# Klausur in Experimentalphysik 2

Prof. Dr. R. Kienberger

Sommersemester 2019

30.07.2019

Zugelassene Hilfsmittel:

- 1 Doppelseitig handbeschriebenes DIN A4 Blatt
- 1 nichtprogrammierbarer Taschenrechner

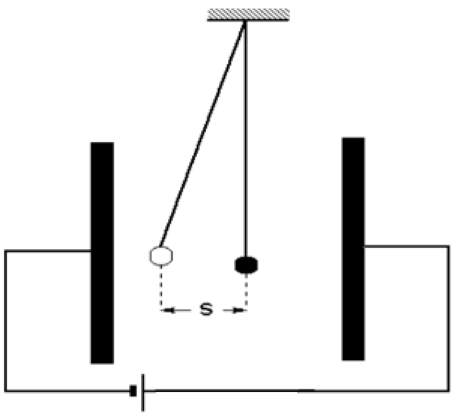
Die Bearbeitungszeit beträgt 90 Minuten. Es müssen nicht alle Aufgaben vollständig gelöst sein, um die Note 1,0 zu erhalten.

## Aufgabe 1 (6 Punkte)

Ein Kügelchen der Masse $m = 40$ g, das an einem Faden der Länge $l = 1$ m hängt und die Ladung $q = 5,0 \cdot 10^{-9}$ As trägt, befindet sich in einem elektischen Feld eines Plattenkondensators der Stärke $E = 3,5 \cdot 10^{5}$ N/As.

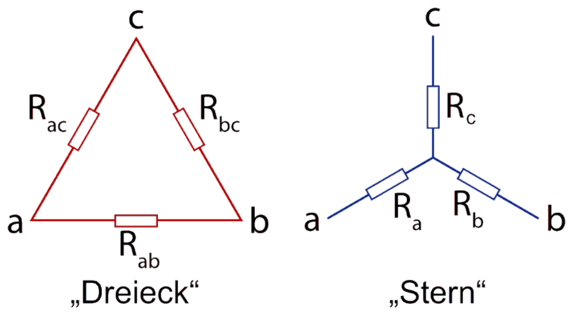
(a) Berechnen Sie den Ausschlag $s$, um den sich das Kügelchen aus der Ruhelage bewegt.

(b) Das Kügelchen (mittig zwischen den Platten aufgehängt) berührt nun die negativ geladene Platte, trägt dann die Ladung $q = -5,0 \cdot 10^{-9}$ As und pendelt in 10 Sekunden zwischen beiden Platten 40 mal hin und 40 mal her. Berechnen Sie die mittlere Stromstärke $I$.



## Aufgabe 2 (7 Punkte)

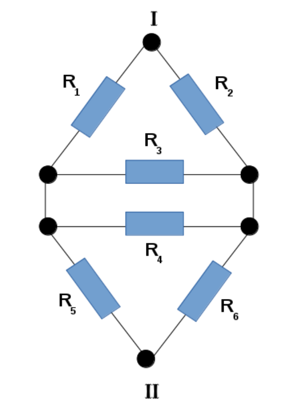
(a) In unten stehender Abbildung sehen Sie zwei Widerstandsnetzwerke; Links eine sogenannte Dreiecksschaltung und rechts eine Sternschaltung. Bei richtiger Wahl der Widerstände verhalten sich die beiden Netzwerke exakt gleich. Das heisst die Widerstände zwischen den Klemmenpaaren ist identisch. Stellen Sie die drei Gleichungen (zwischen den Klemmenpaaren $a - b$, $b - c$ und $a - c$) auf, mit denen die Netzwerke ineinander umgerechnet werden können.




(b) Das in a) aufgestellte Gleichungssystem lässt sich lösen mit:

$$R_a = \frac{R_{ac} \cdot R_{ab}}{R_{ac} + R_{ab} + R_{bc}}$$
$$R_b = \frac{R_{ab} \cdot R_{bc}}{R_{ac} + R_{ab} + R_{bc}}$$
$$R_c = \frac{R_{ac} \cdot R_{bc}}{R_{ac} + R_{ab} + R_{bc}}$$

Berechnen Sie den Gesamtwiderstand (von Klemme I zu Klemme II) der unten gegebenen Schaltung mithilfe dieser Umformung. Verwenden Sie: $R_1 = 5\ \Omega$, $R_2 = 3\ \Omega$, $R_3 = 2\ \Omega$, $R_4 = 7\ \Omega$, $R_5 = 2\ \Omega$, $R_6 = 1\ \Omega$



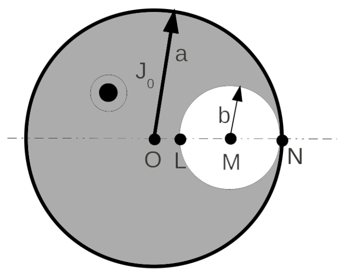
## Aufgabe 3 (11 Punkte)

Strom fließt durch einen unendlich langen Draht mit Radius $a$. Dabei sei die elektrische Stromdichte $j_0$ konstant.

(a) Berechnen Sie die Größe des Magnetfeldes $B(r)$ für einen Radius $r < a$ und einen Radius $r > a$. Geben Sie in beiden Fällen die Richtung des Magnetfeldes an.

(b) Was passiert mit der Richtung des Magnetfeldes, wenn die Stromrichtung umgekehrt wird?

(c) Durch den Draht wird jetzt ein Loch gebohrt (siehe Abbildung). Das Loch hat den Radius $b$ (mit $2b < a$). Der Punkt $O$ befindet sich in der Mitte des Drahtes und der Punkt $M$ ist in der Mitte des Lochs. In diesem modifizierten Draht herrsche eine konstante Stromdichte $j_0$. Berechnen Sie die Größe des Magnetfeldes bei $M$ und bei $N$ und begründen Sie Ihre Antworten.




## Aufgabe 4 (14 Punkte)

Ein Supersternenzerstörer der Länge $l' = 20$ km (gemessen im Ruhesystem $\Sigma'$ des Raumschiffs) sei mit je einer Uhr am Heck und am Bug ausgestattet. Diese werden mit Hilfe einer Blitzlampe ($\lambda_0 = 600$ nm), die sich genau auf halber Strecke zwischen Heck und Bug befindet, synchronisiert. Der Sternenzerstörer $\Sigma'$ bewege sich relativ mit $v = 0,6c$ zu einem Beobachter auf dem Planeten Coruscant (System $\Sigma$). Zum Zeitpunkt des von der Blitzlampe ausgelösten Blitzes befindet sich dieser auf Höhe der Raumschiffmitte.

(a) Wie lang ist der Sternenzerstörer für den Beobachter auf Coruscant?

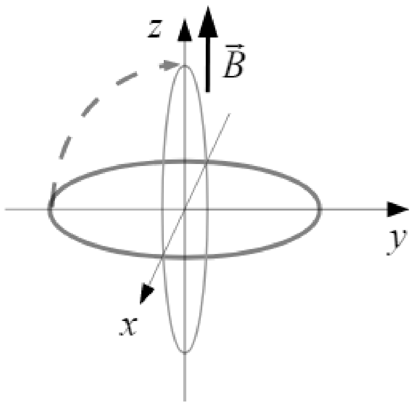
(b) Welche Zeit vergeht jeweils im System $\Sigma$, bis der Blitz die Uhr am Heck und die am Bug des Schiffes erreicht?

(c) Nach der Uhr des Beobachters in $\Sigma$ vergeht zwischen der Wahrnehmung des Lichtblitzes am Bug und Heck das Differenz-Zeitintervall $\Delta t$. Welchem Zeitintervall $\Delta T$ entspricht dies nach Zeitdilatation im Sternenzerstörersystem aus der Sicht des Beobachters auf dem Planeten?

(d) Zeichnen Sie das zugehörige Minkowski-Diagramm (groß genug!). Dieses soll das System $\Sigma$ als Ausgangskoordinatensystem (90°-Winkel) haben. Berechnen Sie auch den Winkel zwischen beiden Weltlinien. Es sollen die Ereignisse *Ankunft des Lichts am Heck und am Bug* sowie sämtliche in den vorausgegangenen Aufgabenteilen ermittelten Ergebnisse ($l, l', t_{heck}, t_{Bug}, \Delta t, \Delta T$) eingetragen werden.

(e) Wegen Rebellenaktivität im drei Lichtjahre entfernten Yavin-System (im System $\Sigma$ in Ruhe) muss der Sternenzerstörer dorthin weiterfliegen. Leider wurde der Hyperantrieb sabotiert. Wie lange braucht der Sternenzerstörer mit seiner bisherigen Geschwindigkeit dorthin (Eigenzeit)? Wieviel Zeit vergeht währenddessen auf Yavin?

## Aufgabe 5 (6 Punkte)



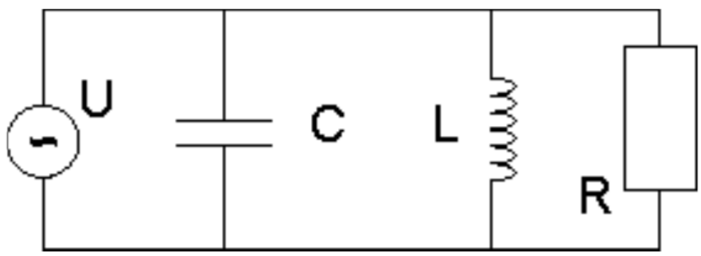

Ein Wechselstromgenerator besteht aus einer kreisförmigen Leiterschleife in einem homogenen Magnetfeld. Dessen Stärke sei $|\vec{B}| = 1,25$ T und es zeige in die z-Richtung. Die Schleife rotiere mit der Frequenz f = 50,0 Hz um die x-Achse und erzeuge eine maximale Spannung von $U_0 = 250$ V.

(a) Welchen Radius $R$ hat die Schleife?

(b) Bei welchen Winkeln $\phi$ zwischen dem Flächenvektor $\vec{A}$ der Schleife und der z-Achse liegen die maximalen Werte von $|U(t)|$ vor?

## Aufgabe 6 (14 Punkte)

Gegeben sei der unten abgebildete Schaltkreis mit einem Widerstand $R = 1000\ \Omega$, einer Spule der Induktivität $L = 1,00$ H und einem Kondensator der Kapazität $C = 1,00\ \mu$F. Die Wechselspannung habe eine Amplitude von $U_0 = 10,0$ V und eine Frequenz $f = 50,0$ Hz.



(a) Bestimmen Sie die drei Ströme $I_R$, $I_C$ und $I_L$ und tragen Sie diese schematisch in ein Diagramm $I(t)$ in Abhängigkeit von der Zeit ein.

(b) Zeichnen Sie die Ströme und den resultierenden Gesamtstrom $I_{ges}$ in ein Zeigerdiagramm.

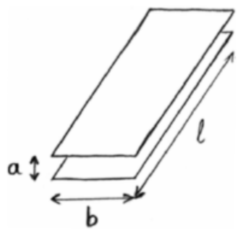
(c) Berechnen Sie, welcher effektive Strom $I_{eff}$ fließt.

(d) Die Frequenz sei nun regelbar. Geben Sie formelmäßig an, wie sich der Gesamtwiderstand in Abhängigkeit von der Frequenz ändert.

(e) Bei welcher Frequenz $f_{max}$ ist der Gesamtwiderstand maximal?

## Aufgabe 7 (8 Punkte)

Betrachten Sie einen Streifenleiter mit der Streifenbreite $b$ und dem Abstand $a$ zwischen den beiden parallelen Streifen. $l$ ist eine beliebige, aber feste Länge.




(a) Leiten Sie die Kapazität pro Länge $C/l$ und die Induktivität pro Länge $L/l$ her?

$$\frac{C}{l} = \varepsilon \cdot \frac{b}{a} \quad \frac{L}{l} = \mu \cdot \frac{a}{b}$$

(b) Berechnen Sie die Impedanz $Z$ des Streifenleiters in Abhängigkeit von seiner Geometrie.

## Konstanten

$$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}\mathrm{CV^{-1}m^{-1}} \qquad \mu_0 = 1,26 \cdot 10^{-6}\mathrm{mkgs^{-2}A^{-2}}$$
$$e = 1,60 \cdot 10^{-19}\mathrm{C} \qquad c = 3 \cdot 10^8\mathrm{m/s}$$
$$m_e = 9,11 \cdot 10^{-31}\mathrm{kg} \qquad m_U = 1,66 \cdot 10^{-27}\ \mathrm{kg}$$