

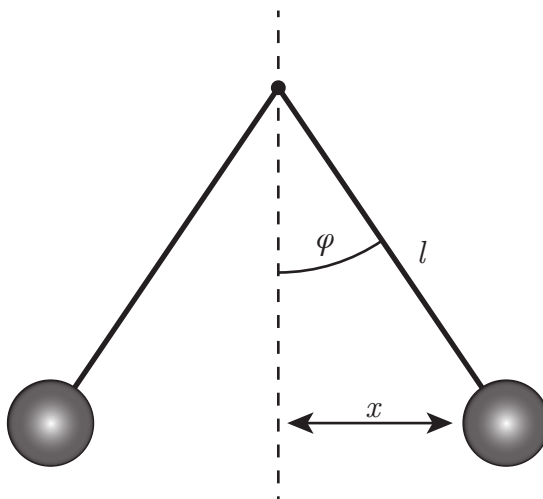
Übungsblatt 1

Besprechung am 18.04.2016

In diesem Blatt behandeln wir die Coulombwechselwirkung und vergleichen sie insbesondere mit der Gravitationskraft zwischen zwei Massen.

Aufgabe 1

Elektroskop. Zwei sehr kleine Kugeln gleicher Masse ($m = 10\text{ g}$) hängen an zwei gleichlangen Drähten der Länge $l = 10\text{ cm}$. Beide Kugel werden elektrisch aufgeladen und tragen dann die Ladungen $q_1 = q_2 = q$. Durch die Coulomb Wechselwirkung werden die Kugeln um eine Strecke $x = 5\text{ cm}$ bezüglich ihrer Ruhelage ausgelenkt.



- Wie groß ist der Betrag der Ladung q der Kugeln?
- Wie würde sich der Betrag der Ladung ändern, wenn die Gravitationskraft zwischen den Kugeln berücksichtigt würde?

Lösung

- Auf die Kugeln wirkt die Gewichtskraft und die Coulomb Kraft. Wir zerlegen die Gewichtskraft in eine Komponente senkrecht und parallel zum Draht, nur die senkrechte Komponente wirkt rücktreibend auf die Kugel, die parallele Komponente wird ja vom Draht kompensiert.

$$F_{G,\perp} = mg \sin \varphi$$

Entsprechend gilt für die Coulombkraft:

$$F_{C,\perp} = F_C \cos \varphi = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 (2x)^2} \cos \varphi$$

Da sich im Gleichgewicht die senkrechten Komponenten genau kompensieren gilt:

$$q = 4x \sqrt{\pi\epsilon_0 mg \tan \varphi} = 4x \sqrt{\pi\epsilon_0 mg \tan \left(\arcsin \left(\frac{x}{L} \right) \right)} = 251.03 \text{ nC}$$

- b) Wie die Coulombkraft wirkt die Gravitation entlang der Verbindungslinie zwischen den zwei Kugeln. Es gilt also:

$$mg \sin \varphi = \left(\frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 (2x)^2} - \frac{Gm^2}{4x^2} \right) \cos \varphi$$

Und damit

$$q = 4x \sqrt{\pi\epsilon_0 \left(mg \tan \varphi + \frac{Gm^2}{4x^2} \right)} = 251.03 \text{ nC}$$

Auf dieser Skala ist also die Korrektur durch die Gravitationskraft zwischen den Kugeln zu vernachlässigen!

Aufgabe 2

Gravitation vs. Coulomb Kraft.

- a) Berechnen Sie den Betrag der Coulomb Kraft zwischen zwei Protonen in einem Abstand $r = 3 \cdot 10^{-15} \text{ m}$ (mittlerer Abstand von Protonen im Atomkern) und vergleichen Sie diesen mit dem Betrag der Gravitationskraft zwischen den Protonen.
- b) Betrachten Sie zwei kleine Kugeln der Masse $m = 15 \text{ g}$ und den Ladungen $q_1 = 1.5 \cdot 10^{-14} \text{ C}$ und q_2 . Wie groß muss q_2 sein, damit sich Coulomb Kraft und Gravitationskraft gerade aufheben? Für welchen Abstand gilt das Kräftegleichgewicht?

Lösung

- a) Die Protonen tragen je eine Elementarladung $e = 1.60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ und haben die Masse $m_p = 1.67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$. Es sind also:

$$F_G = G \frac{m_p^2}{r^2}$$

$$F_C = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r^2} = 25.63 \text{ N}$$

Das Verhältnis aus beiden Kräften ist also:

$$R = \frac{F_G}{F_C} = \frac{4\pi\epsilon_0 G m_p^2}{e^2} = 8.1 \cdot 10^{-37}$$

b) Für das Kräftegleichgewicht gilt $F_G = F_C$ also

$$\frac{Gm^2}{r^2} = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

Da beide Kräfte $\propto 1/r^2$ gilt das Kräftegleichgewicht für alle Abstände r und

$$q_2 = \frac{4\pi\epsilon_0 Gm^2}{q_1} = 111.37 \text{ pC}$$

Aufgabe 3

Wie viel ist eigentlich ein Coulomb? Durch ein handelsübliches Bügeleisen fließen ca. 3 A. Wenn Sie 5 min zum Bügeln eines Hemdes benötigen, wieviel Ladung ist dann geflossen? Angenommen zwei Kugeln im Abstand $d = 1$ m trügen jeweils diese Ladung mit entgegengesetztem Vorzeichen, wie groß wäre die Kraft zwischen den Kugeln?

Lösung Es gilt $I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$, also $\Delta Q = 900$ C. Zwei Kugeln mit je dieser Ladung im Abstand $r = 1$ m würden sich mit der Kraft

$$F = \frac{\Delta Q^2}{4\pi\epsilon_0 r^2} = 7.28 \cdot 10^{15} \text{ N}$$

anziehen. Alle statischen Aufladungen sind offensichtlich viel kleiner!