

Übungen/Lösungen zur Klassischen Experimentalphysik II SS 2017

Übungsblatt 1 · Besprechung am 3. Mai 2017

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

Hinweis: Alle Aufgaben, auch in den folgenden Arbeitsblättern, sollen unter Benutzung von **SI** Einheiten bearbeitet werden.

Aufgabe 1: Coulomb-Gesetz und Gravitation (3 Punkte)

- (a) Vergleichen Sie die zwischen zwei Elektronen (Masse $m_e = 9,109 \cdot 10^{-31}$ kg, Ladung: $Q = -q_e$) wirkende elektrische Kraft mit der Gravitationskraft.
- (b) Wie groß müsste die Masse der Elektronen sein, damit beide Kräfte sich das Gleichgewicht halten?
- (c) Welche spezifische Ladung q/m müssen zwei Massen mit der Masse m_1 und m_2 m besitzen damit beide Kräfte sich das Gleichgewicht halten?
- (d) Welche Ladung müsste die Erde ($m_E = 5,976 \cdot 10^{24}$ kg) und der Mond ($m_M = 7,347 \cdot 10^{22}$ kg) haben, damit die Gravitationskraft gerade von der elektrischen Kraft kompensiert wird (unter Vernachlässigung der Zentrifugalkraft)?

Lösung:

- (a) $\frac{F_C}{F_G} = \frac{e^2/4\pi\epsilon_0 r^2}{Gm_e^2/r^2} = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 Gm_e^2} = 4 \cdot 10^{42}$
- (b) $\frac{F_C}{F_G} = 1 \rightarrow m_e = \sqrt{\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 G}} = 1,86 \cdot 10^9 \text{ kg}$
- (c) $\frac{q}{m}$ ist identisch für beide Massen: $\frac{q_1 q_2}{m_1 m_2} = 4\pi\epsilon_0 G$, also $\frac{q}{m} = \sqrt{4\pi\epsilon_0 G} = 8,62 \cdot 10^{-11} \text{ C/kg}$.
- (d) Erde: $q_E = 5,15 \cdot 10^{14} \text{ C}$, Mond $q_M = 6,63 \cdot 10^{12} \text{ C}$.

Aufgabe 2: Elektrische Kräfte im Atomen (3 Punkte)

Nach dem Bohrschen Atommodell des Grundzustandes des Wasserstoffatoms umkreist den Kern, der eine positive Elementarladung trägt, im Abstand $r_1 = 5,29 \cdot 10^{-11} \text{ m}$ ein Elektron auf einer kreisförmigen Bahn ('K-Schale').

- (a) Berechnen Sie die elektrische Feldstärke auf dieser Elektronenbahn.
- (b) Berechnen Sie die Kraft auf das Elektron auf dieser Elektronenbahn.
- (c) Welches elektrische Potential hat das Elektron auf dieser Elektronenbahn?
- (d) Welche Feldstärke- und Potentialdifferenz besteht zwischen der K- und der darüber liegenden L-Schale, die einen Bahnradius von $r_2 = 4r_1$ besitzt?

Lösung:

- (a) Feldstärke ist $|E| = |F/q| = e/(4\pi\epsilon_0 r_1^2) = 5,15 \cdot 10^{11} \text{ V/m} = 515 \text{ GV/m}$.

(b) Kraft: $F_1 = e^2/(4\pi\epsilon_0 r_1^2) = 8.24 \cdot 10^{-8} \text{ N}$

(c) $\phi = - \int_{\infty}^r E dr = - \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \int_{\infty}^r \frac{dr}{r} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r} = 27,2 \text{ V}.$

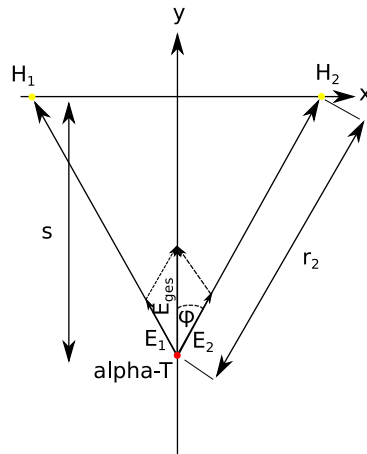
(d) Wegen $r_2 = 4r_1$ ist $E_2 = E_1/16 \rightarrow \Delta E = 428 \text{ GV/m}$ und $\phi_2 = \phi_1/4$, daher $\Delta\phi = 20,4 \text{ V}.$

Aufgabe 3 Elektrische Kräfte im Molekülen (4 Punkte)

Ein Wasserstoffmolekül besteht aus zwei Wasserstoffatomen, deren Kerne (je ein Proton mit einer positiven Elementarladung) einem Abstand von $b = 7,4 \cdot 10^{-11} \text{ m}$ voneinander haben. Durch dieses Molekül fliegt ein schnelles Alpha-Teilchen mit einer Ladung von zwei positiven Elementarladungen. Das punktförmige Alpha-Teilchen bewege sich entlang der Mittelsenkrechten zur Molekülachse; seine Geschwindigkeit ist dabei so hoch, dass die Wasserstoffkerne während des Durchflugs als unbewegt angesehen werden können.

- Skizzieren Sie die Anordnung. Zeichnen Sie für eine Position des Alpha-Teilchens etwas außerhalb des Moleküls die Kraftvektoren ein.
- Wie groß ist die Feldstärke auf der Mittelsenkrechten als Funktion des Abstands vom Mittelpunkt des Wasserstoffmoleküls?
- Wie groß ist die Kraft auf das Alphateilchen als Funktion des Abstands vom Mittelpunkt des Wasserstoffmoleküls?
- An welcher Stelle wird die Kraft, die auf das Alphateilchen wirkt maximal?
- Wie groß ist die maximale Kraft, die auf das Alphateilchen wirkt?

Lösung:



(a) siehe Skizze, $E_x(s) = 0$

(b)

$$r_1 = r_2 = r = \sqrt{\left(\frac{b}{2}\right)^2 + s^2}$$

$$\cos \varphi = \frac{s}{r}$$

Feldstärke:

$$|E_1| = \frac{e}{4\pi\epsilon_0 r_1^2}$$
$$E_{1,y} = \frac{e}{4\pi\epsilon_0} \frac{\cos\varphi}{r^2}$$

$$E_y(s) = E_{1,y} + E_{2,y} = 2E_{1,y} = \frac{2e}{4\pi\epsilon_0} \frac{s}{\left(\left(\frac{b}{2}\right)^2 + s^2\right)^{3/2}}$$

(c) Kraft auf ein α -Teilchen: $Q_2 = 2e$

$$F_{ges} = \frac{e}{\pi\epsilon_0} \frac{s}{\left(\left(\frac{b}{2}\right)^2 + s^2\right)^{3/2}}$$

$$(d) \quad F_{ges} = \max \rightarrow \frac{dF_{ges}}{ds} = 0 \rightarrow \frac{\left(\left(\frac{b}{2}\right)^2 + s^2\right)^{3/2} - \frac{3}{2}s\left(\left(\frac{b}{2}\right)^2 + s^2\right)^{1/2}2s}{\left(\left(\frac{b}{2}\right)^2 + s^2\right)^{3/2}} = 0 \rightarrow s = \frac{1}{2\sqrt{2}}b = 2,6 \cdot 10^{-11} \text{ m}$$

$$(e) \quad F_{ges} = 0,26 \mu \text{ N}$$