

LK Physik * K12 * Aufgabenblatt 2 zur Elektrizitätslehre

1. Wir messen Ladungen mit dem Messverstärker; die Größe der Ladungen liegt dabei meist im Bereich von 10^{-7} C bis 10^{-9} C .

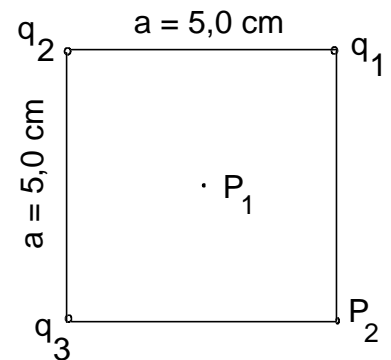
Die Einheit 1 Coulomb scheint also recht groß zu sein. Hierzu die folgende Aufgabe:

- Berechnen Sie die Kraft, mit der sich zwei Ladungen von je 1,0 C im Abstand von 100 m abstoßen?
- Erde ($m_E = 6,0 \cdot 10^{24} \text{ kg}$) und Mond ($m_M = 7,3 \cdot 10^{22} \text{ kg}$) ziehen sich auf Grund der Gravitation an. Welche gleichgroßen elektrischen Ladungen müssten diese beiden Himmelskörper tragen, damit die elektrostatische Abstoßung die gravitative Anziehung gerade kompensiert?

2. In den Ecken eines Quadrats der Kantenlänge 5,0cm sitzen drei Ladungen $q_1 = 100 \text{ pC}$, $q_2 = -200 \text{ pC}$ und $q_3 = 100 \text{ pC}$ (siehe Bild!).

P_1 ist der Mittelpunkt des Quadrats, P_2 der ladungsfreie Eckpunkt des Quadrats.

- Berechnen Sie in den beiden Punkten P_1 und P_2 die elektrische Feldstärke.
- Berechnen Sie in den beiden Punkten P_1 und P_2 das elektrische Potential.
- Berechnen Sie die Spannung zwischen den beiden Punkten P_2 und P_1 . Welche Arbeit benötigt man, um ein Elektron von P_2 nach P_1 zu bringen?



3. Eine zunächst ungeladene Metallkugel (Radius $r = 4,0 \text{ cm}$) wird mit der Ladung $Q = 20 \text{ nC}$ aufgeladen.

- Welche Arbeit ist hierfür erforderlich?
- Welche Spannung liegt dann zwischen der Kugel und "Erde" an?

4. Eine Seifenblase mit Radius $R = 2,5 \text{ cm}$ wird auf eine Spannung von 2,0kV aufgeladen.

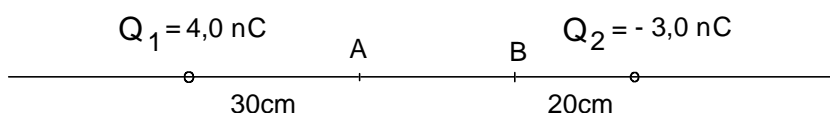
Durch Zerplatzen der Seifenblase entsteht ein Tröpfchen mit dem Radius $r = 0,5 \text{ mm}$.

Auf welchem Potential befindet sich das Tröpfchen, wenn man annimmt, dass das Tröpfchen nur noch 60% der Ladung (und der Flüssigkeit) der Seifenblase besitzt?

5. Im Abstand $a = 80 \text{ cm}$ befinden sich zwei Ladungen $Q_1 = 4,0 \text{ nC}$ und $Q_2 = -3,0 \text{ nC}$. Die Punkte A und B befinden sich auf der Verbindungsgeraden der beiden Ladungen. A liegt 30cm rechts von Q_1 und B liegt 20cm links von Q_2 (siehe Bild!).

- Auf welchem Potential befinden sich die Punkte A bzw. B ?
- Welche Arbeit ist erforderlich, um eine Probeladung $q = 2,0 \cdot 10^{-11} \text{ C}$ von A nach B zu bringen?
- Gibt es auf der Verbindungsgeraden der beiden Ladungen einen Punkt mit dem Potential 0V?
- Gibt es auf der Verbindungsgeraden der beiden Ladungen einen Punkt, in dem die elektrische Feldstärke $0 \frac{\text{V}}{\text{m}}$ beträgt?

Zeichnen Sie nun ein Feldlinienbild mit charakteristischen Äquipotentiallinien.



Lösungen:

1. a) $F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{1,0\text{C} \cdot 1,0\text{C}}{(100\text{m})^2} = 9,0 \cdot 10^5 \text{ N}$
 b) $F_{\text{grav}} = F_{\text{el}} \Rightarrow Q = \sqrt{G^* \cdot M_E \cdot M_M \cdot 4\pi\epsilon_0} = 5,7 \cdot 10^{13} \text{ C}$

2. a) in P_1 : $E(P_1) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_2}{(\frac{\sqrt{2}}{2}a)^2} = 1,44 \cdot 10^3 \frac{\text{V}}{\text{m}}$
 in P_2 : $E(P_2) = \sqrt{2} \cdot \frac{1}{4} E(P_1) - \frac{1}{4} E(P_1) = 149 \frac{\text{V}}{\text{m}}$ denn $E_1 = E_2 = E_3 = \frac{1}{4} E(P_1)$

Bild zu P_1

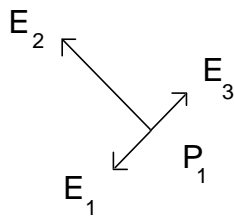
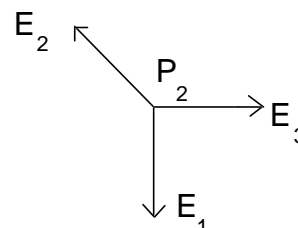


Bild zu P_2



b) $\varphi(P_1) = \varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3 = 2\varphi_1 + \varphi_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \left(\frac{2q_1}{\frac{\sqrt{2}}{2}a} + \frac{q_2}{\frac{\sqrt{2}}{2}a} \right) = 0 \text{ V}$

analog $\varphi(P_2) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \left(\frac{2q_1}{a} + \frac{q_2}{\sqrt{2}a} \right) = 11 \text{ V}$

c) $U_{21} = \varphi(P_2) - \varphi(P_1) = 11 \text{ V}$; $W_{21} = e \cdot U_{21} = -11 \text{ eV} = -1,8 \cdot 10^{-18} \text{ J}$

$W_{21} < 0$ ist die vom Feld verrichtete Arbeit, d.h. nicht das Feld sondern wir verrichten die Arbeit von 11eV. (P_2 hat positives Potential bzw. P_1 .)

3. a) Trägt die Kugel mit Radius r bereits die Ladung q , so benötigt man die Arbeit $\Delta W = \varphi(q) \cdot \Delta q$, um die Ladung Δq zusätzlich auf die Kugel zu bringen;

hierbei ist $\varphi(q) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{r}$. Durch Integration erhält man daher:

$$W_{\text{ges}} = \int_0^Q \varphi(q) dq = \frac{1}{4\pi\epsilon_0 r} \left[\frac{q^2}{2} \right]_0^Q = \frac{Q^2}{8\pi\epsilon_0 r} = 4,5 \cdot 10^{-5} \text{ J}$$

b) $\varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q}{r} = 4,5 \text{ kV}$; $U_{\text{Kugel, Erde}} = 4,5 \text{ kV}$

4. $\varphi_{\text{Seifenblase}} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q}{R} = 2,0 \text{ kV}$; mit $R = 2,5 \text{ cm}$ und $r = 0,5 \text{ mm} = \frac{1}{50} R$ und $Q_2 = 0,60 \cdot Q$ folgt damit $\varphi_{\text{Tröpfchen}} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q_2}{r} = 0,6 \cdot 50 \cdot \varphi_{\text{Seifenblase}} = 60 \text{ kV}$

$$5. a) \quad \varphi(A) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \left(\frac{Q_1}{0,30\text{m}} + \frac{Q_2}{0,50\text{m}} \right) = +66\text{V}$$

$$b) \quad \varphi(B) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \left(\frac{Q_1}{0,60\text{m}} + \frac{Q_2}{0,20\text{m}} \right) = -75\text{V} \quad ; \quad \varphi_{AB} = \varphi(A) - \varphi(B) = +141\text{V}$$

$$W_{AB} = \varphi_{AB} \cdot q = 2,8 \cdot 10^{-9}\text{J} \quad ; \quad W_{AB} \text{ wird vom Feld verrichtet.}$$

c) Im Abstand $x = 46\text{cm}$ rechts von Q_1 herrscht das Potential 0V , denn:

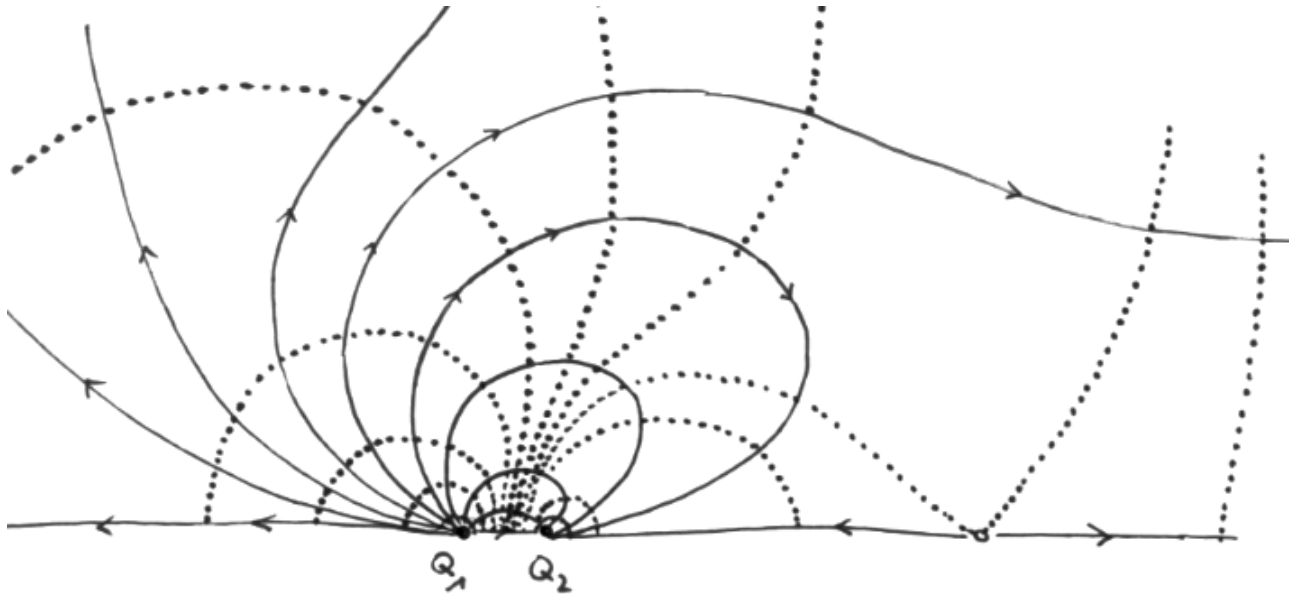
$$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \left(\frac{Q_1}{x} + \frac{Q_2}{(0,80\text{m} - x)} \right) \stackrel{!}{=} 0\text{V} \Leftrightarrow 4,0 \cdot (0,80\text{m} - x) = 3,0 \cdot x \Leftrightarrow x = 46\text{cm}$$

d) Im Abstand $z = 5,2\text{m}$ rechts von Q_2 liegt ein "feldfreier" Punkt, denn:

$$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \left(\frac{Q_1}{(0,80\text{m} + z)^2} + \frac{Q_2}{z^2} \right) \stackrel{!}{=} 0 \frac{\text{V}}{\text{m}} \Leftrightarrow 4,0z^2 = 3(0,80\text{m} + z)^2 \Leftrightarrow$$

$$z^2 - 4,8\text{m} \cdot z - 1,92\text{m}^2 = 0 \quad \Leftrightarrow \quad z = 5,2\text{m}$$

($z_2 = -0,37\text{m}$ ist keine Lösung der Aufgabe!)



$$Q_1 = 4,0\text{ nC} \quad Q_2 = -3,0\text{ nC}$$

"feldfreier Punkt"

Der Feldverlauf ist spiegelsymmetrisch bezüglich der Verbindungsgeraden durch die beiden Punktladungen