



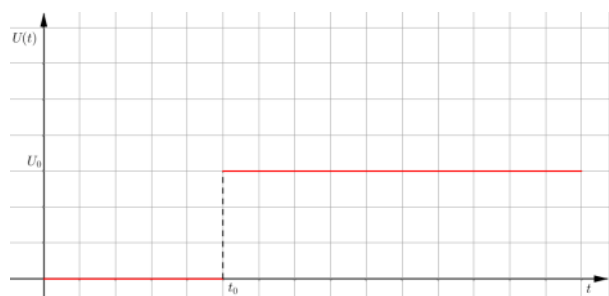
Experimentalphysik II – Elektrizitätslehre  
Sommersemester 2021

Übungsblatt 11

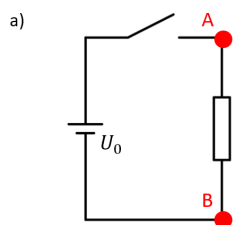
Besprechung in der Woche ab dem 28.06.2021

**Aufgabe 39: Spule als Induktivität (4P)**

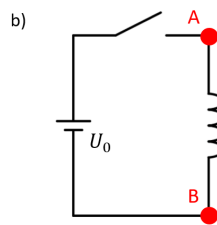
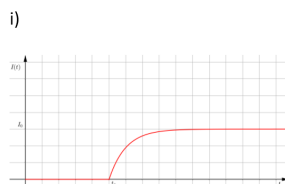
Zum besseren Verständnis der Induktivität wird an verschiedene Anordnungen eine konstante Gleichspannung  $U_0$  angelegt. Beim Schließen des Schalters zum Zeitpunkt  $t_0$  steigt die Spannung, die zwischen den Punkten A und B anliegt, somit instantan auf den Wert  $U_0$  (Siehe Abbildung rechts). Die Spule hat in dieser Aufgabe keinen ohmschen Widerstand!



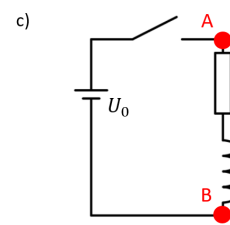
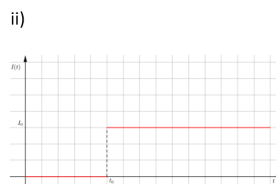
- a) Ordnen Sie den folgenden Anordnungen (a-c) jeweils die passende Differentialgleichung (1-3) und das passende Diagramm (i-iii) zu. (1P)



1)  $0 = U_0 - L \cdot \dot{I}$



2)  $0 = U_0 - L \cdot \dot{I} - R \cdot I$

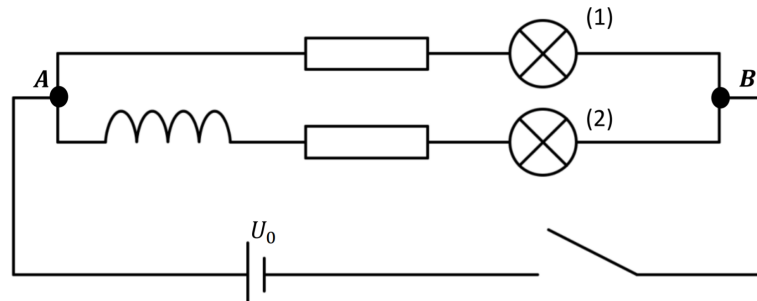


3)  $0 = U_0 - R \cdot I$

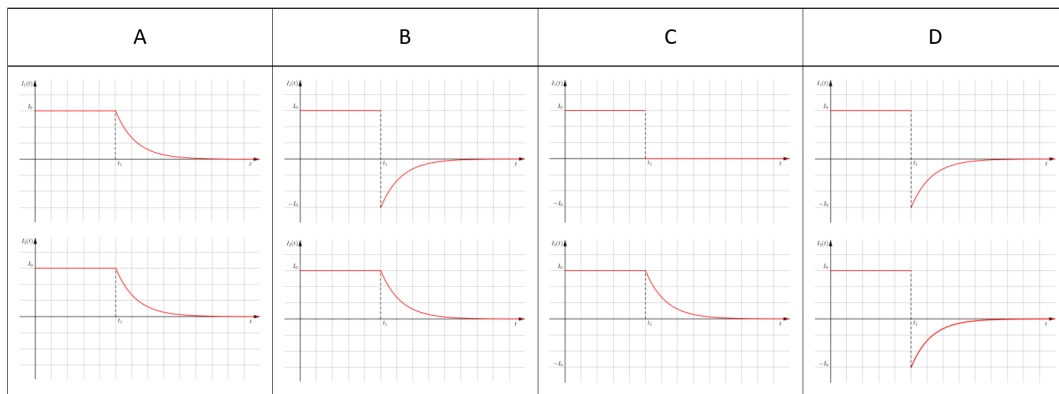


- b) Begründen Sie den in iii) gezeigten Verlauf indem Sie aus der zugehörigen Differentialgleichung eine Formel für  $I(t)$  herleiten.  
Nehmen Sie Stellung, in wie weit die folgende Aussage auf die Schaltvorgänge in Aufgabenteil a) zutrifft: *Eine Induktivität begrenzt die Stromstärke.*  
Beschreiben Sie weiterhin welche Auswirkungen eine Spule (R-L-Kreis) im Vergleich zu einem reinen R-Kreis für den Verlauf der Stromstärke hat. (1P)

- c) Beschreiben Sie, was beim Schließen des Schalters in der folgenden Anordnung passiert. Die Spannungsquelle liefert gerade die Nennspannung der beiden identischen Glühlampen und bringt diese zum Leuchten (die gezeichneten Widerstände stellen jeweils nur den Innenwiderstand der Lampen und keinen zusätzlichen Widerstand dar). Die Spule besitzt eine nicht vernachlässigbare Induktivität. Stellen Sie den zeitlichen Verlauf der Stromstärke für beide Glühlampen in einem Diagramm dar, wenn der Schalter zum Zeitpunkt  $t_0$  geschlossen wird und erklären Sie auf dieser Grundlage die zuvor beschriebene Beobachtung. (1P)

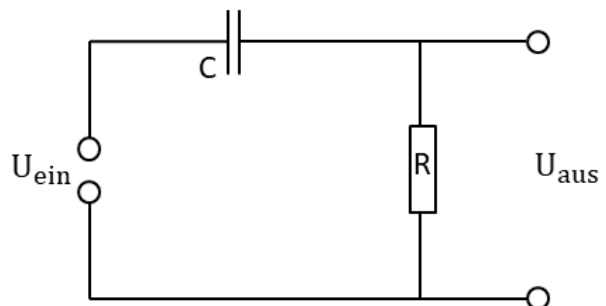


- d) Nachdem der Schalter aus Aufgabe c) geschlossen wurde, wird er nach einer hinreichend langen Zeitspanne zum Zeitpunkt  $t_1$  wieder geöffnet. Beschreiben Sie das Verhalten beider Glühlampen ab dem Zeitpunkt  $t_1$  und wählen Sie die zu ihrer Beobachtung passenden  $I(t)$ -Diagramme für beide Glühlampen aus. (1P)



#### Aufgabe 40: Hochpassfilter (4P)

Gegeben sei ein Hochpassfilter bestehend aus einem Widerstand  $R=1\text{ k}\Omega$  und einem Kondensator  $C=1\text{ }\mu\text{F}$ . Am Eingang wird ein Rechtecksignal  $U_{\text{ein}}(t)$  mit einer Amplitude von 1 V und 10 ms Periodendauer angelegt. Berechnen Sie den Ausgangsspannungsverlauf  $U_{\text{aus}}(t)$ .



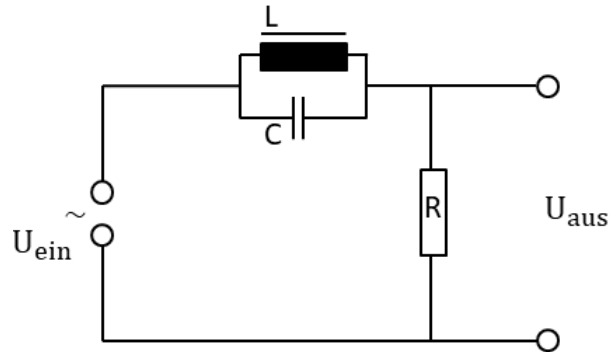
- a) Zerlegen sie dazu zunächst die Rechteckspannung in eine Fourierreihe. (2P)
- b) Berechnen Sie nun die Amplituden der Ausgangsspannung für die einzelnen Frequenzkomponenten der Fourierreihe. (1P)

- c) Bestimmen Sie daraus den Ausgangsspannungsverlauf für das Rechtecksignal und stellen Sie ihn für eine Periode unter Verwendung der ersten zehn Glieder der Fourierreihe graphisch (mithilfe eines geeigneten Computerprogramms, etwa Matlab oder Origin) dar. (1P)

*Hinweis:* Recherchieren Sie dazu die Zerlegung in eine Fourier-Reihe, etwa in *L. Papula, Mathematik für Ingenieure und Naturwissenschaftler Band 2, Kapitel II.1*, kostenlos erhältlich über SpringerLink.

#### Aufgabe 41: Sperrfilter (3P)

Gegeben sei ein Sperrfilter an einer Wechselspannungsquelle mit Spannungs-Zeit-Funktion  $U_{\text{ein}}(t) = U_0 \cos(\omega t)$  mit  $R=50 \Omega$ ,  $L=1 \text{ H}$  und  $C=10 \mu\text{F}$ .



- a) Berechnen Sie mit Hilfe der Kirchhoffschen Regeln das Verhältnis der Beträge von Ausgangsspannung  $|U_{\text{aus}}|$  und Eingangsspannung  $|U_{\text{ein}}|$  in Abhängigkeit von  $\omega$  und skizzieren Sie dessen Verlauf. (1P)
- b) Geben Sie die Resonanzfrequenz  $\omega_r$  des Filters und seine Bandbreite  $\Delta\omega = \omega_2 - \omega_1$  an. Dabei seien  $\omega_1$  und  $\omega_2$  definiert durch  $|U_{\text{aus}}/U_{\text{ein}}|(\omega_1) = |U_{\text{aus}}/U_{\text{ein}}|(\omega_2) = \frac{1}{\sqrt{2}}$ . (1P)
- c) Berechnen Sie die Phasenverschiebung  $\Phi(\omega)$  zwischen Eingangs- und Ausgangsspannung und skizzieren Sie deren Verlauf. Berechnen Sie  $\Phi$  bei  $\omega_r$ ,  $\omega_1$  und  $\omega_2$ . (1P)

#### Aufgabe 42: Transformator (3P)

Bei einem Transformator werden zwei Spulen auf ein Joch aus einem Weicheisenkern gewickelt, um damit Spannungen auf höhere oder niedrige Werte zu transformieren. Der magnetische Fluss  $\Phi$  ist überall im Eisenkern gleich, und es gilt das Induktionsgesetz  $U_{\text{ind}} = -n \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$  mit der Windungszahl  $n$ . *Hinweis:* Ohmsche Verluste sollen in der Aufgabe vernachlässigt werden! Nehmen Sie einen unbelasteten Transformator an, auch wenn in einigen Aufgabenteilen ein geringer Stromfluss angegeben ist.

- a) Nennen Sie mindestens drei Einsatzmöglichkeiten eines Transformators in Ihrem Alltag. (0.5P)
- b) Gedankenexperiment (**Nicht ausprobieren!**): Wenn Sie den Außenleiter einer Steckdose berühren, so werden sie feststellen, dass bei Ihnen zu Hause der FI-Schalter im Sicherungskasten auslöst und den Stromkreis unterbricht. Erklären Sie dies. Wenn Sie hingegen die Kontakte der Sekundärseite des Transformators berühren, so löst der FI-Schalter niemals aus. Erklären Sie dies. (0.5P)
- c) Beschreiben Sie die Funktionsweise eines Transformators mithilfe des magnetischen Flusses. Begründen Sie, dass es nur Wechselspannungstransformatoren aber keine Transformatoren für Gleichspannung gibt. Erklären Sie, warum die Spannungen phasenverschoben sind. Begründen Sie, welche Phasenverschiebung vorliegt. Leiten Sie die Verhältnissgleichung zwischen den Windungszahlen der Spulen und der Spannungen in Primär- und Sekundärkreis her sowie für das Verhältnis der Stromstärken in den beiden Kreisen. (1P)

- d) Jetzt habe die Primärspule des Transformators 400 und die Sekundärspule 8 Windungen.  
(1P)
- i. Wird die Spannung herauf oder herunter transformiert? Begründen Sie kurz.
  - ii. Die Spannung der Primärspule beträgt 230 V. Berechnen Sie die Spannung an der Sekundärspule beim unbelasteten Transformator.
  - iii. Der Primärstrom habe eine Stärke von 0.1 A. Berechne Sie den Sekundärstrom.
  - iv. Wie groß ist der Primärstrom bei einer Primärspannung von 230 V, wenn der Sekundärkreis mit einem Widerstand  $R=50\,\Omega$  abgeschlossen wird und man weiterhin sonstige Ohm'sche Verluste vernachlässigt? Berechnen Sie.