



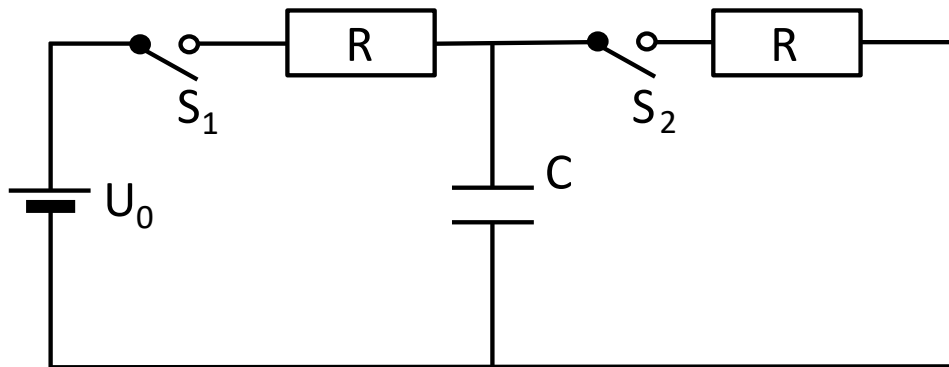
Experimentalphysik II – Elektrizitätslehre
Sommersemester 2021

Übungsblatt 5

Besprechung in der Woche ab dem 17.05.2021

Aufgabe 15: Laden eines Kondensators (6P)

Im Folgenden soll der Ladevorgang eines Kondensators anhand der angegebenen Schaltung näher untersucht werden. Der Kondensator wird hierbei durch Schließen des Schalters S_1 durch eine

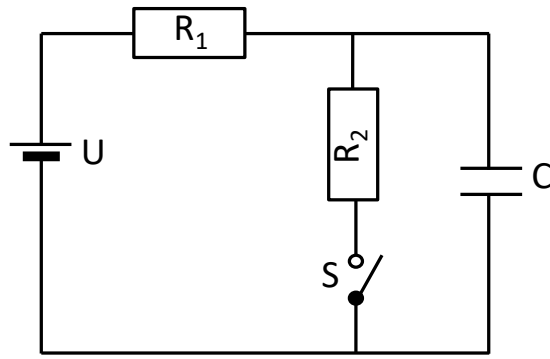


Spannungsquelle der Spannung U_0 über einen Widerstand R geladen. Zum Zeitpunkt $t=0$ liegt dabei am Kondensator C eine Spannung von $U(t=0)=0\text{ V}$ an.

- Berechnen Sie das zeitliche Verhalten der Spannung $U(t)$ und des Stroms $I(t)$. Stellen Sie dazu die passende Differentialgleichung auf und lösen Sie diese. (2P)
- Berechnen Sie die Joule'sche Wärme, welche im Widerstand im Verlauf des gesamten Aufladevorgangs erzeugt wird. Durch Öffnen des Schalters S_1 und Schließen des Schalters S_2 wird der Kondensator entladen. (1P)
- Berechnen Sie die Joule'sche Wärme auch für den Entladevorgang und zeigen Sie, dass diese so groß ist, wie die im voll geladenen Kondensator gespeicherte Feldenergie. Bestimmen Sie für die folgenden Werte der Kapazität C und des Widerstands R die Zeitkonstante $\tau = RC$ des Kondensators sowie die Zeit $t_{1/2}$, nach der sich die Spannung am Kondensator halbiert hat. (2P)
 - $C=1\text{ pF}$, $R=100\ \Omega$
 - $C=1\text{ mF}$, $R=1\text{ M}\Omega$
- Berechnen Sie jeweils die gespeicherte Energie in einem Kondensator mit den Daten $C=1\text{ mF}$, $U=15\text{ V}$ und einer aufladbaren Batterie mit 1.2 V und 700 mA h (Milliamperestunden) und beantworten Sie die folgenden Fragen mit geeigneter Rechnung. Auf welche Höhe könnte man mit dieser Energie eine Masse von 1 kg heben? Um wie viel Kelvin lässt sich damit 1 l Wasser erwärmen? (1P)

Aufgabe 16: Sägezahngenerator eines Oszilloskops (4P)

In der rechten Abbildung sehen Sie die Prinzipschaltung eines Sägezahngenerators, wie er in Oszillographen verwendet wird. Der elektronische Schalter S schließt sich, wenn die an ihm anliegende Spannung einen bestimmten Wert U_{zu} erreicht, und öffnet sich, wenn die Spannung auf 0.2 V abgesunken ist. Die Spannungsquelle gibt die Spannung U ab (die viel größer als U_{zu} ist) und lädt den Kondensator C über den Ohm'schen Widerstand R_1 auf. Der Ohm'sche Widerstand R_2 steht für den kleinen, aber endlichen Innenwiderstand des Schalters. Bei einem typischen Sägezahngenerator liegen folgende Werte vor: $U=800\text{ V}$, $U_{zu}=4.2\text{ V}$, $R_2=1\text{ m}\Omega$, $R_1=0.5\text{ M}\Omega$ und $C=20\text{ nF}$.



- Berechnen Sie die Zeitkonstante $\tau=RC$ für die Aufladung des Kondensators. (0.5P)
- Während der Zeit, die erforderlich ist, um die Spannung über dem Schalter von 0.2 V auf 4.2 V anzuheben, steigt die Spannung am Kondensator nahezu linear mit der Zeit an. Zeigen Sie dies. (0.5P)
Hinweis: Verwenden Sie die für $|x| \ll 1$ gültige Näherung $e^x \approx 1 + x$. Diese geht aus der Reihenentwicklung der Exponentialfunktion für kleine Exponenten hervor.
- Der Kondensator wird nun innerhalb von 0.1 s von 0.2 V auf 4.2 V aufgeladen. Zeigen Sie, dass dafür ein Widerstand von $R_1=1\text{ G}\Omega$ erforderlich ist. (1P)
- Zeigen Sie, dass es nach dem Schließen des Schalters 60.9 ps dauert, bis sich der Kondensator entladen hat und skizzieren sie den zeitlichen Verlauf der Spannung am Kondensator über mehrere Schaltzyklen. (1P)
- Geben Sie die mittlere Rate der Wärmeenerzeugung am Ohm'schen Widerstand R_1 während des Ladens und am Innenwiderstand des Schalters R_2 während des Entladens des Kondensators an. (1P)

Aufgabe 17: Innenwiderstand einer Spannungsquelle (4P)

Oftmals werden in Schaltkreisen lediglich ideale Spannungsquellen ohne eigenen Innenwiderstand betrachtet, die unabhängig von der angelegten Last eine konstante Ausgangsspannung zur Verfügung stellen sowie beliebig hohe Ströme ermöglichen. In der Realität besitzen jedoch auch Spannungsquellen einen internen Widerstand, der die maximale Leistungsabgabe limitiert und als zusätzlicher, in Reihe zur Spannungsquelle geschalteter Widerstand berücksichtigt wird.

- Betrachten Sie zunächst den Fall einer Spannungsquelle der Spannung U mit Innenwiderstand R_i , an die eine Last der Größe R_L angeschlossen ist. Zeigen Sie mithilfe der Kirchhoff'schen Gesetze, dass der optimale Lastwiderstand (maximale Leistung am Lastwiderstand) gegeben ist durch $R_i = R_L$. (1P)
- Zum Starten eines Fahrzeugs, soll nun eine 12 Volt Batterie mit Innenwiderstand R_i verwendet werden. Der Anlasser besitzt bei einer Spannung von 12 Volt eine Leistungsaufnahme von 1.7 kW und soll vereinfacht als Lastwiderstand berücksichtigt werden. Berechnen Sie die Spannung sowie Leistung am Anlasser für
 - eine neue Batterie mit einem Innenwiderstand von $R_i=0.01\text{ }\Omega$
 - eine gealterte Batterie mit einem erhöhten Innenwiderstand von $R_i=0.2\text{ }\Omega$

und schließen Sie daraus, warum die alte Batterie besonders bei niedrigen Temperaturen vermutlich nicht mehr ausreicht, um das Fahrzeug zu starten. (1P)

- c) Ein zweites Fahrzeug mit neuer Batterie gibt Ihrem Wagen mit schwacher Batterie Starthilfe mithilfe zweier Starterkabel der Widerstände $R_K = 0.01 \, \Omega$. Die Innenwiderstände der beiden Batterien sind entsprechend durch den vorigen Aufgabenteil gegeben und beide liefern eine Spannung von 12 V. Wie sollten Sie die Pole der beiden Batterien miteinander verbinden, damit der Startversuch erfolgreich sein kann? Berechnen Sie dazu für die beiden möglichen Fälle mithilfe der Kirchhoff'schen Gesetze die Spannung und Leistung am Lastwiderstand sowie die Ströme, die durch die beiden Batterien fließen. (2P)