Alexey Ustinov, Hannes Rotzinger Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Übungen/Lösungen zur Klassischen Experimentalphysik II SS 2017

Übungsblatt 2 · Besprechung am 10. Mai 2017

http://www.phi.kit.edu/phys2.php ILIAS KPW: *KPII-SS2017*

Aufgabe 4: Potential

(a) Potential:

$$\varphi = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r}$$

in P_1:

$$\varphi_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\sum_{i=1}^{3}\frac{Q_i}{r_{1i}} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\left(\frac{Q_1}{a} + \frac{Q_2}{a\sqrt{2}} + \frac{Q_3}{a}\right)$$

mit $a = 0.04\,\mathrm{m}$, $Q_1 = +100\,\mathrm{pC}$, $Q_2 = -200\,\mathrm{pC}$ und $Q_3 = +300\,\mathrm{pC}$.

$$\rightarrow \varphi_1 = 58,1\mathrm{V}$$

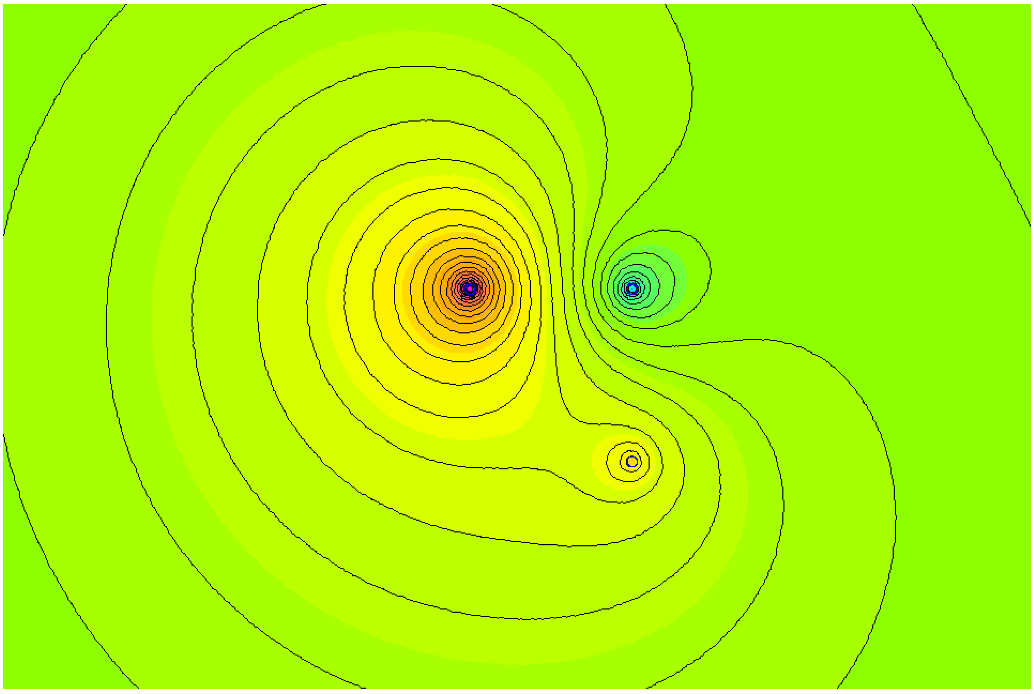
in P_2:

$$\varphi_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\sum_{i=1}^{3}\frac{Q_i}{r_{2i}} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{2}{a\sqrt{2}}(Q_1 + Q_2 + Q_3)$$

$$\rightarrow \varphi_2 = 63,6\mathrm{V}$$

$$U = \Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1 = 5.5\mathrm{V}$$

(b) Wie aus der unten stehenden Potentialverteilung ersichtlich ist, ist der Gradient am größten zwischen den Punktladungen Q_2 und Q_3 und daher wirkt auch dort die größte Kraft.



Die schwarzen Linien geben konstante Potentiale an (Äquipotentiallinien).

Aufgabe 5: HCL Molekül

Vorbereitung:
Potential φ; $\vec{p}$ Dipolmoment:

$$\varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{\vec{p}\cdot\vec{r}}{r^3}$$

$$\varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{p_z \cdot z}{r^3}$$

mit $r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$

$$\vec{E} = -\operatorname{grad}\varphi$$

$$\frac{\partial}{\partial x}\frac{1}{r^3} = -3\frac{1}{r^4}\frac{\partial r}{\partial x} = -\frac{3x}{r^5}$$

(mit $\frac{\partial r}{\partial x} = \frac{1}{2}\frac{2x}{r} = \frac{x}{r}$)

$$\frac{\partial}{\partial y}\frac{1}{r^3} = -3\frac{1}{r^4}\frac{\partial r}{\partial y} = -\frac{3y}{r^5}$$

$$\frac{\partial}{\partial z}\frac{1}{r^3}z = \frac{1}{r^3} - \frac{3z^2}{r^5}$$

damit

$$\vec{E} = -\frac{1}{4\pi\epsilon_0}p_z\begin{pmatrix} -\frac{3xz}{r^5} \\ -\frac{3yz}{r^5} \\ \frac{1}{r^3} - \frac{3z^2}{r^5}\end{pmatrix}$$

(a)

$$\vec{r} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1\,\mathrm{nm}\end{pmatrix}$$

mit $|r| = 1\,\mathrm{nm}$;

$$p_z\frac{1}{4\pi\epsilon_0} = \frac{3.4\cdot 10^{-30}\mathrm{Asm}}{4\pi 8.86\cdot 10^{-12}\frac{As}{Vm}}$$

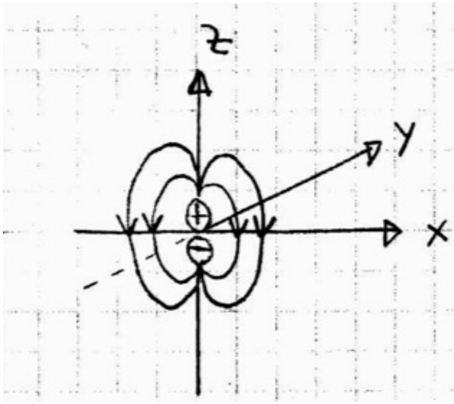
einsetzen:

$$\vec{E} = -3.05\cdot 10^{-20}\mathrm{Vm}^2\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ -2/1\mathrm{nm}^3\end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 6.1\cdot 10^7\mathrm{V/m}\end{pmatrix}$$

(b)

$$\vec{r} = \begin{pmatrix} 1\,\mathrm{nm} \\ 0 \\ 0\end{pmatrix}$$

$$\vec{E} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ -3.05 \cdot 10^7 \mathrm{V/m} \end{pmatrix}$$



Aufgabe 6:

(a)

$$E = U/d \rightarrow U = Ed = 10^6\,\mathrm{V/m} \cdot 7 \cdot 10^{-4}\,\mathrm{m} = 700\,\mathrm{V}$$

(b) Das Elektrische Feld an der Oberfläche der Kugel ist identisch mit dem Feld einer Punktladung in der Mitte der Kugel im Abstand R:

$$10^6\,\mathrm{V/m} > |\vec{E}| = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R^2} \rightarrow 10^6\mathrm{V/m} = 1,11 \cdot 10^{-6}\,\mathrm{C} \approx 1\mu\mathrm{C}$$

(c) $10^6\ \mathrm{V/m} > |\vec{E}| = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R^2} \rightarrow R^2 = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 10^6\mathrm{V/m}} \rightarrow R = 94,8\mathrm{m}.$

(d)

$$U = \frac{Q}{C} = \frac{4\pi\epsilon_0 R^2 E_{max}}{4\pi\epsilon_0 R} = R \cdot 10^6\mathrm{V/m}; U_b = 100\,\mathrm{kV}, U_c = 95\,\mathrm{MV}$$

(e) Es kommt zum Potentialausgleich: Ladungen fließen auf die kleinere Kugel; dadurch steigt die Feldstärke auf der Oberfläche der kleinen Kugel und es kommt zu einer Funkenentladung. Das Prinzip der Spitzenentladung (könnte man in der Übung diskutieren).