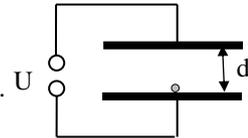


Die Elementarladung

1. In einem dem Millikan-Versuch nachgebildeten Modellexperiment befindet sich ein Styroporkügelchen der Masse $m=0,05\text{g}$ in einem horizontalen Plattenkondensator mit $d=2\text{cm}$ liegend auf der unteren Kondensatorplatte. Bei einer Spannung von $U=9530\text{V}$ löst sich das Kügelchen ab und beginnt zu schweben.
- a) Begründen Sie, weshalb sich das Kügelchen abhebt.
 b) Schätzen Sie rechnerisch die Ladung q ab, die sich auf dem Kügelchen befindet.



2. Bei einem Millikan-Experiment (Plattenkondensator mit $d=5\text{mm}$) wurde ein negativ geladenes Öltröpfchen mit einer Masse $m=1,5 \cdot 10^{-11}\text{g}$ bei einer Spannung von 574V im Kondensator zum Schweben gebracht.
- a) Wie groß ist die Ladung q des Öltröpfchens?
 b) Wie viele Elektronen sind auf dem Tröpfchen angelagert?
 c) Wie groß müsste die Spannung gewählt werden, wenn ein Öltröpfchen gleicher Masse die 5fache Elementarladung trägt und in den Schwebeszustand versetzt werden soll?
 d) Zeigen Sie, dass ein Öltröpfchen dieser Masse bei $U=600\text{V}$ nicht in den Schwebeszustand versetzt werden kann.
3. Ein Öltröpfchen mit dem Durchmesser $4 \cdot 10^{-3}\text{mm}$ trägt 5 Elementarladungen in befindet sich in einem vertikal angeordnetem Plattenkondensator mit dem Plattenabstand $d=1\text{cm}$. (Dichte von Öl: $\rho=0,9\text{g/cm}^3$)
- a) Welche Spannung U ist am Kondensator anzulegen, damit das Teilchen schwebt?
 b) Wie und um welchen Betrag muss die Spannung geändert werden, wenn das Tröpfchen eine weitere Elementarladung aufnimmt und erneut zum Schweben gebracht werden soll?

Der Radius eines Öltröpfchens kann nur sehr ungenau ermittelt werden.

Die Masse des Tröpfchens kann man auch aus seiner gleichförmigen Sinkgeschwindigkeit bestimmen.

4. a) Begründen Sie, dass die Sinkbewegung gleichförmig erfolgt.
 b) Stellen Sie m.H. des Stokes'schen Gesetzes, $F_R = 6 \cdot \pi \cdot \eta \cdot r \cdot v$, eine Kräftebilanz auf.
 c) Bestimmen Sie für ein Öltröpfchen, welches in $\Delta t=35\text{s}$ eine Fallstrecke von $2,5\text{mm}$ durchläuft, dessen Sinkgeschwindigkeit und mit der Zähigkeit $\eta_{\text{Luft}}=1,83 \cdot 10^{-5}\text{Ns/m}^2$ und der Dichte $\rho_{\text{Öl}}=0,75\text{g/cm}^3$ den Radius und die Masse des Tröpfchens.
 d) Welche Spannung an einem Millikankondensator mit $d=1,5\text{cm}$ würde dieses Öltröpfchen bei einer Anlagerung von 8 Elektronen zum Schweben bringen?

Lösungen:

1. a) Das Kügelchen nimmt einen kleinen Teil der Ladung der unteren Kondensatorplatte auf und wird infolge dessen abgestoßen
 b) $q = \frac{m \cdot g \cdot d}{U} = \frac{5 \cdot 10^{-5} \text{kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0,02 \text{m}}{9530 \text{V}} = 1,03 \cdot 10^{-9} \text{C}$
2. a) $q = \frac{m \cdot g \cdot d}{U} = \frac{1,5 \cdot 10^{-14} \text{kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0,005 \text{m}}{574 \text{V}} = 1,282 \cdot 10^{-18} \text{C}$
 b) $N = \frac{q}{e} = 8 \text{Elektronen}$
 c) $q = 5e = 8,01 \cdot 10^{-19} \text{C}$ $U = \frac{m \cdot g \cdot d}{q} = \frac{1,5 \cdot 10^{-14} \text{kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0,005 \text{m}}{8,01 \cdot 10^{-19} \text{C}} = 918,43 \text{V}$
 d) $q(600\text{V}) = 1,226 \cdot 10^{-18} \text{C} = 7,6e$ Die Elementarladung kann nicht geteilt werden
3. a) Masse des Öltröpfchens: $m = \rho \cdot V = \rho \cdot \frac{4}{3} \pi \cdot r^3 = 0,9 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \cdot \frac{4}{3} \cdot (2 \cdot 10^{-4} \text{cm})^3 = 9,6 \cdot 10^{-12} \text{g} = 9,6 \cdot 10^{-15} \text{Kg}$
 Ladung des Tröpfchens: $q = 5e = 8,01 \cdot 10^{-19} \text{C}$
 Spannung $U = \frac{m \cdot g \cdot d}{q} = \frac{9,6 \cdot 10^{-15} \text{Kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0,01 \text{m}}{8,01 \cdot 10^{-19} \text{C}} = 1176 \text{V}$
- b) Die Spannung muss verringert werden: $U \sim 1/q$
 $q = 6e = 9,613 \cdot 10^{-19} \text{C}$ $U = 979,6 \text{V}$
4. a) Die Reibung bei der Bewegung des Öltröpfchens wirkt der Fallbewegung (Massenanziehung) entgegen. Im Kräftegleichgewicht von Reibungskraft und Gewichtskraft bewegt sich das Tröpfchen gleichförmig.
 b) $F_G = F_R$ $m \cdot g = 6\pi \cdot \eta \cdot r \cdot v$
 c) Sinkgeschwindigkeit v : $v = \frac{s}{t} = \frac{2,5 \cdot 10^{-3} \text{m}}{35 \text{s}} = 7,14 \cdot 10^{-5} \frac{\text{m}}{\text{s}}$
 $m \cdot g = 6\pi \cdot \eta \cdot r \cdot v$ $m = \rho \cdot V$
 $\rho \cdot V \cdot g = 6\pi \cdot \eta \cdot r \cdot v$ $V = \frac{4}{3} \pi \cdot r^3$
 $\rho \cdot \frac{4}{3} \pi \cdot r^3 \cdot g = 6\pi \cdot \eta \cdot r \cdot v$ $\rho \cdot \frac{4}{3} \pi \cdot r^2 \cdot g = 6\pi \cdot \eta \cdot v$
 $r = \sqrt{\frac{9 \cdot \eta \cdot v}{2 \cdot \rho \cdot g}} = \sqrt{\frac{9 \cdot 1,83 \cdot 10^{-5} \frac{\text{Ns}}{\text{m}^2} \cdot 7,14 \cdot 10^{-5} \frac{\text{m}}{\text{s}}}{2 \cdot 750 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}} = 8,94 \cdot 10^{-7} \text{m}$
 $m = \rho \cdot \frac{4}{3} \pi \cdot r^3 = 750 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \frac{4}{3} \pi \cdot (8,94 \cdot 10^{-7} \text{m})^3 = 2,24 \cdot 10^{-15} \text{Kg}$
 d) $U = \frac{m \cdot g \cdot d}{q} = \frac{2,24 \cdot 10^{-15} \text{Kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0,015 \text{m}}{1,28 \cdot 10^{-19} \text{C}} = 257,7 \text{V}$