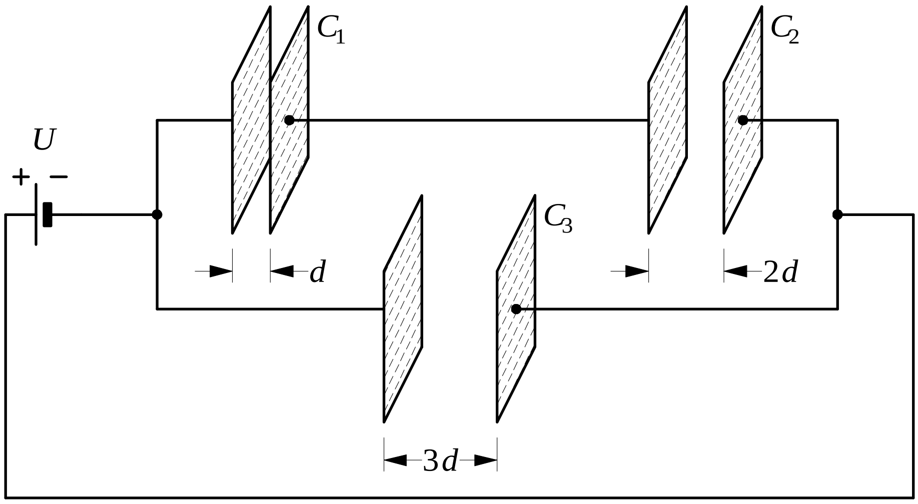
1. **Plattenkondensatoren**

Gegeben ist die unten gezeichnete Schaltung aus drei luftgefüllten Kondensatoren C_1, C_2 und C_3 mit den Plattenabständen $d_1 = d$, $d_2 = 2d$ und $d_3 = 3d$, wobei $d = 1,0\,\text{mm}$. Die Plattenflächen der Kondensatoren sind gleich und betragen jeweils $A = 680\,\text{cm}^2$. Die Spannung U beträgt $600\,\text{V}$.



6 BE a) Berechne die Gesamtkapazität der Anordnung aus den drei Kondensatoren.

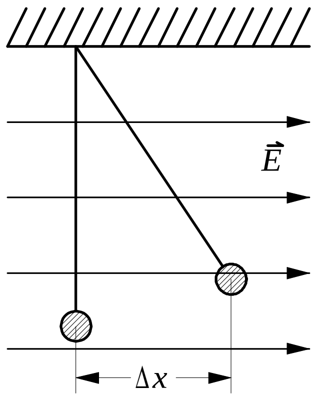
4 BE b) Bestimme die Ladungen Q_1, Q_2 und Q_3 der Kondensatoren.
(Teilergebnis: $Q_1 = 1,2 \cdot 10^{-7}\,\text{A s}$)

5 BE c) Wie groß sind die Feldstärken E_1, E_2 und E_3 in den Kondensatoren?

2. **Elektrostatisches Ballspiel**

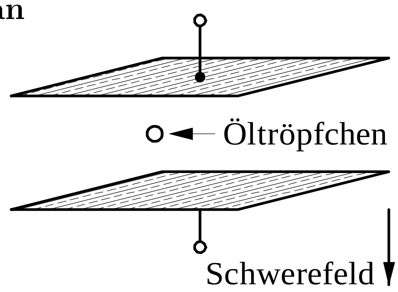
Ein graphitüberzogener Tischtennisball der Masse $m = 2,5\,\text{g}$ hängt an einem $l = 1,2\,\text{m}$ langen Faden. Er trägt die Ladung $q = 1,3 \cdot 10^{-8}\,\text{A s}$. In einem waagerecht verlaufenden homogenen elektrischen Feld wird die Kugel um $\Delta x = 8,0\,\text{cm}$ in horizontaler Richtung aus der Ruhelage ausgelenkt.

7 BE Berechne den Betrag der Feldstärke E des äußeren homogenen Feldes.



(bitte wenden!)

3. **Bestimmung der Elementarladung nach Millikan**



In einen Plattenkondensator mit Plattenabstand $5,0\,\mathrm{mm}$ wird durch einen Zerstäuber ein kleines Öltröpfchen vom Radius $4,0 \cdot 10^{-7}\,\mathrm{m}$ eingebracht. Durch das Zerstäuben wird das Tröpfchen geringfügig positiv aufgeladen. Bei einer Kondensatorspannung von $68\,\mathrm{V}$ schwebt das Tröpfchen im Kondensator. Die Dichte des Öls beträgt $0,90\frac{\mathrm{g}}{\mathrm{cm}^3}$.

3 BE a) Bestimme die Masse des Öltröpfchens. (Ergebnis: $2,4 \cdot 10^{-16}\,\mathrm{kg}$)

7 BE b) Berechne die Ladung des Öltröpfchens.

4. **Kugelkondensator**

Eine isoliert aufgehängte Metallkugel mit Radius $R = 2,0\,\mathrm{cm}$ wird durch eine Spannung von $U = 6,0\,\mathrm{kV}$ (gegenüber Erde) positiv aufgeladen.

5 BE a) Zeichne den Potentialverlauf in Abhängigkeit vom Abstand r zum Kugelmittelpunkt im Bereich $0\,\mathrm{cm} \leq r \leq 10\,\mathrm{cm}$ (Potential Null in unendlicher Ferne).

4 BE b) Berechne die auf der Kugel sitzende Ladungsmenge Q. (Ergebnis: $1,3 \cdot 10^{-8}\,\mathrm{A\,s}$)

2 BE c) Berechne unter Zuhilfenahme des Ergebnisses aus Teilaufgabe b die Kapazität C der Metallkugel.

5. **Potentialbetrachtungen beim α-Zerfall**

Ein $^{238}_{94}$Pu-Kern (Plutonium) zerfällt gemäß der Zerfallsgleichung

$$^{238}_{94}\mathrm{Pu} \longrightarrow {}^{234}_{92}\mathrm{U}^* + {}^{4}_{2}\alpha$$

in einen (angeregten) $^{234}_{92}$U-Kern (Uran) und ein α-Teilchen.

Als Modell gehen wir davon aus, dass eine anfangs ruhende Punktmasse (α-Teilchen) aufgrund ihrer positiven Ladung q von der Oberfläche einer mit Q positiv geladenen Kugel ($^{234}_{92}$U-Kern) emittiert wird und sich nach dem Verlassen der Kugel völlig ungehindert bewegen kann. Die Schwerkraft spielt keine Rolle.

Die Kugel hat einen Radius von $R = 8,6 \cdot 10^{-15}\,\mathrm{m}$ und trägt gleichmäßig verteilt eine Ladung von $Q = 1,5 \cdot 10^{-17}\,\mathrm{C}$.
Die Punktmasse $m = 6,7 \cdot 10^{-27}\,\mathrm{kg}$ hat die Ladung $q = 3,2 \cdot 10^{-19}\,\mathrm{C}$.

4 BE a) Berechne die kinetische Energie des α-Teilchens in sehr großer Entfernung vom $^{234}_{92}$U-Kern.

3 BE b) Entgegen dem obigen Modell haben die α-Teilchen in Wirklichkeit stets kinetische Energien unter $1,6 \cdot 10^{-12}\,\mathrm{J}$. (Erklärung der Quantenphysik: Tunneleffekt) Wie groß ist die Geschwindigkeit der schnellsten α-Teilchen?

50 BE

Viel Erfolg!

1. geg: $d_1 = d = 1,0\,\text{mm}, \quad d_2 = 2d \quad d_3 = 3d, \quad A = 680\,\text{cm}^2, \quad U = 600\,\text{V}.$

6 BE a) Kapazität der einzelnen Kondensatoren:

$$C_1 = \varepsilon_o \frac{A}{d} = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{A s}}{\text{V m}} \cdot \frac{680 \cdot 10^{-4}\,\text{m}^2}{1,0 \cdot 10^{-3}\,\text{m}} = 6,0 \cdot 10^{-10}\,\text{F}$$
$$C_2 = \varepsilon_o \frac{A}{2d} = \frac{C_1}{2} = 3,0 \cdot 10^{-10}\,\text{F}$$
$$C_3 = \varepsilon_o \frac{A}{3d} = \frac{C_1}{3} = 2,0 \cdot 10^{-10}\,\text{F}$$

Serienschaltung:

$$\frac{1}{C_{12}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{\frac{1}{2}C_2} = \frac{1}{C_1} + \frac{2}{C_1} = \frac{3}{C_1}$$
$$C_{12} = \frac{C_1}{3} = 2,0 \cdot 10^{-10}\,\text{F}$$

Parallelschaltung:

$$C = C_{12} + C_3 = 2,0 \cdot 10^{-10}\,\text{F} + 2,0 \cdot 10^{-10}\,\text{F} = 4,0 \cdot 10^{-10}\,\text{F}$$

4 BE b) Ladung aus Spannung und Kapazität:

$$C_{12} = \frac{Q_{12}}{U}$$
$$Q_1 = Q_2 = Q_{12} = UC_{12} = 600\,\text{V} \cdot 2,0 \cdot 10^{-10}\,\text{F} = 1,2 \cdot 10^{-7}\,\text{A s}$$
$$Q_3 = UC_3 = 300\,\text{V} \cdot 2,0 \cdot 10^{-10}\,\text{F} = 6,0 \cdot 10^{-8}\,\text{A s}$$

5 BE c) Berechne erst Teilspannungen:

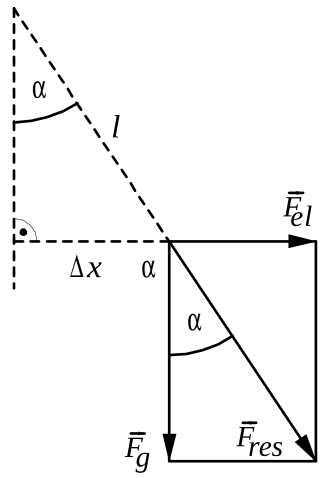
$$C_1 = \frac{Q_1}{U_1}$$
$$U_1 = \frac{Q_1}{C_1} = \frac{1,2 \cdot 10^{-7}\,\text{A s}}{6,0 \cdot 10^{-10}\,\text{F}} = 200\,\text{V}$$
$$U_2 = U - U_1 = 600\,\text{V} - 200\,\text{V} = 400\,\text{V}$$

Feldstärken:

$$E_1 = \frac{U_1}{d} = \frac{200\,\text{V}}{1,0 \cdot 10^{-3}\,\text{m}} = 2,0 \cdot 10^5 \frac{\text{V}}{\text{m}}$$
$$E_2 = \frac{U_2}{2d} = \frac{400\,\text{V}}{2,0 \cdot 10^{-3}\,\text{m}} = 2,0 \cdot 10^5 \frac{\text{V}}{\text{m}}$$
$$E_3 = \frac{U}{3d} = \frac{600\,\text{V}}{3,0 \cdot 10^{-3}\,\text{m}} = 2,0 \cdot 10^5 \frac{\text{V}}{\text{m}}$$

2. geg: $Q_k = 1,3 \cdot 10^{-8}\,\mathrm{A\,s}$, $m = 2,5 \cdot 10^{-3}\,\mathrm{kg}$, $l = 1,20\,\mathrm{m}$, $\Delta x = 8,0 \cdot 10^{-2}\,\mathrm{m}$.

7 BE Aus dem Diagramm:



$$\Delta x = l \cdot \sin\alpha$$
$$\sin\alpha = \frac{\Delta x}{l} = \frac{8,0 \cdot 10^{-2}\,\mathrm{m}}{1,20\,\mathrm{m}} = 0,0667$$
$$\Rightarrow \alpha = 3,82°$$
$$\tan\alpha = \frac{F_{el}}{F_g} = \frac{Q_k E}{mg}$$
$$E = \frac{mg\tan\alpha}{Q_k} = \frac{2,5 \cdot 10^{-3}\,\mathrm{kg} \cdot 9,81\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{kg}} \cdot \tan 3,82°}{1,3 \cdot 10^{-8}\,\mathrm{A\,s}} = 1,3 \cdot 10^5\,\frac{\mathrm{V}}{\mathrm{m}}$$

3. geg.: $U = 68\,\mathrm{V}$, $d = 5,0\,\mathrm{mm}$, $r = 4,0 \cdot 10^{-7}\,\mathrm{m}$, $\varrho = 0,90\frac{\mathrm{g}}{\mathrm{cm}^3}$.

3 BE a) Volumen des Tröpfchens:

$$V = \frac{4}{3}r^3\pi$$

Masse:

$$m = V\varrho = \frac{4}{3}r^3\pi\varrho = \frac{4}{3} \cdot \left(4,0 \cdot 10^{-7}\,\mathrm{m}\right)^3 \cdot \pi \cdot 900\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3} = 2,4 \cdot 10^{-16}\,\mathrm{kg}$$

7 BE b) Bedingung für Schweben:

$$F_\mathrm{g} = F_\mathrm{el}$$
$$mg = Eq$$
$$q = \frac{mg}{E}$$

Mit

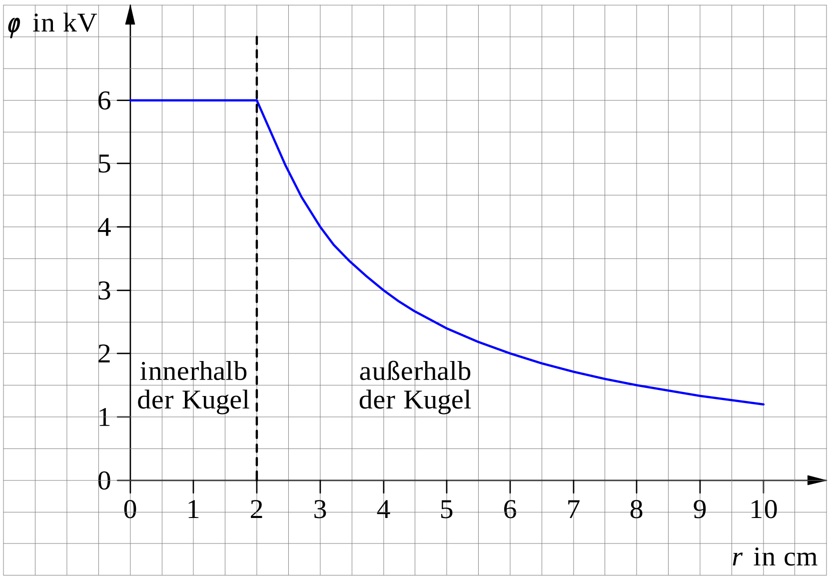
$$E = \frac{U}{d}$$

erhält man

$$q = \frac{mgd}{U} = \frac{2,4 \cdot 10^{-16}\,\mathrm{kg} \cdot 9,81\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{kg}} \cdot 0,0050\,\mathrm{m}}{68\,\mathrm{V}} = 1,7 \cdot 10^{-19}\,\mathrm{A\,s}$$

4. geg.: $R = 2,0\,\mathrm{cm}$, $U = 6,0\,\mathrm{kV}$.

5 BE a)



4 BE b) Spannung = Potential

$$U = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o} \cdot \frac{Q}{R}$$

$$Q = 4\pi\varepsilon_o RU = 4\pi \cdot 8,85 \cdot 10^{-12}\,\frac{\mathrm{A\,s}}{\mathrm{V\,m}} \cdot 0,020\,\mathrm{m} \cdot 6000\,\mathrm{V} = 1,3 \cdot 10^{-8}\,\mathrm{A\,s}$$

2 BE c) Kapazität: $$C = \frac{Q}{U} = \frac{1,3 \cdot 10^{-8}\,\mathrm{A\,s}}{6000\,\mathrm{V}} = 2,2 \cdot 10^{-12}\,\mathrm{F}$$

5. geg.: $Q = 1,5 \cdot 10^{-17}\,\mathrm{C}$, $R = 8,6 \cdot 10^{-15}\,\mathrm{m}$, $q = 3,2 \cdot 10^{-19}\,\mathrm{C}$, $m = 6,7 \cdot 10^{-27}\,\mathrm{kg}$.

4 BE a) Potential am Kugelrand:

$$\varphi_R = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o} \cdot \frac{Q}{R} = \frac{1,5 \cdot 10^{-17}\,\mathrm{C}}{4\pi \cdot 8,85 \cdot 10^{-12}\frac{\mathrm{A\,s}}{\mathrm{V\,m}} \cdot 8,6 \cdot 10^{-15}\,\mathrm{m}} = 1,6 \cdot 10^{7}\,\mathrm{V}$$

Energie der Punktladung:

$$E_{\mathrm{kin}} = \varphi_R \cdot q = 1,6 \cdot 10^{7}\,\mathrm{V} \cdot 3,2 \cdot 10^{-19}\,\mathrm{C} = 5,1 \cdot 10^{-12}\,\mathrm{J}$$

3 BE b) geg.: $E_{\mathrm{kin}} = 1,6 \cdot 10^{-12}\,\mathrm{J}$.

Geschwindigkeit der Punktladung aus der Energieerhaltung:

$$E_{\mathrm{kin}} = E$$

$$\frac{1}{2}mv^2 = E$$

$$v = \sqrt{\frac{2E}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-12}\,\mathrm{J}}{6,7 \cdot 10^{-27}\,\mathrm{kg}}} = 2,2 \cdot 10^{7}\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$$

50 BE