

Allgemeine Hinweise:

- Kommentieren Sie Ihre Lösungen! (Erläuterungen, Begründungen, Folgerungen)
- Rechnen Sie in SI-Einheiten (kg, m, s etc.)!
- Überprüfen Sie die physikalischen Einheiten in Ihren Rechenschritten und Lösungen! (Vor allem bei längeren Rechenwegen!)
- Lesen Sie die Aufgaben zunächst alle einmal und beginnen Sie dann mit der für Sie einfachsten Aufgabe!

Erlaubte Hilfsmittel: Taschenrechner, Formelsammlung, Schreibutensilien

Aufgabe 1: Elektrische Spannung, Feldstärke und die Bestimmung der Elementarladung

Bisher haben wir uns hauptsächlich mit Elektrostatik beschäftigt, also mit Experimenten, in denen nur geringfügige elektrische Ladungen geflossen sind. Die Kraft F , die vom Feld einer Ladung Q auf eine (kleine) Probeladung q ausgeübt wird, ist der Probeladung proportional: $F \sim q$. Man definiert als elektrische Feldstärke den Quotienten aus Kraft und Probeladung: $E = \frac{F}{q}$. In einem Plattenkondensator besteht zudem ein einfacher Zusammenhang zwischen der Feldstärke und der häufig leichter messbaren Spannung: $E = U/d$ (Plattenabstand d). Allerdings kam im Unterricht auch schon das sog. Wassermodell zur Sprache, das den Zusammenhang zwischen Spannung, Stromstärke und Widerstand in elektrischen Stromkreisen durch Vergleich mit analogen Größen in einem Wasserstromkreis verdeutlicht.

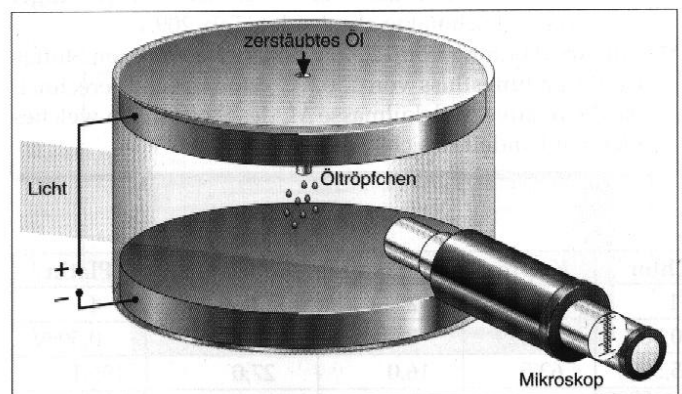
1.1.

- Zeige auf, welchen physikalischen Größen in einem Wasserstromkreis die Größen elektrische Spannung, Stromstärke und Widerstand entsprechen.
- Was entspricht im Wassermodell einer Parallelschaltung von Batterien, einer Reihenschaltung von Batterien und einer Parallelschaltung von Widerständen? Wie verändern sich jeweils (qualitativ) die Stromstärken?

1.2. Berechne die elektrische Feldstärke an einem Ort, an dem auf einen Körper der Ladung $q = 55,6 \text{ nC}$ die Kraft $F = 40 \text{ mN}$ wirkt.

1.3. Die Feldlinien eines Kondensators verlaufen vertikal von oben nach unten. Ein in den Plattenraum eingebrachtes negativ geladenes Öltröpfchen, dessen Masse $m = 9,4 \cdot 10^{-14} \text{ kg}$ ist, schwebt gerade. Messungen ergeben eine Feldstärke von $E = 7,2 \cdot 10^5 \text{ N/C}$. Berechne die Ladung des Öltröpfchens. Gib zusätzlich die Ladung als Vielfaches der Elementarladung an.

Mit diesem Aufbau hat Robert Andrews Millikan (1868-1953) die Quantelung der elektrischen Ladung nachgewiesen und die Elementarladung e bestimmt. Er erhielt dafür 1923 den Nobelpreis.



1.4. In dem gegebenen Feld wird ein negatives Teilchen der Ladung $q = -25 \text{ nC}$

- parallel zu den Feldlinien und
- unter einem Winkel von 45° zu den Feldlinien
2cm weit transportiert. Berechne die dafür erforderlichen Energien.
- Welche Energie ist erforderlich, um die Ladung auf einer geschlossenen Kurve einmal herum zu bewegen. Begründe ausführlich physikalisch!

1.5. Ein Elektron wird mit der Geschwindigkeit $v = 30000 \text{ km/s} = 1/10 c$ von oben in den Kondensator geschossen. Wie weit bewegt sich das Elektron, bevor es vollständig abgebremst ist und ruht?



Aufgabe 2: Kapazität von Kondensatoren

Die Kapazität eines Kondensators ist allgemein definiert als Ladungsmenge pro Spannung zwischen den „Ladungsspeicherflächen“: $C = \frac{Q}{U}$. Speichert ein Kondensator also bereits bei einer geringen Spannung eine große Ladungsmenge, besitzt er eine große Kapazität. Der Plattenkondensator ist in der Schulphysik so beliebt, weil ein homogenes Feld unvergleichlich viel einfacher zu berechnen ist als andere Feldformen.

- 2.1. Zwei Platten ($A = 0,5 \text{ m}^2$, $d = 2 \text{ mm}$) werden mit einer Spannung $U = 1,5 \text{ kV}$ aufgeladen. Berechne E , die Flächenladungsdichte und die auf jeder Platte befindliche Ladung Q .
- 2.2. Leite mit Hilfe der Gleichung für die Flächenladungsdichte die Kapazität eines Plattenkondensators $C = \epsilon_0 \frac{A}{d}$ her.
- 2.3. Berechne die Kapazität des Kondensators aus 2.1.

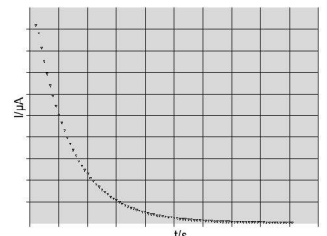
Ein *Goldcap* ist ein Kondensator mit sehr hoher Kapazität, der sich im Vergleich zu Folienkondensatoren durch eine sehr kleine Baugröße auszeichnet. Für einen bestimmten Typ gelten folgende Daten: Kapazität 1,0 F; Größe des zylinderförmigen Gehäuses: Durchmesser 21 mm, Höhe 10 mm.

- 2.4. Wie groß müsste die Plattenfläche A des in 2.1. benutzten Plattenkondensators sein, damit seine Kapazität $C = 1 \text{ F}$ beträgt?
- 2.5. Wie groß ist das Verhältnis der Volumina des angegebenen Goldcaps und des Plattenkondensators aus Teilaufgabe 2.4., wenn das Eigenvolumen der Platten außer Acht gelassen wird?
- 2.6. (Für ExpertInnen!) Der Goldcap mit der Kapazität 1,0 F wird zur "Pufferung" eines elektronischen Datenspeichers bei Stromausfall verwendet. Die Spannung beträgt 5,0 V, der Widerstand R des Datenspeichers 5 M Ω . Berechne unter der Annahme, dass der Goldcap bis zur vollständigen Entladung eine konstante Stromstärke liefern kann, nach wie vielen Tagen er entladen ist.

(Zur Kontrolle: 58 Tage)

(Zu ignorierende Richtigstellung: Bei einem „echten“ Kondensator ist die Stromstärke keineswegs konstant, sie zeigt vielmehr folgenden (exponentiell abnehmenden) Verlauf:

Außerdem ist der Speicher schon gelöscht beim Unterschreiten einer Stromstärke, die noch deutlich größer als 0 ist. Die Berechnung in 2.6. liefert aber zumindest die richtige Größenordnung.)



Konstanten-
und
Einheiten

- Elementarladung = Ladung eines Elektrons: $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
- Masse eines Elektrons: $m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$
- Gewichtskraft: $F_G = m \cdot g$, mit $g = 9,81 \text{ m/s}^2$
- Dielektrizitätskonstante: $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ C/Vm}$
- Flächenladungsdichte: $\frac{Q}{A} = \epsilon_0 E$