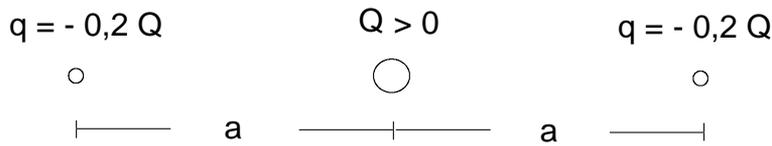


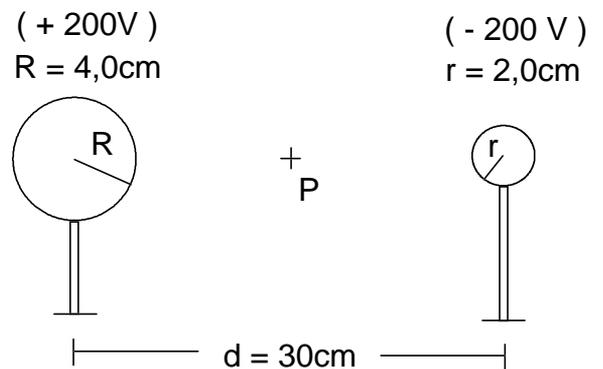
1. Klausur im LK Physik, K12, 17.11.2003

1. Die drei elektrischen Ladungen q , Q und q liegen auf einer Geraden. Die beiden negativen Ladungen q haben von Q jeweils den Abstand a . Es gilt $q = -\frac{1}{5} Q$.



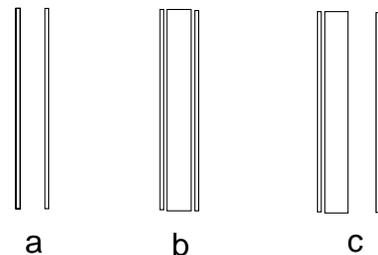
- [3] a) Begründen Sie kurz, dass es genau zwei "feldfreie" Punkte (d.h. Punkte mit $\vec{E} = 0$) gibt.
 [6] b) Zeichnen Sie ein sauberes, qualitativ richtiges Feldlinienbild der angegebenen Ladungsverteilung (Beiblatt verwenden!). Verwenden Sie hierbei, dass die feldfreien Punkte von Q ungefähr den Abstand $1,9 a$ haben. Vergessen Sie nicht die "Feldlinienrichtung".
 [4] c) Tragen Sie in Ihre Zeichnung aus 1b) typische Äquipotentiallinien ein.

2. Die Mittelpunkte zweier Konduktorkugeln mit den Radien $R = 4,0\text{cm}$ und $r = 2,0\text{cm}$ haben den Abstand $d = 30\text{cm}$ voneinander. Der Punkt P befindet sich genau zwischen den beiden Mittelpunkten. Die große Kugel wird mit einer Spannung von $+200\text{V}$, die kleine mit einer Spannung von -200V aufgeladen.



- [3] a) Berechnen Sie die Ladungen Q_1 und Q_2 auf den beiden Kugeln.
 [3] b) Welches Potential hat der Punkt P ? (Ersatzergebnis $\varphi(P) = +25\text{V}$)
 [2] c) Die Ladung $q = -1,6 \cdot 10^{-19}\text{As}$ soll aus großer Entfernung zum Punkt P gebracht werden. Welche Arbeit ist dazu erforderlich?
 [2] d) Anschließend soll q von P aus auf die Oberfläche der kleinen Kugel gebracht werden. Welche Arbeit ist dazu erforderlich?
 [6] e) Die beiden Kugeln werden kurzfristig leitend miteinander verbunden. Welches Potential hat anschließend die große Kugel?

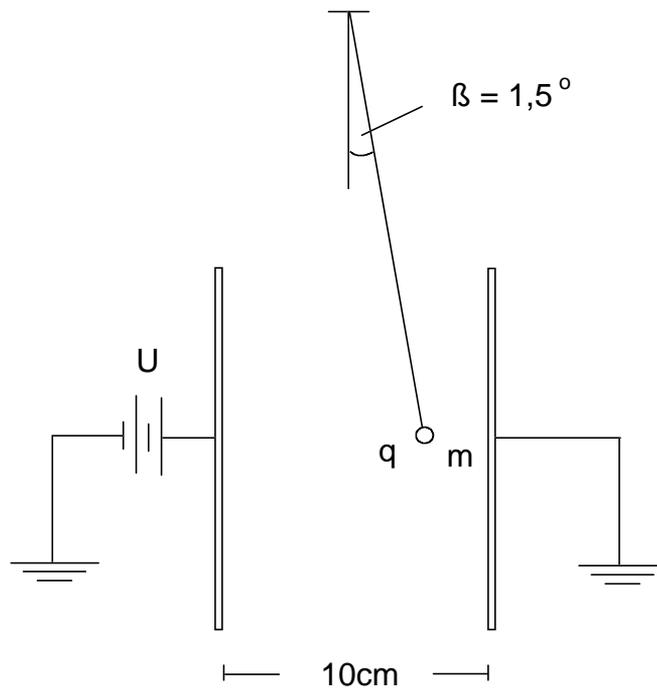
3. Ein Plattenkondensator mit quadratischen Platten ($a = 20\text{cm}$) und dem Plattenabstand $d = 3,0\text{cm}$ wird mit einer Spannung von $U_0 = 400\text{V}$ aufgeladen und anschließend von der Spannungsquelle getrennt.



- [4] a) Bestimmen Sie die Ladung Q auf den Platten und die Energie W des elektr. Feldes zwischen den Platten.
 [3] b) Es wird ein Glasplatte der Dielektrizitätszahl $4,0$ eingeführt, die den Raum zwischen den Platten vollständig ausfüllt. Wie ändern sich U und W ?
 [5] c) Anschließend wird der Plattenabstand auf $6,0\text{cm}$ verdoppelt. Wie ändern sich jetzt U und W ?

4. Zwischen den Platten eines zunächst ungeladenen Kondensators mit dem Plattenabstand 10cm hängt an einem 80cm langen (masselosen) Faden eine leichte Metallkugel der Masse $m = 5,0\text{g}$. Diese Metallkugel ist mit der Ladung $q = 2,0 \cdot 10^{-8}\text{C}$ aufgeladen. Nun wird die Spannung am Kondensator kontinuierlich von 0V bis zur Spannung U erhöht, bis die Kugel am Faden um den Winkel $\beta = 1,5^\circ$ ausgelenkt ist.

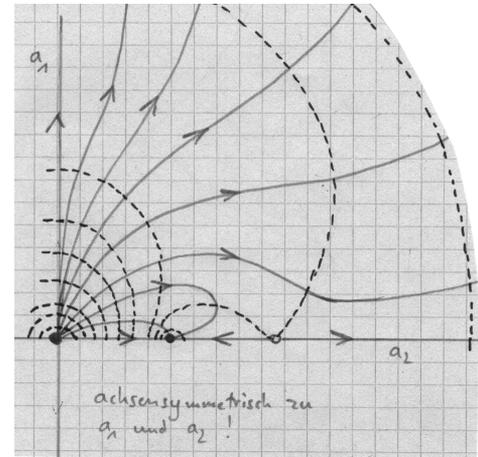
- [6] a) Zeichnen Sie das Kräfte diagramm für die ausgelenkte Kugel.
Berechnen Sie die elektrische Kraft F_{el} auf die Kugel. (Ersatzergebnis: $F_{\text{el}} = 1,1 \cdot 10^{-3}\text{N}$)
- [3] b) Berechnen Sie die angelegte Spannung U .



Gutes Gelingen! G.R.

Lösung:

1. a) Die Gerade, auf der die drei Ladungen liegen, ist eine Feldlinie. In großer Entfernung von den Ladungen "sieht" man $Q_{\text{ges}} = +0,6Q$, d.h. die Feldlinien sind nach außen orientiert. Dicht bei der Ladung $q < 0$ zeigen die Feldlinien aber in Richtung auf q , d.h. es muss ein feldfreier Punkt auf dieser Geraden rechts von der rechten Ladung q und links von der linken Ladung q liegen.
- b) siehe Bild
- c) siehe Bild



2. a) $Q_1 = 4\pi\epsilon_0 \cdot r_1 \cdot U_1 = 4\pi\epsilon_0 \cdot 0,040\text{ m} \cdot 200\text{ V} = 8,9 \cdot 10^{-10}\text{ As}$ (große Kugel)
 $Q_2 = 4\pi\epsilon_0 \cdot r_2 \cdot U_2 = -\frac{Q_1}{2} = 4\pi\epsilon_0 \cdot 0,020\text{ m} \cdot (-200\text{ V}) = -4,4 \cdot 10^{-10}\text{ As}$
- b) $\varphi(P) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q_1}{\frac{d}{2}} + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q_2}{\frac{d}{2}} = \frac{1}{2\pi\epsilon_0 d} \cdot \frac{Q_1}{2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{8,9 \cdot 10^{-10}\text{ As}}{0,30\text{ m}} = 27\text{ V}$
- c) $W = \varphi(P) \cdot q = 27\text{ V} \cdot (-1,6 \cdot 10^{-19}\text{ As}) = -4,3 \cdot 10^{-18}\text{ J}$
 D. h. diese Arbeit W wird vom elektrischen Feld verrichtet.
- d) $W = [\varphi(\text{Kugel 2}) - \varphi(P)] \cdot q = [-200\text{ V} - 27\text{ V}] \cdot (-1,6 \cdot 10^{-19}\text{ As}) = 3,6 \cdot 10^{-17}\text{ J}$
 Diese Arbeit W muss (von außen) verrichtet werden.
- e) $Q_{\text{ges}} = Q_1 + Q_2 = \frac{1}{2} Q_1$ verteilt sich auf die beiden Konduktorkugeln.
 Wegen $U_{1,\text{neu}} = U_{2,\text{neu}} = U_n$ und $C_1 = \frac{r_1}{r_2} C_2 = 2C_2$ folgt
 $Q_{1,\text{neu}} = 2Q_{2,\text{neu}}$, d.h. $Q_{1,\text{neu}} = \frac{2}{3} \cdot \frac{1}{2} \cdot Q_1 = \frac{1}{3} Q_1 = 3,0 \cdot 10^{-10}\text{ As}$
 $Q_{2,\text{neu}} = 1,5 \cdot 10^{-10}\text{ As}$
 $U_{1,\text{neu}} = \frac{Q_{1,\text{neu}}}{C_1} = \frac{1}{3} \cdot \frac{Q_1}{C_1} = \frac{1}{3} \cdot U_1 = \frac{200\text{ V}}{3} = 67\text{ V}$ Potential der großen Kugel.
3. a) $C_o = \epsilon_0 \frac{A}{d} = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{As}}{\text{Vm}} \cdot \frac{(0,20\text{ m})^2}{0,030\text{ m}} = 1,2 \cdot 10^{-11}\text{ F}$
 $Q_o = C_o U_o = 1,2 \cdot 10^{-11}\text{ F} \cdot 400\text{ V} = 4,8 \cdot 10^{-9}\text{ As}$
 $W_o = \frac{1}{2} C_o U_o^2 = \frac{1}{2} \cdot 1,2 \cdot 10^{-11}\text{ F} \cdot (400\text{ V})^2 = 9,6 \cdot 10^{-7}\text{ J}$
- b) $C_1 = 4,0 \cdot C_o$ und $Q_o = Q_1 = C_1 \cdot U_1 \Rightarrow U_1 = \frac{1}{4} U_o = 100\text{ V}$
 $W_1 = \frac{1}{2} C_1 U_1^2 = \frac{1}{2} \cdot 4,0 C_o \cdot \frac{1}{16} U_o^2 = \frac{1}{4} W_o = 2,4 \cdot 10^{-7}\text{ J}$
- c) $\frac{1}{C_{\text{neu}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_o} = \frac{1}{4C_o} + \frac{1}{C_o} = \frac{5}{4C_o} \Rightarrow C_{\text{neu}} = \frac{4}{5} C_o$
 $Q_{\text{neu}} = Q_o \Rightarrow U_{\text{neu}} = \frac{Q_{\text{neu}}}{C_{\text{neu}}} = \frac{5}{4} U_o = 500\text{ V}$
 $W_{\text{neu}} = \frac{1}{2} C_{\text{neu}} (U_{\text{neu}})^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{4}{5} \cdot C_o \cdot \frac{25}{16} U_o^2 = \frac{5}{4} W_o = 1,2 \cdot 10^{-6}\text{ J}$

$$4. a) \quad \tan \beta = \frac{F_{el}}{F_g}$$

mit

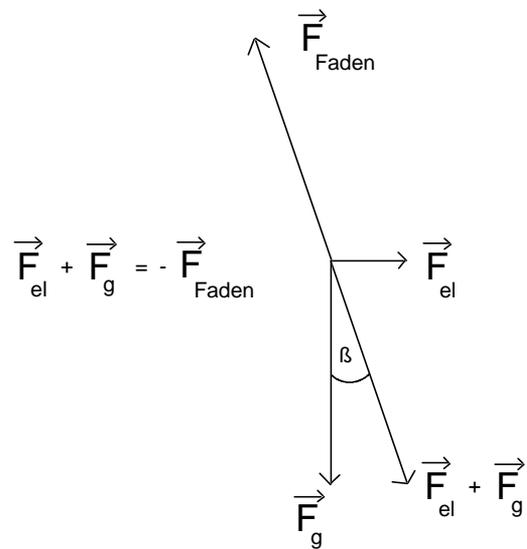
$$F_g = mg = 0,0050\text{kg} \cdot 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$$

$$F_g = 0,049\text{N}$$

folgt

$$F_{el} = mg \tan 1,5^\circ$$

$$F_{el} = 1,3 \cdot 10^{-3} \text{N}$$



$$b) \quad F_{el} = q \cdot E = q \cdot \frac{U}{d} \quad \Rightarrow$$

$$U = \frac{F_{el} \cdot d}{q} = \frac{1,3 \cdot 10^{-3} \text{N} \cdot 0,10 \text{m}}{2,0 \cdot 10^{-8} \text{As}} = 6,5 \text{kV}$$