## Physik GK ph1, 2. Kursarbeit – Elektromagnetismus – Lösung 22.04.2015

**<u>Aufgabe 1:</u> Stromkreise / Ohmsches Gesetz**

<u>**1.1**</u> Durch einen Widerstand $R_0$ fließt bei einer Spannung von $U_0=10\,V$ ein Strom von $I_0=2\,mA.$ Berechne $R_0$.

$$U_0=R_0\cdot I_0 \;\Leftrightarrow\; \boldsymbol{R_0}=\frac{U_0}{I_0}=\frac{10\,V}{0{,}002\,A}=5000\,\Omega=\mathbf{5\,k\Omega}$$

<u>**1.2**</u> Durch einen Widerstand $R_0=2\,k\Omega$ fließen zu unterschiedlichen Zeiten unterschiedlich viele Ladungen. Dies geschieht nach der Funktion $Q(t)=\frac{1}{2}\cdot\sin(t).$

Berechne die Stromstärke nach *5* Sekunden.

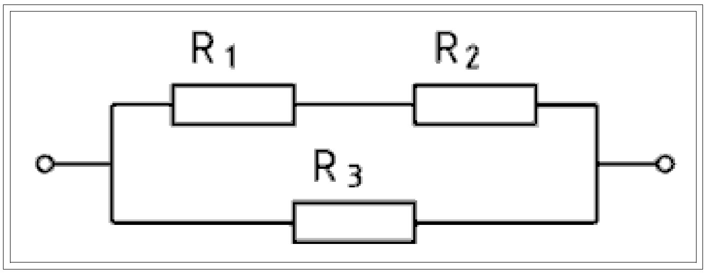
$$I(t)=\dot{Q}(t)=\frac{1}{2}\cdot\frac{1}{s}\cos\left(t\cdot\frac{1}{s}\right)\cdot 1\,A\,s=\frac{1}{2}\cos\left(t\cdot\frac{1}{s}\right)\cdot 1\,A$$

$$\boldsymbol{I(5\,s)}=\frac{1}{2}\cdot\cos\left(5\,s\cdot\frac{1}{s}\right)\cdot 1\,A=0{,}5000\,As=\mathbf{0{,}5\,A}$$

Berechne die Spannung, die zum Zeitpunkt $t=5\,s$ angelegt sein muss.

$$\boldsymbol{U}=R\cdot I=2000\,\Omega\cdot 0{,}4981\,A=\mathbf{996{,}2\,V}$$

<u>**1.3**</u> Berechne den Ersatzwiderstand für die Schaltung rechts oben mit $R_1=200\,\Omega$, $R_2=1\,k\Omega$ und $R_3=2\,k\Omega$.

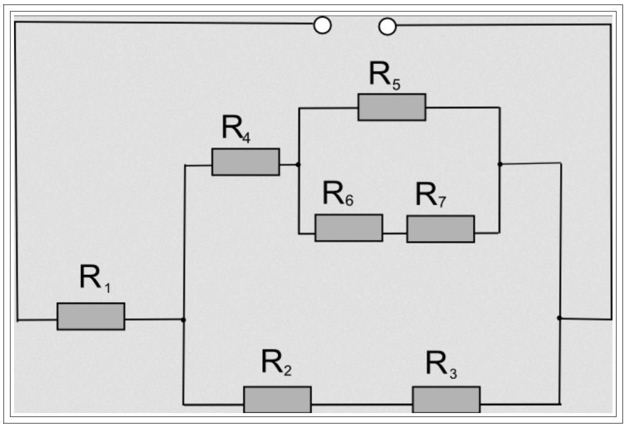



$$R_{12}=200\,\Omega+1000\,\Omega=1200\,\Omega$$

$$\frac{1}{R_0}=\frac{1}{R_{12}}+\frac{1}{R_3}=\frac{1}{1200\,\Omega}+\frac{1}{2000\,\Omega}$$

$$\frac{1}{R_0}=\frac{5}{6000\,\Omega}+\frac{3}{6000\,\Omega}=\frac{8}{6000\,\Omega}=\frac{1}{750\,\Omega} \;\Leftrightarrow\; \boldsymbol{R_0}=\frac{750\,\Omega}{1}=\mathbf{750\,\Omega}$$

<u>**1.4**</u> Die Schaltung rechts unten hat einen Gesamtwiderstand von $R_0=2\,k\Omega$. Für die übrigen Widerstände gilt:
$R_2=1\,k\Omega$, $R_3=2000\,\Omega$, $R_4=1{,}94\,k\Omega$,
$R_5=100\,\Omega$, $R_6=100\,\Omega$ und $R_7=50\,\Omega$.




Berechne $R_1$.

$$R_{67}=R_6+R_7=100\,\Omega+50\,\Omega=150\,\Omega.$$

$$\frac{1}{R_{567}}=\frac{1}{R_5}+\frac{1}{R_{67}}=\frac{1}{100\,\Omega}+\frac{1}{150\,\Omega}$$

$$=\frac{3}{300\,\Omega}+\frac{2}{300\,\Omega}=\frac{5}{300\,\Omega} \quad \Rightarrow R_{567}=\frac{300\,\Omega}{5}=60\,\Omega$$

$$R_{4567}=R_4+R_{567}=1940\,\Omega+60\,\Omega=2\,k\,\Omega$$

$$R_{23}=R_2+R_3=1\,k\,\Omega+2\,k\,\Omega=3\,k\,\Omega$$

$$\frac{1}{R_{2-7}}=\frac{1}{R_{23}}+\frac{1}{R_{4567}}=\frac{1}{3\,k\,\Omega}+\frac{1}{2\,k\,\Omega}=\frac{2}{6\,k\,\Omega}+\frac{3}{6\,k\,\Omega}=\frac{5}{6\,k\,\Omega} \;\Leftrightarrow\; R_{2-7}=\frac{6\,k\,\Omega}{5}=1{,}2\,k\,\Omega$$

$$\boldsymbol{R_1}=R_0-R_{2-7}=2\,k\,\Omega-1{,}2\,k\,\Omega=\mathbf{800\,\Omega}$$

Berechne die Leistung, die umgesetzt wird, wenn über eine Spannung von $U_0=100\,V$ an den Stromkreis angelegt wird.

$$U=R\cdot I \;\Leftrightarrow\; I=\frac{U}{R} \qquad \boldsymbol{P}=U\cdot I=\frac{U\cdot U}{R}=\frac{U^2}{R}=\frac{(100\,V)^2}{2000\,V\,A^{-1}}=\mathbf{5\,W}$$

**1.5** In einer Schaltung sind 10 gleichartige Kondensatoren mit jeweils einer Kapazität von $C_1=100\,\mu F$ hintereinander geschaltet.

$$\frac{1}{C_0}=10\cdot\frac{1}{100\,\mu F}=\frac{1}{10\,\mu F} \;\Leftrightarrow\; \boldsymbol{C_0=10\,\mu F}$$

Berechne die Energie, die in den Kondensatoren gespeichert ist, wenn man eine Spannung von $U_0=100\,V$ angelegt.

$$\boldsymbol{W}=\frac{1}{2}C\,U^2=\frac{1}{2}10\cdot10^{-6}\,F\cdot(100\,V)^2=0{,}05\,F\,V^2=\mathbf{50\,mJ}$$

Berechne die Gesamtladung auf den Kondensatorplatten, nachdem die Spannung $U_0$ angelegt wurde.

$$\boldsymbol{Q}=C\cdot U=10\cdot10^{-6}\,F\cdot100\,V=\mathbf{1\,mC}$$

## Aufgabe 2: Versuche zum Elektromagnetismus

**2.1** In der folgenden Tabelle sind verschiedene Versuche zum Thema Elektromagnetismus aufgelistet. In der zweiten Spalte sind physikalische Erkenntnisse oder Phänomene aufgelistet, die möglicherweise mit den Versuchen auf der linken Seite in Zusammenhang stehen.
Zeichne Verbindungslinien zwischen zusammen gehörenden Einträgen in den linken und rechten Spalte. Bearbeite den Arbeitsauftrag auf diesem Blatt. Benutze idealerweise ein Lineal und keinen Bleistift.
Dabei ist zu beachten:
- Von einzelnen Einträgen können mehrere Linien ausgehen.
- Einzelne Einträge haben evtl. gar keine Verbindung. Diese dann durchstreichen.

**Physik GK ph1, 2. Kursarbeit – Elektromagnetismus – Lösung** **22.04.2015**

| Versuch | Erkenntnis / Phänomen |
|---|---|
| Millikan-Versuch | Berechnung der spezifischen Ladung eines Elektrons |
| | Massenbestimmung eines Elektrons |
| Tolman und Stewart | ~~Neutronen sind elektrisch neutral~~ |
| | Es gibt eine kleinste Elementarladung |
| Fadenstrahlrohr | ~~Protonen und Elektronen haben die gleiche Ladung~~ |
| | In einem Kondensator ist Energie gespeichert. |
| Leiterschleife in Magnetfeld | Ein stromdurchflossener Leiter erzeugt ein Magnetfeld |
| | ~~Protonen sind 1836 mal so schwer wie Elektronen~~ |
| ~~Ruhende Probeladung im Magnetfeld~~ | Lorenzkraft |
| | ~~Ein Atom besteht aus einem sehr kleinen positiv geladenen Kern, der fast die gesamte Masse enthält, und einer negativ geladenen Hülle.~~ |
| Geladene Kondensatorplatten werden auseinander gezogen | ~~Hall-Effekt~~ |
| | In einem metallischen Leiter gibt es freie Ladungsträger |

**2.2.** Beantworte die folgenden Fragen:

**2.2.1** Warum ist die Bahn der Elektronen im Fadenstrahlrohr sichtbar?

In der Glaskugel befindet sich ein Gas, das durch den Elektronenstrahl angeregt wird und dort leuchtet, wo die Elektronenbahn ist.

**2.2.2** Warum verändert sich nur die Richtung, aber nicht der Betrag der Geschwindigkeiten der Elektronen im Fadenstrahlrohr?

Weil die Lorentzkraft immer senkrecht zur Bewegungsrichtung der Elektronen zeigt.

**2.2.3** Warum befindet sich in der Glaskugel weißes Papier mit einem quadratischen Koordinatensystem?

Damit man den Kreisradius der Elektronenbahn messen kann.

<u>2.3.</u> Berechnungen zum Fadenstrahlrohr

<u>2.3.1</u> Leite mit Hilfe des Kraftansatzes eine Formel für das Fadenstrahlrohr her, mit der sich der Radius der Kreisbahn in Abhängigkeit von der Beschleunigungsspannung U bei einem gegebenen äußeren Magnetfeld B berechnen lässt.

Ein Teilchen auf einer Kreisbahn im Fadenstrahlrohr erfährt die Lorentzkraft $F_L = e\,v\,B$, die gleich der Zentripetalkraft $F_Z = m\,v^2\,r^{-1}$ ist.

Also $F_Z = F_L \Leftrightarrow m\,v^2\,r^{-1} = e\,v\,B \Leftrightarrow \frac{e}{m} = \frac{v}{B\,r}$

$\frac{\Delta W}{q} = U \Leftrightarrow \Delta W = q\,U$ Für ein Elektron, dass im Fadenstrahlrohr durch eine Spannung $U_A$ beschleunigt wird, gilt $\frac{1}{2} m\,v^2 = e\,U_A \Rightarrow v = \sqrt{2\,e\,m^{-1}\,U_A}$

Einsetzen: $\frac{e}{m} = \frac{v}{B\,r} \Leftrightarrow \frac{e}{m} = \frac{\sqrt{2\,e\,m^{-1}\,U_A}}{B\,r}$ |²

$$\Leftrightarrow \frac{e^2}{m^2} = \frac{2\,e\,U_A}{m\,B^2\,r^2} \quad | \cdot \frac{r^2\,m^2}{e^2}$$

$$\Leftrightarrow r^2 = \frac{2\,U_A m}{B^2\,e} \quad | \sqrt{}$$

$$\Leftrightarrow \boldsymbol{r = \sqrt{\frac{2\,U_A\,m}{B^2\,e}}}$$

<u>2.3.2</u> Sei das äußere Magnetfeld $B = 665\,\mu T$ und die Beschleunigungsspannung $U_B = 180\,V$. Berechne den Radius der Kreisbahn der Elektronen.

$$\boldsymbol{r} = \sqrt{\frac{2\,U_A\,m}{B^2\,e}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 180\,V \cdot 9{,}1093 \cdot 10^{-31}\,kg}{(6{,}65 \cdot 10^{-4}\,T)^2 \cdot 1{,}602 \cdot 10^{-19}\,C}} = \boldsymbol{0{,}0680\,m}$$

**A: Der Radius beträgt 6,8 cm.**

**<u>Aufgabe 3:</u> Lorentzkraft und Hall-Effekt**

<u>3.1</u> Ein gerader Leiter befindet sich in einem homogen Magnetfeld. Der Leiter wird von einem Strom der Stärke $I = 3{,}3\,A$ durchflossen. Die Richtung des Stromes und die Richtung des Magnetfeldes schließen einen Winkel von $\alpha = 45°$ ein. Die magnetische Flußdichte $\vec{B}$ hat den Betrag $B = 4{,}22\,mT$. Welchen Betrag hat die auf ein $l = 5\,cm$ langes Stück dieses Leiters wirkende magnetische Kraft $\vec{F}$ ?

$$\boldsymbol{F} = I \cdot \vec{l} \times \vec{B} = I \cdot l \cdot B \cdot \sin(\alpha) = 3{,}3\,A \cdot 0{,}05\,m \cdot 0{,}00422\,T \cdot \sin(45°) = \boldsymbol{4{,}9236 \cdot 10^{-4}\,N}$$

**A: Die Kraft beträgt 492,36 µN.**

**<u>3.2</u>** Ein gerade Leiter hat die Länge $l = 0{,}2\,m.$ Er wird von einem Strom der Stärke $I = 3{,}5\,A$ durchflossen. Der Leiter befindet sich in einem homogenen Magnetfeld der Flußdichte $B = 65\,mT.$ Auf den Leiter wirkt die Kraft $F_L = 8{,}2\,mN.$ Berechne den Winkel $\alpha$, den Leiter und Feldrichtung einschließen.

$$F = I \cdot l \cdot B \cdot \sin(\alpha) \Leftrightarrow \sin(\alpha) = \frac{F}{I \cdot l \cdot B} = \frac{8{,}2 \cdot 10^{-3}\,N}{3{,}5\,A \cdot 0{,}2\,m \cdot 65 \cdot 10^{-3}\,T} = \frac{82}{455} \Rightarrow \boldsymbol{\alpha = 10{,}3826\,°}$$

**A: Der Winkel beträgt rund 10,4°.**

**<u>3.3</u>** An einer Kupferfolie mit die Dicke $d = 10\,\mu m$ wird bei einer Stromstärke von $I = 10\,A$ und dem Feld $B = 430\,mT$ die Hall-Spannung $U_H = 22\,\mu V$ gemessen.

Berechne die Hall-Konstante $R_H$ von Kupfer und die Ladungsträgerdichte $N_V$.

$$\boldsymbol{R_H} = \frac{U_H\,d}{I\,B} = \frac{22 \cdot 10^{-6}\,V\,10^{-5}\,m}{10\,A \cdot 0{,}43\,T} = \boldsymbol{5{,}12 \cdot 10^{-11}\,m^3\,C^{-1}}$$

$$\boldsymbol{N_V} = \frac{1}{R_H\,e} = \frac{1}{5{,}12 \cdot 10^{-1}\,m^3\,c^{-1} \cdot 1{,}602 \cdot 10^{-19}\,C} = \boldsymbol{1{,}22 \cdot 10^{29}\,m^{-3}}$$

**A: Die Hallkonstante beträgt $\boldsymbol{5{,}12 \cdot 10^{-11}\,m^3\,C^{-1}}$ und die Ladungsträgerdichte beträgt $\boldsymbol{1{,}22 \cdot 10^{29}\,m^{-3}}$.**