

**Aufgabe 1.1.**

Ein Wasserstoffatom besteht aus einem Elektron und einem Proton. Der mittlere Abstand zwischen beiden beträgt  $0,53 \cdot 10^{-10}$  m. Bestimmen Sie das Verhältnis aus elektrostatischer- und Gravitationskraft, die zwischen Kern und Elektron wirken. Welchen Wert müsste die Protonenmasse annehmen, damit die Gravitationskraft die gleiche Anziehung wie die Coulombkraft ausüben könnte? Welche Objekte haben solche Massen?

(Elektronenmasse  $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$  kg, Protonenmasse  $m_p = 1,7 \cdot 10^{-27}$  kg, Elementarladung  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  C, Gravitationskonstante  $\gamma = 6,7 \cdot 10^{-11}$  N m<sup>2</sup> kg<sup>-2</sup>, elektrische Feldkonstante  $\epsilon_0 = 8,9 \cdot 10^{-12}$  A<sup>2</sup> s<sup>2</sup> N<sup>-1</sup> m<sup>-2</sup>.)

**Aufgabe 1.2.**

Zwei identisch positiv geladene Ionen haben einen Abstand von  $5 \cdot 10^{-10}$  m und die zwischen ihnen wirkende elektrostatische Abstoßungskraft betrage  $3,7 \cdot 10^{-9}$  N.

Wie groß ist die Ladung, die jedes Ion trägt?

Welche Wertigkeit hat jedes Ion, d.h. wie viele Elektronen fehlen jedem Ion?

**Aufgabe 1.3.**

In einem homogenen elektrischen Feld der Feldstärke  $10 \cdot 10^5$  Vm<sup>-1</sup> wird eine Ladung von  $+2 \cdot 10^{-5}$  C von einem Ausgangspunkt A zunächst 0,5 m parallel zu den Feldlinien in einen Punkt (B) und dann 0,3 m senkrecht dazu in den Punkt (C) verschoben.

Wie groß ist die dabei insgesamt verrichtete Arbeit?

Wie groß ist die zu verrichtende Arbeit, wenn die Ladung von (A) über (B) nach (C) und von dort diagonal wieder nach (A) verschoben wird?

**Aufgabe 1.4.**

In einer Bildschirmröhre werden Elektronen von einer beheizten Kathode emittiert. Der Bildschirm hat in Bezug auf die Kathode ein Potential von +10 kV. Zwischen beiden besteht eine konstante elektrische Feldstärke. Bestimmen Sie die potentielle Energie eines Elektrons unmittelbar nach Austritt aus der Kathode, in der Mitte seines Weges und beim Auftreffen auf den Bildschirm. Wenn die Startgeschwindigkeit des Elektrons an der Kathode ungefähr Null war, welche Geschwindigkeit hat es dann in der Mitte seines Weges und an der Anode?

**Aufgabe 2.1.**

Zwei gleichnamige punktförmige Ladungen von je  $3 \cdot 10^{-5} \text{ C}$  werden aus 100 cm Entfernung auf 1 cm angenähert. Wie groß ist die zu verrichtende Arbeit?

**Aufgabe 2.2.**

Die elektrische Feldstärke zwischen einer 500 m über der Erdoberfläche befindlichen Wolke der Flächenausdehnung  $1 \text{ km}^2$  und dem Erdboden betrage durchschnittlich  $2 \cdot 10^5 \text{ Vm}^{-1}$ . Das System Wolke-Erdboden wirkt wie ein Plattenkondensator mit Luft als Dielektrikum  $\epsilon_r \approx 1$ .

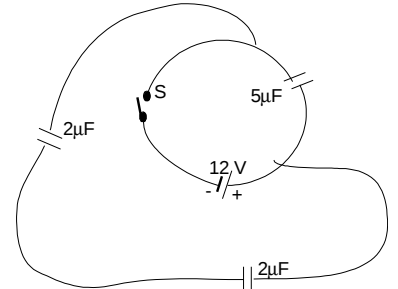
Wie groß ist die Spannung zwischen Wolke und Erdboden? Welche elektrische Ladung trägt die Wolke? Welche Energie ist im gesamten elektrischen Feld deponiert? Welchem finanziellen Wert würde diese Energie entsprechen, wenn man einen Preis von 0,25 EUR/kWh zugrunde legen würde?

**Aufgabe 2.3.**

Ein mit einer negativen elektrischen Ladung von  $5 \cdot 10^{-10} \text{ C}$  aufgeladenes Kügelchen fliegt horizontal durch einen Plattenkondensator, der eine Querschnittsfläche von  $100 \text{ cm}^2$  hat und mit  $3 \cdot 10^{-7} \text{ C}$  aufgeladen ist. Das Experiment werde in der Nähe der Erdoberfläche durchgeführt. Wie groß müsste die Masse des Kügelchens sein, damit es von der elektrostatischen Anziehungskraft nicht abgelenkt wird?

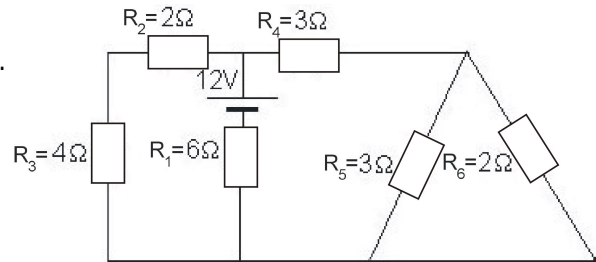
**Aufgabe 2.4.**

Der Schaltkreis (fliegender Aufbau) besteht aus einer 12 V Batterie und drei Kondensatoren. Bestimmen Sie die Spannung, die über jedem Kondensator abfällt, und die Ladung, die auf jedem Kondensator liegt, nachdem der Schalter geschlossen ist. Wie viel Energie ist auf jedem der Kondensator, und wie viel im gesamten Schaltkreis gespeichert?



**Aufgabe 3.1.**

Ermitteln Sie den Gesamtwiderstand der Schaltung.  
 Welcher Strom fließt durch  $R_1$  und  
 Welche Spannung fällt über ihm ab?



**Aufgabe 3.2.**

Eine elektrische Leitung aus Eisendraht mit einem kreisförmigen Querschnitt (Durchmesser 10mm) soll durch eine ebenso gute (d.h. mit gleichem elektrischen Widerstand) und gleich lange Kupferleitung ersetzt werden. Welchen Durchmesser muss diese haben, wenn der spezifische Widerstand für Kupfer  $1,7 \cdot 10^{-8} \Omega\text{m}$  und für Eisen  $1 \cdot 10^{-7} \Omega\text{m}$  beträgt?

**Aufgabe 3.3.**

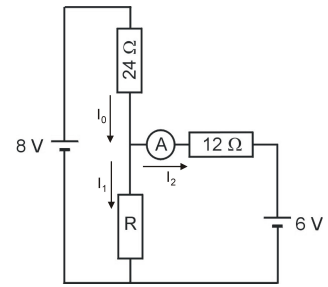
Ein Student hängt mit beiden Armen an einer Hochspannungsleitung. Der Draht hat einen Widerstand von  $60 \mu\Omega/\text{m}$  und transportiert einen Strom von 1000A. Der Widerstand des Studenten beträgt  $10\text{k}\Omega$  und seine Hände sind 20 cm voneinander entfernt.  
 Wie viel Spannung fällt über dem Studenten ab und wie viel Strom fließt durch ihn ?  
 Ist der Strom für ihn gefährlich ? (Ab 1mA spürt man den Strom, Muskelkrämpfe treten ab 10 mA auf).

**Aufgabe 3.4.**

Der an einem elektrischen Energiezähler eines Haushaltes abgelesene Zählerstand beträgt 268,47 kWh. Nun werden folgende parallel geschaltete Geräte in Betrieb genommen:  
 drei 80 W Glühlampen, die je 2 Stunden brennen,  
 ein Tauchsieder, der 1,5 Liter Wasser von  $10^\circ\text{C}$  auf  $100^\circ\text{C}$  erwärmt und  
 ein elektrischer Motor, der mit einer Leistung von 500 W eine halbe Stunde lang arbeitet.  
 Welcher Zählerstand wird nach dem Abschalten dieser Geräte (abgesehen von Leistungsverlusten) angezeigt? (die spezifische Wärmekapazität des Wassers beträgt  $4,18 \text{ kJ kg}^{-1}\text{K}^{-1}$ .)

**Aufgabe 4.1.**

Welchen Wert muss in der dargestellten Schaltung der Widerstand R haben, damit das Amperemeter stromlos ist?

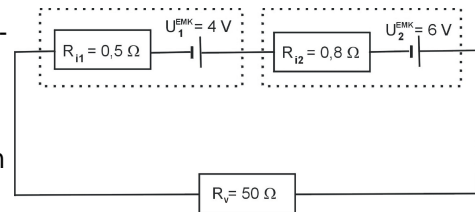


**Aufgabe 4.2.**

Ein Akkumulator trage als Aufschrift folgende Nenndaten: 12 V; 45 Ah. Was folgt aus diesen Nennwerten für den voll aufgeladenen Akkumulator für die gespeicherte elektrische Energie und für die Zeit, mit der eine 12 V-Lampe mit einer Leistung von 25 W theoretisch maximal betrieben werden kann?

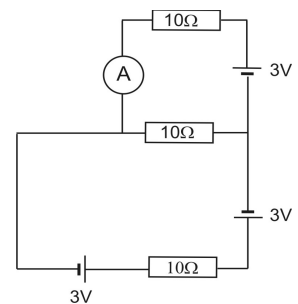
**Aufgabe 4.3.**

In der dargestellten elektrischen Schaltung sind zwei Batterien, deren Innenwiderstände nicht vernachlässigbar sind, in Reihe geschaltet und an einen Verbraucherwiderstand von  $50 \Omega$  angeschlossen. Welche Spannung fällt über dem Verbraucherwiderstand ab und welche Leistung wird in ihm umgesetzt?



**Aufgabe 4.4.**

Welche Stärke hat der Strom  $I_2$ , der durch das Amperemeter fließt?



**Aufgabe 5.1.**

Ein unendlich langer Leiter bildet eine kreisförmige Schlinge, zu der der Leiter eine Tangente darstellt. Durch den Leiter fließt ein Strom von 5 A. Gesucht ist der Radius der Schlinge, bei dem die magnetische Feldstärke (Ring + Draht) im Mittelpunkt der Schlinge  $41 \text{ Am}^{-1}$  beträgt.

**Aufgabe 5.2.**

Zwei kreisförmige Windungen mit einem Radius von jeweils 1 cm sind in parallelen Ebenen in einem Abstand von 52 cm voneinander angeordnet. Durch die Windungen fließen die Ströme  $I_1 = I_2 = 15 \text{ A}$ . Gesucht ist die magnetische Feldstärke im Mittelpunkt einer der Windungen wenn die Ströme in gleicher, beziehungsweise in entgegengesetzter Richtung fließen.

**Aufgabe 5.3.**

Mit einer Zylinderspule der Länge 20 cm und vom Durchmesser 2 cm soll in ihrem Inneren eine magnetische Feldstärke von annähernd  $1000 \text{ Am}^{-1}$  erzeugt werden. Dazu steht ein Kupferdraht mit einem Durchmesser von 0,5 mm zur Verfügung. Gesucht sind die für die Spule notwendigen (eng gewickelten) Windungen, der erforderliche Spulenstrom und die Spannung, die man an den Spulendraht anlegen muss. (Spezifischer Widerstand von Kupfer  $\rho_{\text{Cu}} = 0,0175 \cdot 10^{-6} \text{ } \Omega\text{m}$ .)

**Aufgabe 5.4.**

Ein Elektron (Ladung  $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$  und Masse  $9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ ) fliege innerhalb von 10 ns mit einer Geschwindigkeit von  $1000 \text{ km h}^{-1}$  senkrecht zur Feldlinienrichtung eines homogenen Magnetfeldes der magnetischen Flussdichte 0,5 mT. Um welchen Winkel wird das Elektron dabei von der ursprünglichen Richtung abgelenkt?

**Aufgabe 6.1.**

Ein 2 m langer Draht ist in Ost-West-Richtung ausgerichtet und wird von einem Kirchturm aus einer Höhe von 100 m fallen gelassen. Aufgrund eines Eisenerzvorkommens weist das lokale Magnetfeld mit einer magnetischen Flussdichte von  $2 \cdot 10^{-5}$  T in Süd-Nord-Richtung. Bestimmen Sie die induzierte Spannung am Ende der Fallbewegung unter Vernachlässigung des Luftwiderstandes.

**Aufgabe 6.2.**

In einem Magnetfeld der magnetischen Flussdichte 0,05 T dreht sich ein Metallstab mit einer Länge von 2 m mit  $2\text{Us}^{-1}$ . Die Drehachse, die durch eines der Stabenden geht, verläuft parallel zu den Kraftlinien des Magnetfeldes. Welche Spannung wird in dem Stab induziert?

**Aufgabe 6.3.**

Eine Spule mit 200 Windungen und einer Querschnittsfläche von  $100 \text{ cm}^2$  befindet sich in einem homogenen Magnetfeld von 0,5 T, das parallel zur Flächennormalen ausgerichtet ist. Das Magnetfeld wird abgeschaltet, und fällt innerhalb von 0,2 s auf 0,0 T ab. Wie groß ist die mittlere induzierte Spannung? Nehmen Sie an, der Spulendraht hat einen elektrischen Widerstand von  $25 \Omega$ . Wie groß ist dann der mittlere Strom, der beim Abschalten des Magnetfeldes durch den Spulendraht fließt? Nun wird die Spule bei angeschaltetem Magnetfeld mit Gewalt innerhalb von 100 ms auf eine Fläche von  $1 \text{ cm}^2$  zusammengequetscht. Bestimmen Sie wieder die mittlere induzierte Spannung und den mittleren Strom.

**Aufgabe 6.4.**

Eine 3 cm lange Spule mit einer Querschnittsfläche von  $0,5 \text{ cm}^2$  und 300 Windungen feingewickelten Kupferdrahts dient als Antenne für ein Radio. Das empfangene elektromagnetische Signal oszilliert in der Spule und induziert eine Spannung, die dann im Radio verarbeitet und z.B. als Musik hörbar wird.

Bestimmen Sie die Induktivität der Spule, wenn sie einen Luftkern hat. Schätzen Sie die Induktivität der Spule ab, wenn ein Ferritkern benutzt wird, der im erwarteten Strombereich eine relative Permeabilität von 400 hat. Nehmen Sie an, dass der Ohmsche Widerstand der Spule vernachlässigt werden kann, und berechnen Sie die mittlere induzierte Spannung entlang der Spule, wenn der Spulenstrom in einer Zehntelsekunde von 0 auf 20 mA ansteigt.

**Aufgabe 7.1.**

Es soll ein Radio-Empfänger für eine Frequenz von 2450 MHz aufgebaut werden. Dazu steht eine Spule mit einer Induktivität von  $300\mu\text{H}$  zur Verfügung. Wie ist die Kapazität des Kondensators zu wählen? Über welche Energie verfügt ein einzelnes Photon dieser Frequenz? (Plancksches Wirkungsquantum  $h=6,626\cdot 10^{-34}\text{ Js.}$ )

**Aufgabe 7.2.**

Der Wechselstrom-Adapter eines Mobiltelefons besteht aus einem Transformator, zwei Dioden und einem Kondensator. Er transformiert 230 V Wechselspannung herunter auf 15 V Wechselspannung, die von der übrigen Schaltung dann in Gleichspannung umgewandelt werden. Die Eingangsseite des Transformators hat 150 Windungen.

Wie viele Windungen hat die Ausgangsseite? Nehmen Sie an, der Transformator arbeite verlustfrei und auf der Eingangsseite fließen 0,1 A Wechselstrom. Wie groß ist dann der Maximalstrom auf der Ausgangsseite?

**Aufgabe 7.3.**

Ein Dorf wird von einem Transformator aus einer 20 kV Hochspannungsleitung mit der üblichen Netzspannung von 230 V versorgt. Die daran angeschlossenen Haushalte benötigen eine elektrische Leistung von 70 kW.

Wie groß ist das Übersetzungsverhältnis des Transformators?

Wie groß sind die Effektivwerte der Ströme im Primär- und Sekundärkreis?

Wie groß ist der Gesamtwiderstand im Sekundärkreis?

**Aufgabe 7.4.**

In einem Wasserkraftwerk wird ein Wechselstromgenerator von einer Turbine angetrieben, in die pro Sekunde  $1,5\text{ m}^3$  Wasser aus einer Höhe von 200 m fallen. Der Gesamtwirkungsgrad des Systems Turbine-Generator beträgt 70%. Die vom Generator abgegebene elektrische Energie wird von einem Transformator mit einem Wirkungsgrad von 95% auf 200 kV Hochspannung transformiert und in eine Fernleitung eingespeist, in der weitere 10% verloren gehen.

Berechnen Sie die Leistung, mit der die Turbine angetrieben wird. Welcher Strom fließt durch die Hochspannungsleitung? Wie groß ist die zur Verfügung stehende Leistung auf der Niederspannungsseite eines gleichen Transformators, mit welchem die Hochspannung am Ende der Fernleitung auf die Verbraucherspannung herunter transformiert wird? Geben Sie den Wirkungsgrad des Gesamtsystems an.

**Aufgabe 8.1.**

Die Frequenz eines Tongenerators von 10kHz wird verdoppelt. Wie ändern sich die Schallgeschwindigkeit und die Wellenlänge in Luft und Wasser?

**Aufgabe 8.2.**

Von einem Tongenerator werde eine Schallwelle mit einer Frequenz von exakt 10kHz erzeugt. Dieser Welle werde eine zweite Welle unbekannter Frequenz überlagert, wobei eine Lautstärkeschwankung resultiert. Die Schwebungsfrequenz beträgt 50Hz. Welche Frequenz und welche Wellenlänge hat die zweite Welle?

**Aufgabe 8.3.**

100 m von einer Unterwasserexplosion entfernt wird die Intensität der entstandenen Schockwelle mit  $1 \text{ GW/m}^2$  (integriert über die gesamte einhüllende Oberfläche) gemessen. Welche Intensität wird 1 s nach der Explosion am Ort der fortschreitenden Wellenfront gemessen? (Schallgeschwindigkeit in Wasser  $1500 \text{ ms}^{-1}$ .)

**Aufgabe 8.4.**

Eine Ambulanz fährt mit eingeschalteter Sirene (Tonfrequenz 400Hz) auf der Autobahn mit 120km/h. Welche Frequenz hört ein entgegenkommender Autofahrer, der in Gegenrichtung mit 100km/h fährt? Welche Frequenz hört er, nachdem er die Ambulanz passiert hat? (Schallgeschwindigkeit in Luft bei 20°C: 343m/s)



**Aufgabe 9.1.**

Ein Lichtstrahl trifft auf eine Bergkristall-Platte, deren Brechungsindex  $n=1,545$  beträgt. Wie groß muss der Einfallswinkel sein, damit der reflektierte Strahl senkrecht auf dem gebrochenen Strahl steht (Winkelangabe in  $^\circ$  und rad)?

**Aufgabe 9.2.**

Ein unter Wasser befindlicher Student versucht seine Begleiter auf dem Begleitboot zu beeindrucken. Dazu möchte er ihnen mit einer ausreichend starken Lampe eine Nachricht morsen. Unter welchen Winkeln muss er den Lichtstrahl gegen die Wasseroberfläche richten, damit die Signale überhaupt wahrgenommen werden können? (Brechungsindex  $n = 1,35$ )

**Aufgabe 9.3.**

Eine dünne Konvexlinse mit gleichen Krümmungsradien der brechenden Flächen besteht aus einem Material mit einem Brechungsindex  $n=1,5$  und liefert von einem 50 cm entfernten Gegenstand ein Bild im Abstand von 75 cm von der Hauptebene der Linse. Wie groß ist der Krümmungsradius und welche Größe hat das Bild, wenn der Gegenstand 8 cm hoch ist?

**Aufgabe 9.4.**

Ein Brillenglas liefert von der Sonne ein scharfes Bild im Abstand von 50 cm von der Linse. Wie groß ist der Brechwert der Linse?

**Aufgabe 10.1.**

Zur Bestimmung der Brennweite einer Sammellinse betrachtet man das in der Bildebene mit einem Schirm aufgefangene Bild eines Gegenstandes und stellt fest, dass es 3,5 mal größer ist als der Gegenstand. Verschiebt man die Linse um 10 mm, ergibt sich vom gleichen Gegenstand ein 2,5 mal so großes Bild. Wie groß ist die Brennweite der Linse?

**Aufgabe 10.2.**

Eine Briefmarke soll im Abbildungsmaßstab 1:1 fotografiert werden. Das Fotoobjektiv hat eine Brennweite von 50 mm. Wie groß muss der Abstand zwischen der Filmebene, die sich (annähernd) an der Kamera-Rückwand befindet, und dem Gegenstand sein?

**Aufgabe 10.3.**

Bestimmen Sie die Brennweite einer dünnen plan-konvexen Glaslinse (Krümmungsradius 50 mm, Brechungsindex 1,5) in Luft. Wie würde sich die Brennweite verändern, wenn man die Linse unter Wasser (Brechungsindex 1,33) verwenden würde?

**Aufgabe 10.4.**

Sie begegnen im Wald einem Einhorn. Um das beweisen zu können wollen Sie es fotografieren. Das Einhorn ist 4 m lang und seine Nase befindet sich 15 m vor der (vertikalen) Mittelebene einer dünnen Linse der Brennweite 3 m. Wo befindet sich das Bild der Nase und um wie viel mal ist diese gegenüber der Originalgröße verkleinert? In welchem Abstand von der Linse wird der Einhornschwanz scharf abgebildet?

**Aufgabe 11.1.**

Ordnen Sie die nachstehend aufgeführten Strahlungsarten des elektromagnetischen Spektrums nach zunehmender Frequenz: Sichtbares Licht (VIS), Bluetooth, WLAN, Ultrakurzwellen (UKW), Harter  $\gamma$ -Strahlung, Haushaltsmikrowelle, Infrarote Strahlung (IR), Röntgenstrahlung (X) und Ultraviolette Strahlung (UV).

**Aufgabe 11.2.**

Eine Lichtquelle sende insgesamt 500 W Strahlungsleistung gleichverteilt (homogen) in alle Raumrichtungen ab. Welche Strahlungsleistung fällt in 10 m, 100 m und 110 m Entfernung auf einen Schirm mit einer Fläche von 1 m<sup>2</sup>?

**Aufgabe 11.3.**

Ein Helium/Neon-Laser erzeugt rotes Licht mit einer Vakuumwellenlänge von  $\lambda_0=633\text{nm}$ . Dieses Licht benötigt eine Zeit von 1,61 ns, um einen 20 cm langen Diamantstab zu durchlaufen. Wie groß ist die Lichtgeschwindigkeit im Diamanten? Welchen Brechungsindex hat der Diamant? Um wie viele Nanometer ändert sich die Wellenlänge des roten Lichtes im Diamanten und welche Farbe erscheint dem menschlichen Auge?

**Aufgabe 11.4.**

Bei der Emission eines Photons nimmt das emittierende Atom den Impuls des Photons auf, was einem Kraftstoß der Größe  $F_{\text{ph}} \cdot \Delta t = p_{\text{ph}} = h/\lambda_{\text{ph}} = E_{\text{ph}}/c$  entspricht. Auf eine Lichtquelle die ihre Strahlungsleistung von  $P = \sum E_{\text{ph}}/\Delta t$  gerichtet abgibt wirkt somit die Rückstoßkraft aller emittierten Photonen von  $F_{\Sigma} = P/c$ . Das weiß auch ein Astronaut (Masse 110 kg) der sich 10 m von seiner Raumfähre entfernt befindet. Da er vergessen hatte sich anzuseilen, muss ihm etwas geeignetes einfallen, um zurückkehren zu können, denn sein Sauerstoffvorrat reicht für nur noch 5 Stunden. In der Seitentasche seines Raumanzuges befindet sich eine 500 W-Lampe (Masse 1 kg). Er beschließt, die beschriebene Impulswirkung der Photonen für die Rückkehr zu nutzen.

Wie lange würde der auf diese Weise realisierte Rückflug zur Fähre dauern?

Wie lange würde er dafür benötigen, wenn es ihm gelänge die Lampe mit einer Geschwindigkeit von 3 ms<sup>-1</sup> in exakt entgegengesetzte Richtung in den Weltraum zu schleudern?