

**Aufgabe 1: Elektrische Ladung und elektrischer Strom**

**1.1.** Auf eine Metallkugel werden immer mehr Ladungen aufgebracht. Die Menge der Ladungen auf der Kugel folgt der Funktion  $Q(t) = (0,1t^2 + 2t) \text{ nC}$ . Wir betrachten die Zeit von  $t_1 = 0 \text{ s}$  bis  $t_2 = 10 \text{ s}$ .

**1.1.1** Berechne die Stromstärke zum Zeitpunkt  $t_3 = 5 \text{ s}$ .

$$I(t) = \dot{Q}(t) = (0,2t + 2) \text{ nA} \quad I(5 \text{ s}) = (0,2 \cdot 5 + 2) \text{ nA} = 3 \text{ nA}$$

**A: Die Stromstärke zum Zeitpunkt bei  $t = 5 \text{ s}$  beträgt  $3 \text{ nA}$ .**

**1.1.2** Berechne die niedrigste und die höchste Stromstärke, die in dem gegebenen Intervall vorkommt.

Da ist Funktion  $I(t)$  stetig steigend ist, beträgt ist die niedrigste Stromstärke bei  $t = 0 \text{ s}$  und die höchste Stromstärke bei  $t = 10 \text{ s}$ .

$$I(0 \text{ s}) = 2 \text{ nA} \quad I(10 \text{ s}) = (0,2 \cdot 10 + 2) \text{ nA} = 4 \text{ nA}$$

**A: Die niedrigste Stromstärke im Intervall beträgt  $0 \text{ nA}$  und die höchste Stromstärke beträgt  $4 \text{ nA}$ .**

**Aufgabe 2: Flying Frog II**

Nehmen wir an, wir laden einen kleinen Frosch (Masse  $m = 40 \text{ g}$ ) elektrisch mit  $q = 0,02 \text{ C}$  auf.

Dieser Frosch soll in einem Plattenkondensator mit zwei waagrecht stehenden Platten zum Schweben gebracht werden. Die kreisförmigen Platten haben einen Durchmesser von  $2r = 60 \text{ cm}$  und einen Abstand von  $d = 30 \text{ cm}$ .

**2.1** Berechne die Kapazität  $C$  des Plattenkondensators.

$$C = \epsilon_0 \frac{A}{d} = \epsilon_0 \frac{\pi r^2}{d} = 8,8542 \cdot 10^{-12} \frac{(\text{As})^2}{\text{Nm}^2} \frac{\pi (0,30 \text{ m})^2}{0,3 \text{ m}} = 8,34 \cdot 10^{-12} \frac{(\text{As})^2}{\text{Nm}}$$
$$= 8,34 \cdot 10^{-12} \frac{\text{C}}{\text{V}} = 8,34 \cdot 10^{-12} \text{ F} = 8,34 \text{ pF}$$

**A: Die Kapazität beträgt  $8,3 \text{ pF}$ .**

**2.2** Berechne die Spannung, die angelegt werden muss, damit der Frosch zum Schweben gebracht werden kann. (Kontrollergebnis: ca.  $5,9 \text{ V}$ )

$$F_G = F_E \Leftrightarrow mg = QE \Leftrightarrow E = \frac{mg}{Q} \Leftrightarrow \frac{U}{d} = \frac{mg}{Q} \Leftrightarrow U = \frac{dmg}{Q}$$
$$\Leftrightarrow U = \frac{0,3 \text{ m} \cdot 0,04 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ N kg}^{-1}}{0,02 \text{ C}} = 5,886 \frac{\text{Nm}}{\text{As}} = 5,886 \text{ V}$$

**A: Die Spannung beträgt ca.  $5,9 \text{ V}$ .**

**2.3** Der Frosch schwebt in der Mitte zwischen den Platten. Nun wird die Spannung verdoppelt. Berechne die Zeit, bis der Frosch die obere Platte berührt. (Der Frosch darf als Massenpunkt

## Physik GK 12, 1. Kursarbeit – Elektrische Ladungen und Felder – Lösung 25.10.2012

betrachtet werden.)

$F_E = Q E = Q \frac{U}{d}$  Also  $F \sim U$ . Wenn also  $U$  verdoppelt wird, wird auch  $F$  verdoppelt, somit ist  $F_E = 2 \cdot F_G$  und  $F_E - F_G = F_G$ . Somit wird der Frosch mit  $a = g$  nach oben beschleunigt.

$$s = \frac{1}{2} g t^2 \Leftrightarrow t = \sqrt{\frac{2s}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,15 \text{ m}}{9,81 \text{ m s}^{-2}}} = 0,1749 \text{ s}$$

**A: Nach 175 ms berührt der Frosch die obere Platte.**

**2.4** Der Frosch berührt die obere Kondensatorplatte. Innerhalb von  $\Delta t = 0,01 \text{ s}$  wird der Frosch entladen. Berechne die mittlere Stromstärke.

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{0,02 \text{ C}}{0,01 \text{ s}} = 2 \frac{\text{C}}{\text{s}} = 2 \text{ A}$$

**A: Die mittlere Stromstärke beträgt 2 A.**

### **Aufgabe 3: Elektrisches Radialfeld**

**3.1.** Zwei kleine Metallkugeln haben jeweils die Masse  $m = 100 \text{ g}$  und sind  $s = 50 \text{ cm}$  voneinander entfernt. Die eine Kugel trägt die Ladung  $Q_1 = 1 \cdot 10^{-7} \text{ C}$  und die andere Kugel die Ladung  $Q_2 = 5 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ .

**3.1.1** Berechne die Kraft, mit der sich beide Kugeln anziehen.

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q_1 Q_2}{s^2} = \frac{1}{4\pi \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ A s V}^{-1} \text{ m}^{-1}} \cdot \frac{1 \cdot 10^{-7} \cdot 5 \cdot 10^{-6}}{(0,5 \text{ m})^2} = 1,7984 \cdot 10^{-2} \text{ N}$$

**A: Die Kraft beträgt 18 mN.**

**3.1.2** Berechne die Anfangsbeschleunigung, mit der sich die Kugeln aufeinander zu bewegen. (Ohne Berücksichtigung von Reibung.)

$$F = m \cdot a \Leftrightarrow a = \frac{F}{m} = 1,7984 \cdot 10^{-2} \frac{\text{N}}{0,1 \text{ kg}} = 0,17984 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

**A: Die Anfangsbeschleunigung beträgt 0,18 m s<sup>-2</sup>.**

## Physik GK 12, 1. Kursarbeit – Elektrische Ladungen und Felder – Lösung 25.10.2012

**3.2** Stellen wir uns ein Universum ohne Gravitation vor. Dennoch umkreist der Mond die Erde in gewohnter Weise. Dies ist in unserem Gedankenuniversum möglich, weil Erde und Mond elektrisch geladen sind. Berechne die Ladung von Erde und Mond.

(Masse Erde:  $m_E = 5,974 \cdot 10^{24} \text{ kg}$ , Masse Mond:  $m_M = 7,349 \cdot 10^{22} \text{ kg}$ , Umlaufzeit Mond:  $T = 27,322 \text{ d}$ , mittlerer Abstand Mond-Erde:  $r_M = 384.400 \text{ km}$ )

Zentripetalkraft  $F_Z = m \omega^2$  ist gleich Elektrostatischer Anziehungskraft  $F_E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$

$$m \omega^2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q_1 Q_2}{r^2} \Leftrightarrow m \frac{4\pi^2}{T^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q_1 Q_2}{r^2} \Leftrightarrow 16\pi^3 \epsilon_0 \frac{m r^2}{T^2} = Q_1 \cdot Q_2$$

$$\Leftrightarrow Q_1 Q_2 = 16\pi^3 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ As V}^{-1} \text{ m}^{-1} \frac{7,349 \cdot 10^{22} \text{ kg} \cdot 3,844 \cdot 10^8 \text{ m}}{(27,322 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60 \text{ s})^2} = 3,2888 \cdot 10^{27} \text{ C}^2$$

Da nur das Produkt aus  $Q_1$  und  $Q_2$  bestimmt werden kann, ist eine Ladung frei wählbar. Wahl der Lösung, so dass beide Ladungen gleich groß sind:

$$\Rightarrow Q_1 = \sqrt{Q_1 Q_2} = \sqrt{3,2888 \cdot 10^{27}} = 5,7348 \cdot 10^{13} \text{ C}$$

**A: Das Produkt der Ladungen muss  $3,3 \cdot 10^{27} \text{ C}^2$  betragen.**

### Aufgabe 4: Elektrische Ladungsträger in Metallen

**4.1** Erkläre, wie Tolman und Stewart 1916 nachgewiesen haben, dass die Ladungsträger in metallischen Leitern a) frei sind und b) Elektronen sind.

a)

- Sind die Ladungsträger frei, so müssen sie der Massenträgheit unterliegen.
- Beschleunigt man den Leiter stark in Längsrichtung, sollten sich die Ladungsträger an einem Ende sammeln.
- Dies sollte eine messbare Spannung bewirken.

b)

- Im Versuchsaufbau ist nicht die Ladung messbar, sondern nur das Verhältnis aus Ladung und Masse, die sogenannte spezifische Ladung.
- Aus anderen Versuchen war die spezifische Ladung von Elektronen bekannt.
- Die gemessene spezifische Ladung entspricht der bekannten spezifischen Ladung der Elektronen.