommentiert, dass diese Antwort richtig, aber zu kurz sei. Nehmen Sie zum Kommentar der Lehrerin Stellung und entwickeln Sie eine verbesserte Antwort. (6 BE)

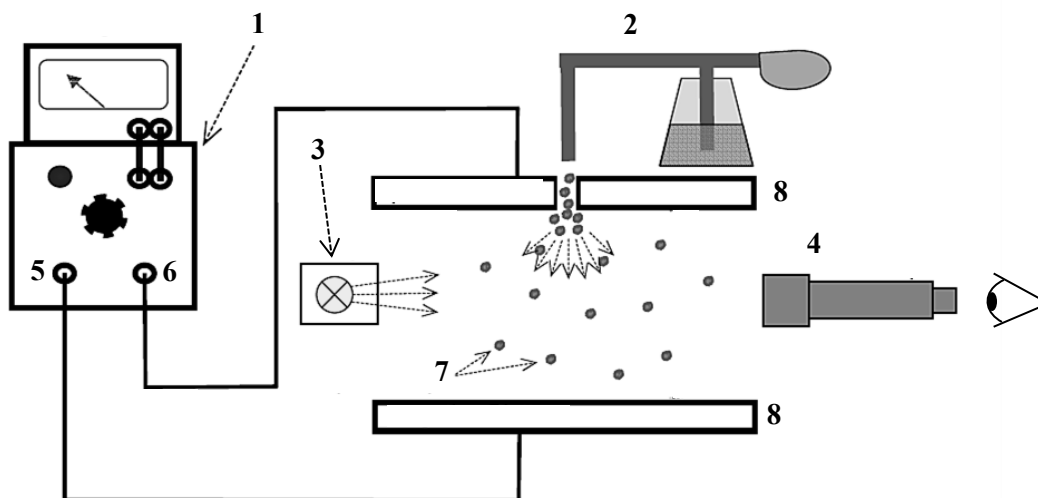
Material 1

Öltröpfchen im Kondensator



Material 2

Aufbau des Millikan-Versuchs



URL: <http://www.cfg-luis.de/Lehrer/MurkH/Physik/Q1-Q2/25%20Experimente/05.Millikan/> (abgerufen am 24.04.2022).

- | | |
|----|----|
| 1: | 5: |
| 2: | 6: |
| 3: | 7: |
| 4: | 8: |

Material 3**Ergebnisse eines Simulationsexperiments zum Millikan-Versuch**

Messung Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8
Spannung U in V	59	196	208	302	79	19	130	208
Durchmesser d_{Tr} in μm	1,21	1,67	1,07	1,75	1,41	0,76	0,92	1,55
Masse m in 10^{-16} kg				24,5	12,8	2,01	3,56	17,04
Ladungsbetrag q in 10^{-19} C				4,78	9,55	6,22	1,61	4,82

Material 4**Auswertung**

Messung Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8
$\frac{q}{e}$								