Fachabiturprüfung 2016 zum Erwerb der Fachhochschulreife an

Fachoberschulen und Berufsoberschulen

PHYSIK

Ausbildungsrichtung Technik

Donnerstag, 02. Juni 2016, 9.00 - 12.00 Uhr

Die Schülerinnen und Schüler haben zwei Aufgaben zu bearbeiten.
Die Auswahl der Aufgaben trifft die Schule.

BE

1.0 In einem Experiment soll der Betrag der Fallbeschleunigung bestimmt werden. Dazu lässt man zum Zeitnullpunkt eine kleine Eisenkugel aus der Ruhe heraus verschieden lange vertikale Strecken der Länge h durchfallen und misst jeweils die zugehörige Fallzeit t.

6 1.1 Fertigen Sie eine vollständig beschriftete Skizze eines möglichen Versuchsaufbaus an, die alle erforderlichen Geräte enthält. Erläutern Sie, wie die Fallzeit hierbei gemessen wird.

1.2.0 Bei der Durchführung des Versuchs erhält man die folgenden Messergebnisse:

h in cm	30	50	70	90	110
t in s	0,25	0,32	0,38	0,43	0,48

5 1.2.1 Ermitteln Sie durch grafische Auswertung, wie h von t abhängt.

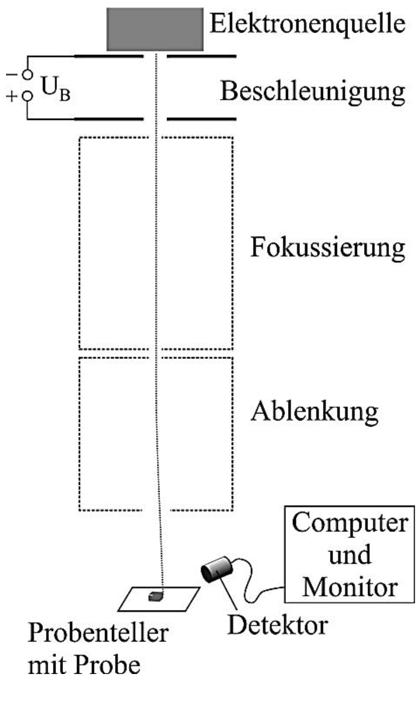
3 1.2.2 Geben Sie den Zusammenhang zwischen h und t in Form einer Gleichung an und bestimmen Sie die dabei auftretende Konstante k aus dem Diagramm von 1.2.1.
[mögliches Ergebnis: $k = 4{,}8\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$]

2 1.2.3 Bestimmen Sie aus der Konstanten k den Betrag der vorliegenden Fallbeschleunigung.

3 1.2.4 Mit zunehmenden Fallhöhen nimmt der Einfluss der Luftwiderstandskraft auf die Fallzeit beim freien Fall zu.
Geben Sie an, wie sich die Luftwiderstandskraft auf die Fallzeit auswirkt und begründen Sie, wie die veränderte Fallzeit den ermittelten Betrag der Fallbeschleunigung beeinflusst.

4 1.3 Ein Körper benötigt konkret für einen freien Fall im Vakuum die Fallzeit $t_F = 0{,}60$ s. v ist der Betrag der Momentangeschwindigkeit $\vec{v}$ des fallenden Körpers zum Zeitpunkt t.
Zeichnen Sie das zugehörige t-v-Diagramm für $0 \leq t \leq t_F$. Geben Sie die physikalische Bedeutung des Flächeninhalts der zwischen Graph, t-Achse und der Geraden mit der Gleichung $t = t_F$ eingeschlossenen Fläche an. Für den Betrag die Fallbeschleunigung gilt $g = 9{,}81\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$. Maßstab: $0{,}10\ \mathrm{s} \mathrel{\widehat{=}} 1\ \mathrm{cm}$; $1{,}0\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} \mathrel{\widehat{=}} 1\ \mathrm{cm}$

2.0 Ein Rasterelektronenmikroskop (kurz REM) besitzt eine deutlich höhere Auflösung als ein Lichtmikroskop.
Im Folgenden soll das Funktionsprinzip eines REM betrachtet werden. Ein fein fokussierter Elektronenstrahl tastet dabei die Oberfläche einer Probe ab. Ein Detektor erfasst die gestreuten Elektronen. Aufgrund der aufgenommenen Daten kann dann ein stark vergrößertes Bild der Probe auf einem Monitor erzeugt werden (siehe Skizze).
Die gesamte Anordnung befindet sich im Vakuum. Die Gewichtskraft der Elektronen ist zu vernachlässigen.



4 2.1 In der Elektronenquelle werden freie Elektronen mit Hilfe der Glühemission erzeugt.
Geben Sie eine technische Möglichkeit an, wie sich eine solche Elektronenquelle einfach realisieren lässt und erläutern Sie die Vorgänge bei der Glühemission.

Fortsetzung siehe nächste Seite

Fortsetzung I

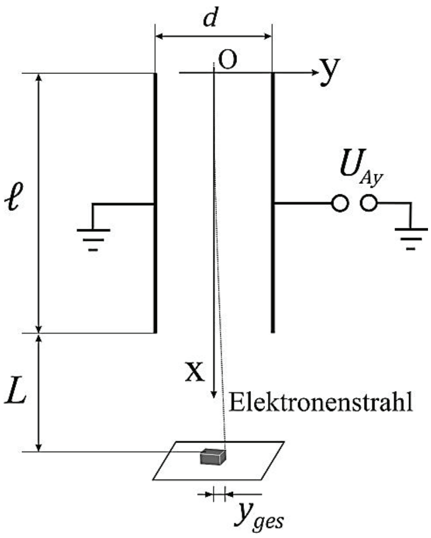
BE

2.2.0 Die Elektronen gelangen mit vernachlässigbarer Anfangsgeschwindigkeit in das homogene elektrische Feld eines Beschleunigungskondensators. Dort durchlaufen sie die Beschleunigungsspannung $U_B = 1{,}8$ kV und verlassen den Kondensator mit der Geschwindigkeit $\vec{v}$.

3 2.2.1 Zeigen Sie ausgehend von einem Zusammenhang zwischen Arbeit und Energie, dass für den Betrag der Geschwindigkeit $\vec{v}$ gilt: $v = \sqrt{2 \cdot \frac{e}{m_e} \cdot U_B}$, wobei e für die Elementarladung und m_e für die Elektronenmasse steht.

3 2.2.2 Berechnen Sie v und führen Sie eine Einheitenumrechnung durch.

2.3.0 Die Ablenkeinheit soll hier aus zwei Plattenkondensatoren bestehen. Es wird nur der Kondensator betrachtet, der aufgrund der Ablenkspannung U_{Ay} eine Ablenkung des Elektronenstrahls in y-Richtung bewirkt. Die Länge der Kondensatorplatten beträgt $\ell = 10{,}0$ cm, der Plattenabstand hat den Wert $d = 3{,}0$ cm.
Die Elektronen, welche die Beschleunigungsspannung $U_B = 1{,}8$ kV durchlaufen haben, treten nach der Fokussierung mit der Geschwindigkeit $\vec{v}$ mittig in den Ablenkkondensator ein.
Die Bewegungsrichtung der Elektronen ist beim Eintritt senkrecht zu den elektrischen Feldlinien. Im Eintrittspunkt befindet sich der Koordinatenursprung O des zugrunde gelegten Koordinatensystems (siehe Skizze).
Das elektrische Feld ist auf den Bereich zwischen den Kondensatorplatten begrenzt.



5 2.3.1 Zeigen Sie durch allgemeine Herleitung, dass bezüglich des vorgegebenen Koordinatensystems für die Bahn der Elektronen im Kondensator für $0 \leq x \leq \ell$ die folgende Gleichung gilt: $y = \frac{U_{Ay}}{4 \cdot d \cdot U_B} \cdot x^2$.

6 2.3.2 Die Probe befindet sich im Abstand L unterhalb des Ablenkkondensators. An der Probe erreicht der Elektronenstrahl gegenüber der x-Achse die Ablenkung y_{ges}.
Zeigen Sie, dass für diese Ablenkung gilt:

$$y_{ges} = \frac{\ell \cdot (\ell + 2L)}{4 \cdot d \cdot U_B} \cdot U_{Ay} \quad .$$

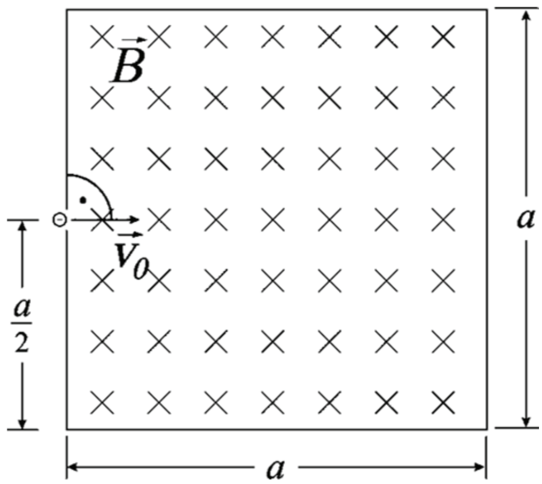
2 2.3.3 Die Ablenkspannung kann maximal auf $U_{Ay,max} = 30{,}0$ V eingestellt werden.
Berechnen Sie für $L = 19{,}9$ cm die maximale Auslenkung $y_{ges,max}$ des Elektronenstrahls an der Probe gegenüber der x-Achse in der Einheit mm.

4 2.3.4 Der Strom der Elektronen zwischen Elektronenquelle und Probe hat die Stärke $I = 3{,}2$ nA.
Berechnen Sie die Anzahl N der Elektronen, die in einer Zeitspanne von $\Delta t = 1{,}0$ s auf die Probe treffen.

50

II

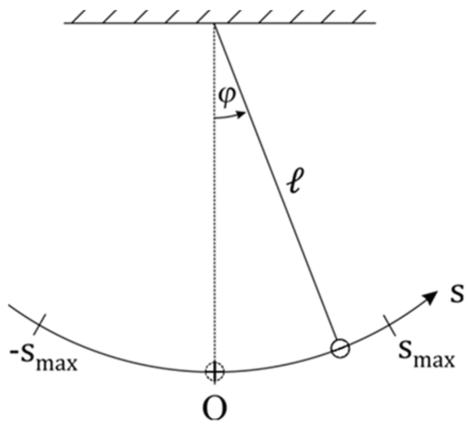
BE		
	1.0	Elektronen werden mit der Geschwindigkeit $\vec{v}_0$ senkrecht zur linken Begrenzungslinie und senkrecht zu den Feldlinien eines räumlich begrenzten, homogenen Magnetfeldes eingeschossen (siehe Skizze). Die zeitlich konstante magnetische Flussdichte $\vec{B}$ hat den Betrag $B = 3{,}0\ \text{mT}$. Die Seitenlänge der quadratischen Querschnittsfläche beträgt $a = 5{,}0\ \text{cm}$. Die Geschwindigkeit $\vec{v}_0$ hat den Betrag $v_0 = 2{,}2 \cdot 10^7\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$. Die gesamte Anordnung befindet sich im Vakuum.
4	1.1	Im Bereich des Magnetfeldes wirkt auf jedes dieser bewegten Elektronen neben der Gewichtskraft eine zweite Kraft. Berechnen Sie die Beträge der beiden Kräfte und zeigen Sie, dass die Gewichtskraft eines Elektrons gegenüber der anderen Kraft in den folgenden Teilaufgaben vernachlässigt werden kann.
3	1.2	Begründen Sie, dass sich die kinetische Energie eines Elektrons bei seiner Bewegung innerhalb des Magnetfeldes nicht ändert.
2	1.3	Erläutern Sie, ob es bei dieser Anordnung möglich ist, dass die Elektronen nach dem Eintritt in das Magnetfeld dieses nicht mehr verlassen.
	1.4.0	Die Elektronen bewegen sich innerhalb des Magnetfeldes auf einem Kreisbogen mit dem Radius r.
6	1.4.1	Berechnen Sie r und führen Sie eine Einheitenumrechnung durch.
3	1.4.2	Geben Sie an, an welcher Seite der Querschnittsfläche der Elektronenstrahl aus dem Magnetfeld austritt und begründen Sie Ihre Antwort.
	1.5.0	Dem Magnetfeld aus 1.0 soll nun ein homogenes elektrisches Feld mit der zeitlich konstanten Feldstärke $\vec{E}$ derart überlagert werden, dass die Elektronen aus 1.0 im Einflussbereich der Felder nicht abgelenkt werden.
5	1.5.1	Fertigen Sie für diesen Fall eine Skizze an, welche die auf ein Elektron wirkenden Kräfte und die Richtungen der magnetischen Flussdichte $\vec{B}$ sowie der elektrischen Feldstärke $\vec{E}$ beinhaltet und berechnen Sie den Betrag E der hierfür notwendigen elektrischen Feldstärke.
4	1.5.2	Unter den eingeschossenen Elektronen befinden sich auch hin und wieder einfach negativ geladene Fluorionen. Diese werden in die gleiche Richtung eingeschossen, sind aber langsamer als die Elektronen und werden nun unmittelbar nach dem Eintritt in den Einflussbereich beider Felder betrachtet. Vergleichen Sie die an einem Fluorion angreifenden Kräfte mit denjenigen Kräften, die auf ein Elektron wirken, hinsichtlich Betrag und Richtung. Erläutern Sie Ihre Aussagen. Entscheiden Sie damit auch, ob die Fluorionen aus ihrer ursprünglichen Einschussrichtung abgelenkt werden und geben Sie gegebenenfalls die Ablenkrichtung an. Die Gewichtskraft auf ein Fluorion ist weiterhin gegenüber den restlichen Kräften vernachlässigbar.



Fortsetzung siehe nächste Seite

BE Fortsetzung II

2.0 Ein Faden und eine kleine Kugel mit der Masse m bilden ein Fadenpendel mit der Pendellänge ℓ. Die Masse des Fadens ist vernachlässigbar klein.
Wird das Pendel ausgelenkt und aus der Ruhe heraus losgelassen, so schwingt die Kugel in einer vertikalen Ebene um die Ruhelage O hin und her (siehe Skizze).
Reibungsverluste sollen unberücksichtigt bleiben.



7 2.1 Weisen Sie anhand eines Kräfteplans nach, dass das Fadenpendel bei hinreichend kleinen Auslenkwinkeln φ harmonisch schwingt und für die Richtgröße D des Fadenpendels gilt: $D = \frac{m \cdot g}{\ell}$, wobei g der Betrag der Fallbeschleunigung ist.

2 2.2 Bestätigen Sie, dass für die Periodendauer T der harmonischen Schwingung eines Fadenpendels gilt: $T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{\ell}{g}}$.

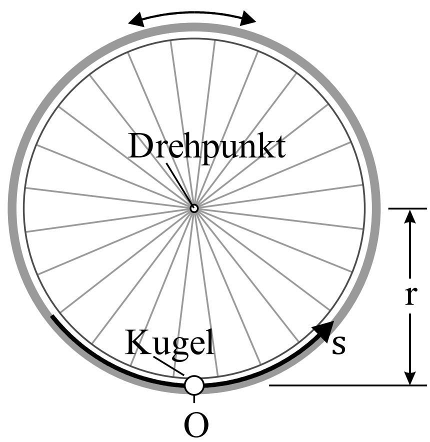
2.3.0 Die Kugel hat die Masse $m = 20$ g. Die Pendellänge beträgt $\ell = 70$ cm. Der Pendelkörper wird nach links ausgelenkt und zum Zeitpunkt $t_0 = 0$ aus der Ruhe heraus losgelassen. Die Kugel schwingt nun mit der Amplitude $s_{max} = 6{,}0$ cm harmonisch.

3 2.3.1 Berechnen Sie die Periodendauer T dieser Schwingung und geben Sie die Zeit-Elongation-Gleichung mit eingesetzten Werten an.

4 2.3.2 Die kinetische Energie E_k der kleinen Kugel ist abhängig von der Zeit t.
Berechnen Sie die maximale kinetische Energie $E_{k,max}$ und geben Sie den Zeitpunkt t^* an, zu dem die kinetische Energie E_k zum zweiten Mal den Wert $E_{k,max}$ annimmt.

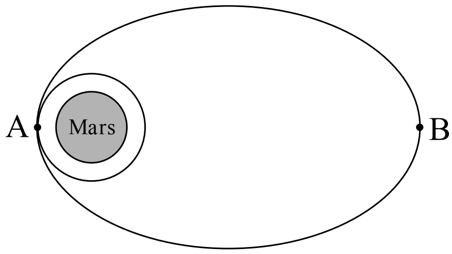
4 2.3.3 Beim Durchgang durch die Ruhelage O besitzt die Kugel eine Geschwindigkeit mit dem Betrag $22\ \frac{\text{cm}}{\text{s}}$. Der Faden übt auf die kleine Kugel im Punkt O die Kraft $\vec{F}_F$ aus.
Berechnen Sie den Betrag F_F der Kraft $\vec{F}_F$.

3 2.4 Die kleine Kugel mit der Masse $m = 20$ g wird nun auf eine große Radfelge aufgeklebt. Die Felge hat den Radius $r = 70$ cm und ohne Kugel die Masse $m_F = 400$ g.
Die Massen der Speichen und der Radnabe sowie Reibungsverluste sind zu vernachlässigen.
Die Radfelge wird so verdreht, dass sich die Kugel bei $s = 6{,}0$ cm befindet. Lässt man die Radfelge nun los, bewegt sie sich so, dass die Kugel wiederum harmonisch um die Gleichgewichtslage O hin- und her schwingt.
Untersuchen Sie qualitativ, ob und gegebenenfalls wie sich die Periodendauer T_F dieser Schwingung von der Periodendauer T aus 2.3.1 unterscheidet.



50

III

BE		
	1.0	Der Planet Mars hat die Masse $m_M = 6{,}42 \cdot 10^{23}$ kg und den mittleren Radius $r_M = 3{,}39 \cdot 10^3$ km.
	1.1.0	Für alle Körper, die sich antriebslos auf einer Ellipsenbahn mit der großen Halbachse a und der Umlaufdauer T um einen Zentralkörper bewegen, gilt das dritte Kepler´sche Gesetz $T^2 = C \cdot a^3$, wobei C die zugehörige Keplerkonstante ist. Im Speziellen gilt dieses Gesetz auch für Körper, deren Umlaufbahn kreisförmig ist, wobei a dann der mittlere Radius r der Kreisbahn ist.
5	1.1.1	Zunächst wird ein Körper betrachtet, der sich antriebslos auf einer Kreisbahn um einen Zentralkörper mit der Masse m_Z bewegt. Ermitteln Sie mit Hilfe des Gravitationsgesetzes, wie C von m_Z abhängt.
2	1.1.2	Zeigen Sie, dass für die Keplerkonstante C_M des Zentralkörpers Mars gilt: $C_M = 9{,}21 \cdot 10^{-13}\ \frac{\text{s}^2}{\text{m}^3}$.
	1.2.0	Die Sonde „Mars Odyssey“ wurde am 7.04.2001 von Cape Canaveral aus ins All gebracht. Am 24.10.2001 schwenkte die Sonde mit der Masse $m_S = 376$ kg zunächst in eine elliptische Umlaufbahn um den Mars ein. Die Dauer für einen antriebslosen Umlauf auf dieser elliptischen Bahn ist $T_E = 1194$ min. Der Punkt A der Ellipsenbahn liegt der Marsoberfläche am nächsten, der Punkt B am fernsten (siehe Skizze). Der Abstand des Punktes A von der Marsoberfläche beträgt $h_A = 400$ km. 
5	1.2.1	Berechnen Sie den Abstand h_B des Punktes B von der Marsoberfläche.
4	1.2.2	Die Sonde besitzt im Punkt A die Geschwindigkeit des Betrages v_A, im Punkt B die Geschwindigkeit des Betrages v_B. Treffen Sie eine qualitative Aussage über v_B im Vergleich zu v_A und begründen Sie ihre Aussage.
	1.3.0	Durch ein geeignetes Flugmanöver wird erreicht, dass sich die Sonde antriebslos auf einer Kreisbahn in der Höhe h über der Marsoberfläche bewegt. Dabei überfliegt „Mars Odyssey“ jeweils die Pole des Mars. Der Mars dreht sich in 24,6 Stunden einmal um seine Achse. In dieser Zeit umrundet die Sonde den Mars genau zwölf Mal.
5	1.3.1	Berechnen Sie h.
4	1.3.2	Aufgrund des guten Zustands der Sonde konnte ihre Betriebszeit immer wieder verlängert werden. Zu den letzten wichtigen Aufgaben der Sonde zählt die Weiterleitung von Daten der beiden im Januar 2004 gelandeten Rover „Spirit“ und „Opportunity“ der NASA. Die Sonde empfängt dazu die Signale der Rover täglich und sendet diese dann zur Erde bzw. umgekehrt. Je nach Position der beiden Planeten Erde und Mars sind die Laufzeiten der Signale recht unterschiedlich. Die beiden Planeten bewegen sich nahezu auf Kreisbahnen um die Sonne. Der mittlere Abstand der Erde zur Sonne beträgt $R_E = 149{,}6 \cdot 10^6$ km und der des Mars zur Sonne $R_M = 228 \cdot 10^6$ km. Die Signale breiten sich mit der Vakuumlichtgeschwindigkeit $c = 3{,}00 \cdot 10^8\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$ aus. Schätzen Sie rechnerisch die minimal mögliche Laufzeit Δt_{min} der Signale zwischen „Mars Odyssey“ und der Erde ab. Erläutern Sie Ihre Überlegungen.

Fortsetzung siehe nächste Seite

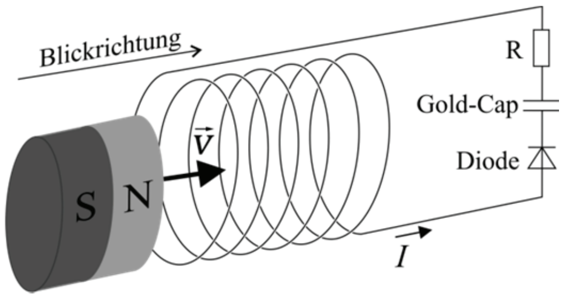
BE Fortsetzung III

2.0 Ein „Gold-Cap“ ist ein sogenannter Superkondensator, ein Kondensator mit sehr großer Kapazität. Ein solcher Gold-Cap besitzt die Kapazität $C = 10$ F.

4 2.1 Um eine Vorstellung von der Größenordnung dieser gewaltigen Kapazität zu bekommen, soll ein Vergleich mit einem Plattenkondensator durchgeführt werden. Die Platten dieses Kondensators sind kreisförmig und haben den Radius $r = 16{,}9$ cm, der Plattenabstand der zueinander parallelen Platten beträgt $d = 3{,}0$ mm und der Raum zwischen den Platten ist mit einem Kunststoff der Dielektrizitätszahl $\varepsilon_r = 3{,}5$ ausgefüllt.
Berechnen Sie die Anzahl k solcher Kondensatoren, die parallel geschaltet werden müssten, damit die Gesamtkapazität dieser Parallelschaltung den Wert $C = 10$ F erreicht.

4 2.2 Der zunächst ungeladene Gold-Cap wird auf die Spannung $U_0 = 2{,}2$ V aufgeladen. Der Kondensator nimmt die Ladung Q_0 auf und speichert die Energie E_0.
Berechnen Sie Q_0 und E_0.

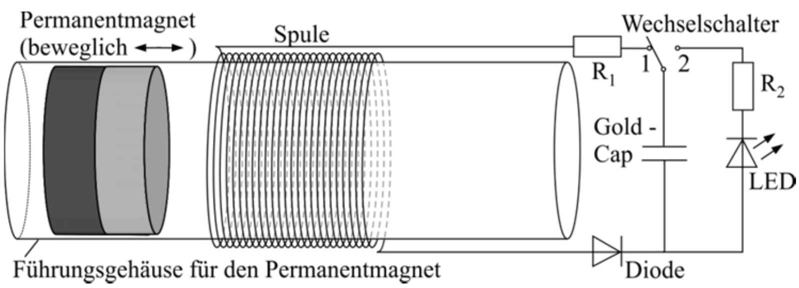
2.3.0 Eine Spule, ein Gold-Cap und eine Diode sind zu einem Stromkreis zusammengeschlossen (siehe nebenstehendes Bild). Die Summe aller ohmschen Widerstände dieses Stromkreises ergibt den Widerstand R.
Eine Diode kann als ein elektrischer Schalter betrachtet werden. Abhängig von der Stromrichtung lässt die Diode den Strom fließen (entspricht Schalter geschlossen) oder sie sperrt (entspricht Schalter offen). Sie wurde so eingebaut, dass der elektrische Strom nur entgegen dem Uhrzeigersinn durch den Stromkreis fließen kann (Blickrichtung siehe Bild).



4 2.3.1 Begründen Sie ausführlich, dass es beim Eintritt des Permanentmagneten in die Spule zu einem Stromfluss entgegen dem Uhrzeigersinn im Stromkreis kommt und somit Energie im Gold-Cap gespeichert wird.

4 2.3.2 Der Permanentmagnet wird so durch die Spule geführt, dass er auf der anderen Seite wieder vollständig aus der Spule austritt. Nach dieser Bewegung durch die Spule soll im Gold-Cap möglichst viel Energie gespeichert sein.
Erklären Sie, warum die Diode dabei eine wesentliche Funktion erfüllt.

4 2.3.3 Bei Schütteltaschenlampen kommt die zum Betrieb der Leuchtdiode (kurz LED) notwendige Energie nicht aus einer Batterie, sondern wird durch mechanisches Schütteln erzeugt. Das nebenstehende Bild zeigt eine einfache Realisierung einer solchen Schütteltaschenlampe.



Beschreiben Sie die Funktionsweise dieser Taschenlampe. Unterscheiden Sie dabei die Schalterstellungen 1 und 2 (auf die Funktion von R_1 und R_2 brauchen Sie nicht eingehen).

5 2.3.4 Der Gold-Cap ist auf die Spannung $U_0 = 2{,}2$ V aufgeladen. Entlädt sich der Gold-Cap über die LED, so leuchtet diese, falls die Betriebsspannung mindestens 1,6 V beträgt. Liegt an der LED die mittlere Spannung $U_m = 1{,}9$ V, so fließt durch die LED ein Strom der mittleren Stärke $I_m = 10$ mA.
Schätzen Sie durch Rechnung ab, über welche Zeitspanne Δt die LED beim Betrieb mit dem Gold-Cap Licht abgibt (der Innenwiderstand des Gold-Caps und der Widerstand der Leitungen soll vernachlässigt werden).

50