
Übungen zur Physik für Chemiker II SoSe 21

Prof. Dr. M. Agio, L. Strauch

Lösung 1

Ausgabe: Mi, 21.04.2021

Aufgabe 1. Elektrische Kraft und Gravitationskraft

- (a) Berechnen Sie den Betrag der elektrischen Kraft zwischen Atomkern und Elektron bei einem Wasserstoffatom. Der Radius r beträgt $r = 5,3 \cdot 10^{-11}$ m.
- (b) Vergleichen Sie den Wert von a) mit der Gravitationskraft $F_G = G \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$ (mit $G = 6,674 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3/\text{kg s}^2$) zwischen Atomkern und Elektron. Welche Folgerung kann man daraus ziehen ?

Hinweis: Elementarladung $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C, $m_e = 9,11 \cdot 10^{-31}$ kg, $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27}$ kg

Lösung 1.

(a)

$$F_C = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{e^2}{r^2} = \frac{1}{4\pi \cdot 8,854 \cdot 10^{-12} \text{ A s}/(\text{V m})} \cdot \frac{(1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C})^2}{(5,3 \cdot 10^{-11} \text{ m})^2} = 8,21 \cdot 10^{-8} \text{ N}$$

(b)

$$F_G = G \cdot \frac{m_p \cdot m_e}{r^2} = 6,673 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3/\text{kg s}^2 \cdot \frac{1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \cdot 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}}{(5,3 \cdot 10^{-11} \text{ m})^2} = 3,6 \cdot 10^{-47} \text{ N}$$

Die Gravitationskraft ist vernachlässigbar klein !

Aufgabe 2. Die elektrische Ladung I

Zwei Massenpunkte mit den Massen $m_1 = m_2 = 1 \cdot 10^{-3}$ kg tragen die Ladungen $Q_1 = 1 \cdot 10^{-13}$ C und Q_2 .

- (a) Wie groß muss Q_2 sein, damit sich Gravitationskraft und elektrische Kraft gegenseitig aufheben ?
- (b) Für welchen Abstand r gilt dieses Kräftegleichgewicht ?

Lösung 2.

(a)

$$\begin{aligned}F_C &= F_G \\ \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2} &= G \cdot \frac{m^2}{r^2} \\ \Leftrightarrow Q_2 &= 4\pi\epsilon_0 \cdot G \cdot \frac{m^2}{Q_1} \\ Q_2 &= 4\pi \cdot 8,854 \cdot 10^{-12} \frac{\text{As}}{\text{Vm}} \cdot 6,673 \cdot 10^{-11} \text{m}^3/\text{kgs}^2 \cdot \frac{(1 \cdot 10^{-3} \text{kg})^2}{1 \cdot 10^{-13} \text{C}} \\ \Rightarrow Q_2 &= 7,42 \cdot 10^{-14} \text{C}\end{aligned}$$

(b) Das Kräftegleichgewicht gilt für jeden Abstand, da sich r in der Gleichung rauskürzt.

Aufgabe 3. Die elektrische Ladung II

Gegeben sind zwei positive Ladungen $Q_1 = 8,5 \text{ nC}$ und $Q_2 = 5,5 \text{ nC}$, die im Abstand d voneinander entfernt sind. Auf der Verbindungsstrecke der beiden Ladungen befindet sich im Abstand $s = 10 \text{ cm}$ von der Ladung Q_1 ein Punkt P, in dem die Coulombkraft F_C null ist. Berechnen Sie den Abstand d der beiden Punktladungen.

Lösung 3.

$$\begin{aligned}F_{Q_1P} &= F_{Q_2P} \\ \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_P}{s^2} &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q_2 \cdot Q_P}{(d-s)^2} \\ (d-s)^2 &= \frac{Q_2}{Q_1} \cdot s^2 \\ d-s &= \pm \sqrt{\frac{Q_2}{Q_1}} \cdot s \\ d &= s \left(1 \pm \sqrt{\frac{Q_2}{Q_1}} \right) \\ d &= 10 \text{ cm} \cdot \left(1 \pm \sqrt{\frac{5,5 \text{ nC}}{8,5 \text{ nC}}} \right) \\ d &= 18 \text{ cm}\end{aligned}$$

Die Lösung $d = 2 \text{ cm}$ ist nicht sinnvoll, da $d > s$.

Aufgabe 4. Untersuchung der Krafteinwirkung mittels Torsionspendel

Eine metallene Kugel ist mit einem Isolierstil am Torsionsfaden befestigt, dessen Drehwinkel mit einem daran befestigten Spiegel und einem Lichtzeiger kontrolliert wird. Dabei ist die rücktreibende Kraft auf Grund des hookeschen Gesetzes zum Drehwinkel direkt proportional. Die Kugel wird mittels Hochspannungsquelle (Influenzmaschine, Bandgenerator etc) geladen. Eine zweite geladene Kugel wird ihr genähert, wobei die Kraft auf die Kugel in Abhängigkeit vom Mittelpunktsabstand (und eventuell auch in Abhängigkeit von der Kugelladung)

untersucht wird.

Man lässt nun die Kugel auswandern und misst die Abstände des Lichtzeigers von der Ausgangsstellung. Dabei ergeben sich wegen des Auswanderns der drehbaren Kugel Ungenauigkeiten in der Abstandsbestimmung. Da die Lichtzeigerausschläge bei den vorkommenden kleinen Winkelweiten ($< 5^\circ$) direkt proportional zur Winkelweite und damit zur Kraft sind, bringt diese Messmethode im Versuch gute Ergebnisse.



Abbildung 1: Versuchsanordnung

- (a) Beim Versuch mit der Drehwaage nach der Methode wurde der Abstand r zwischen den Kugeln bei gleichbleibender Ladung beider Kugeln variiert und der zugehörige Ausschlag des Lichtzeigers mittels Bleistiftstrich auf einem Papier an der Wand festgehalten (siehe Abb. 2)

Untersuchen Sie, welche Proportionalität sich aus den Beobachtungen ergibt. Ist diese mit der Theorie konsistent ?

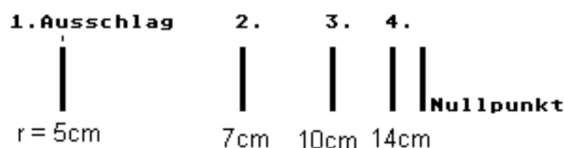
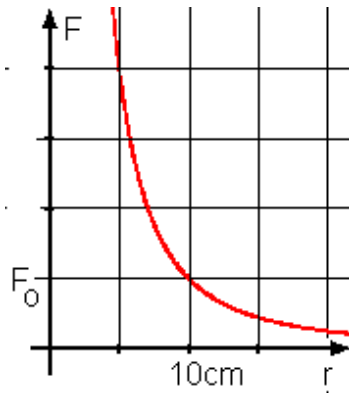


Abbildung 2: Beobachtungen

Lösung 4.

Abbildung 2 zeigt, dass der erste Ausschlag (zu 5 cm) doppelt so groß wie der zweite, dieser wiederum doppelt so groß wie der dritte und dieser wieder doppelt so groß wie der vierte ist. Nennt man den Betrag der zum ersten Ausschlag gehörende Kraft F_0 , so kann man die Ergebnisse wie in der Tabelle unten zusammenfassen und die Werte entsprechend graphisch auftragen.

r in cm	F in F_0	$r^2 \cdot F$ in cm $\cdot F_0$
5	1	25
7	0.5	24.5
10	0.25	25
14	0.125	24.5



Die Versuchsauswertung zeigt, dass das Produkt aus r^2 und F konstant bleibt, was besagt, dass F indirekt proportional zum Quadrat des gegenseitigen Mittelpunktsabstand r ist. Wir erhalten also:

$$F \propto \frac{1}{r^2}$$

Somit ist dies mit der Theorie konsistent.