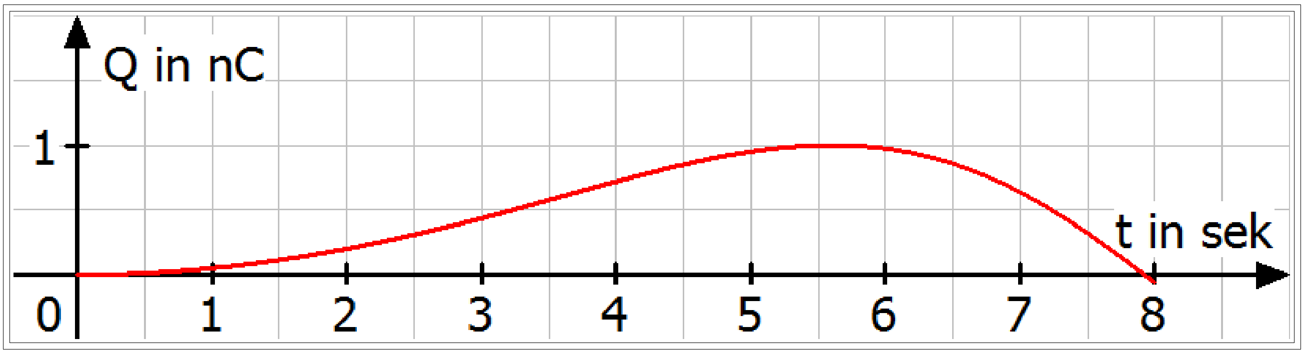
## Physik LK 12, 1. Kursarbeit – Elektrische Ladungen und Felder – Lösung 21.09.2012

Die Rechnungen bitte vollständig angeben und die Einheiten mitrechnen. Antwortsätze schreiben. Die Reibung ist bei allen Aufgaben zu vernachlässigen, wenn nicht explizit anders verlangt. Besondere Näherungen bitte angeben. Angegebene Kontrolllösungen dürfen nicht zur Lösung der Aufgabe benutzt werden!

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




Obiges Diagramm gibt den fiktiven Verlauf der Ladungsmenge in einem elektronischen Bauteil an.

**1.1.** Erkläre mit Hilfe des Diagramms:

**1.1.1** Zu welchem Zeitpunkt ist die Stromstärke maximal/minimal?

**A: An der Stelle der höchsten Steigung maximal, also bei 8 sek. An der Stelle der niedrigsten Steigung, also bei 0 sek bzw. ca. 5,5 sek.**

**1.1.2** Ändert der elektrische Strom seine Richtung? Wenn ja, wann?

**A: Dort, wo die Steigung ihr Vorzeichen wechselt, also bei ca. 5,5 sek.**

**1.2.** Der Ladungsverlauf folgt der Funktion $Q(t)=\sin\left(\frac{1}{20\,s^2}t^2\right)nC$

$$I(t)=\dot{Q}(t)=\frac{t}{10\,s}\cos\left(\frac{1}{20\,s^2}t^2\right)nC$$

**1.2.1** Berechne die elektrische Stromstärke zum Zeitpunkt *t = 5 s* .

$$\boldsymbol{I(5\,s)}=\frac{5\,s}{10\,s}\cos\left(\frac{1}{20\,s^2}(5\,s)^2\right)nA=\frac{1}{2}\cos\left(\frac{5}{4}\right)\approx\boldsymbol{0{,}158\,nA}$$

**1.2.2** Berechne die Zeitpunkte, zu denen kein elektrischer Strom fließt.

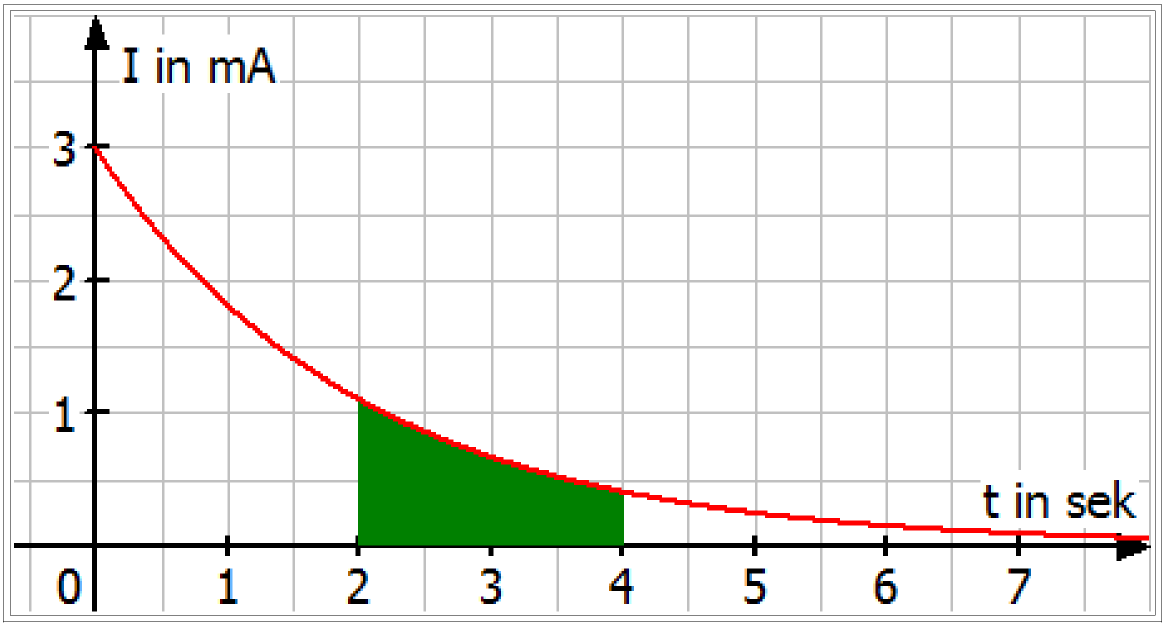
Das sind die Nullstellen der Stromstärkenfunktion.

$0=\frac{t}{10\,s}\cos\left(\frac{1}{20\,s^2}t^2\right)nA$ wird null für $\frac{1}{20\,s^2}t^2=0\Rightarrow t_1=0$ und für $\frac{1}{20\,s^2}t^2=\frac{\pi}{2}$

$$\Leftrightarrow t^2=\frac{20}{2}\pi\Rightarrow t=\sqrt{10\pi}=5{,}605$$

**A: Zu Beginn und nach 5,6 s fließt kein Strom.**

<u>**1.3.**</u> Das folgende Diagramm gibt den fiktiven Verlauf der Stromstärke in einem elektronischen Bauteil an.




<u>**1.3.1**</u> Mache die transportierte Ladung zwischen $t_1 = 2\,s$ und $t_2 = 4\,s$ im Diagramm grafisch kenntlich. Erkläre dies kurz im Text.

**A: Die transportierte Ladung ist das Integral der Stromstärkenfunktion über die Zeit.**

<u>**1.3.2**</u> Der Stromstärkenverlauf folgt der Funktion $I(t) = 3 \cdot e^{-\frac{1}{2s}t} mA$

Berechne die transportierte Ladung im Intervall von $t_1 = 2\,s$ und $t_2 = 4\,s$.

$$Q_{24} = \int_2^4 \left(3 \cdot e^{-\frac{1}{2s}t}\right) mA\,dt = \left[-6\,e^{-\frac{1}{2s}t}\right]_{2s}^{4s} mC = -\frac{6}{e^2} nC - \left(-\frac{6}{e}\right) mC \approx 1{,}3953\,mC$$

**A: Die transportierte Ladung beträgt 1,4 mC.**

<u>**Aufgabe 2:**</u> **Elektrisches Radialfeld vs. Gravitation**

Zwei als Massenpunkte zu betrachtende Körper mit den Massen $m_1$ und $m_2$ tragen die positiven Ladungen Q1 und Q2. Die beiden Kugeln ziehen sich mit der Gravitationskraft an und stoßen sich mit der elektrischen Kraft ab.

<u>**2.1**</u> Erstelle einen Term für den Quotienten aus der elektrischen Kraft $F_{el}$ und der Gravitationskraft $F_{grav}$.

$$F_{el} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q_1 Q_2}{r^2} \qquad F_{grav} = \gamma \cdot \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

$$\frac{F_{el}}{F_{grav}} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\gamma} \cdot \frac{Q_1 Q_2}{m_1 m_2}$$

**Physik LK 12, 1. Kursarbeit – Elektrische Ladungen und Felder – Lösung 21.09.2012**

__2.2__ Berechne den Quotienten für den Spezialfall zweier Protonen. $\left(m_p = 1{,}672 \cdot 10^{-27}\, kg\right)$

$$\frac{F_{el}}{F_{grav}} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\gamma} \cdot \frac{Q_1 Q_2}{m_1 m_2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\gamma} \cdot \frac{e^2}{\left(1{,}672 \cdot 10^{-27}\, kg\right)^2} = \mathbf{1{,}237 \cdot 10^{36}}$$

__2.3__ Welche Schlussfolgerung kann man aus dem Ergebnis aus Aufgabe 2 für zwei Protonen im Atomkern ziehen?

Die gravitative Anziehung zwischen den Protonen kann nicht die Ursache dafür sein, dass die Protonen im Atomkern zusammenhalten, denn die elektrostatische Abstoßung ist um viele Größenordnungen stärker. Es muss also noch eine andere Kraft geben.

__Aufgabe 3:__ **Plattenkondensator**

Diesen Kondensator kann man bei Conrad für 6,42 € kaufen.
Er ist mit den Angaben $6800\,\mu F$ und $U_R = 25\, V$ beschriftet.

__3.1__ Erkläre die Bedeutung dieser Angaben.

$6800\,\mu F$ ist die Kapazität des Kondensators und $U_R = 25\, V$ ist die Grenzspannung, mit welcher der Kondensator geladen werden kann. Ist die angelegte Spannung größer, kann es zum Durchschlag kommen.

__3.2__ Erläutere, was man beachten muss, wenn man einen Kondensator mit möglichst hoher Kapazität bauen will.

Nach der Formel $C = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{A}{d}$ gilt: naher Plattenabstand, große Fläche, hohe Dielektrizitätszahl

__3.3__ Berechne den Durchmesser der Platten eines Plattenkondensators gleicher Kapazität mit kreisförmigen Platten und einem Plattenabstand von $d = 10\, cm$.

$$C = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{A}{d} \qquad 6800\,\mu F = \epsilon_0 \frac{A}{10\, cm} \quad \Leftrightarrow \quad A = \frac{1}{\epsilon_0} \cdot 6800\,\mu F \cdot 10\, cm = 7{,}68 \cdot 10^7\, m^2$$

$$d = 2\sqrt{\frac{A}{pi}} = \mathbf{9888\, m}$$

**A: Der Durchmesser müsste fast 10 km betragen!**

__3.4__ Berechne die Ladung auf dem Platten des Plattenkondensators aus 3.3, wenn eine Spannung von 500 V angelegt wurde.

$$\boldsymbol{Q} = C \cdot U = 6800 \cdot 10^{-6} \frac{C}{V} \cdot 500\, V = \mathbf{3{,}4\, C}$$

**A: Die Ladung beträgt 3,4 C.**

__3.5__ Berechne die Feldstärke des elektrischen Feldes zwischen den Platten des Plattenkondensators aus 3.4.

$$\boldsymbol{E}=\frac{U}{d}=\frac{500\,V}{0{,}1\,m}=\mathbf{5000\,\boldsymbol{V\,m^{-1}}}$$

<u>**3.6**</u> Berechne die Energie, die im Feld des Plattenkondensators aus 3.4 gespeichert ist.

$$W=\frac{1}{2}C\,U^2=\frac{1}{2}\cdot 6800\cdot 10^{-6}\frac{C}{V}\cdot(500\,V)^2=8{,}5\cdot 10^4\frac{A\,s\,N\,m}{A\,s}=\mathbf{850\,\boldsymbol{N\,m}}$$

**A: Die Energie beträgt 850 Joule.**

<u>**3.7**</u> Berechne die Arbeit, die verrichtet werden muss, wenn der Plattenabstand es Plattenkondensators aus 3.4 von 10 cm auf 15 cm vergrößert wird.

$W=\frac{1}{2}\epsilon_0 A\,d\,E^2$ Also ist $W\sim d$ $\Delta d=\frac{d_1}{2}\Rightarrow \boldsymbol{\Delta W}=\frac{W_1}{2}=\mathbf{425\,\boldsymbol{J}}$

**A: Die verrichtete Arbeit beträgt 425 Joule.**

<u>**3.8**</u> Die Platten des Plattenkondensators aus 3.4 sind 0,5 cm dick und bestehen aus Eisen. $(\rho_{Fe}=7{,}874\,g/cm^3)$. Die Arretierung der einen Platte löst sich. Die Platten stoßen zusammen (keine Reibung). Ein Walnuß zwischen den Platten bremst die bewegliche Platte innerhalb von einem Millimeter auf null ab. Schätze mit Hilfe einer Rechnung ab, ob man so die Walnuß knacken könnte.

Entscheidend ist die verrichtete Arbeit auf der Strecke 1 mm. $F=\frac{\Delta W}{s}$ Bei einem großzügig angenommenen Durchmesser der Walnuss von 5 cm beträgt $\Delta W=\frac{W_1}{2}=425\,J.$ Die resultierende Kraft auf 1mm sollte also ausreichen.