Fachabiturprüfung 2017 zum Erwerb der Fachhochschulreife an

Fachoberschulen und Berufsoberschulen

PHYSIK

Ausbildungsrichtung Technik

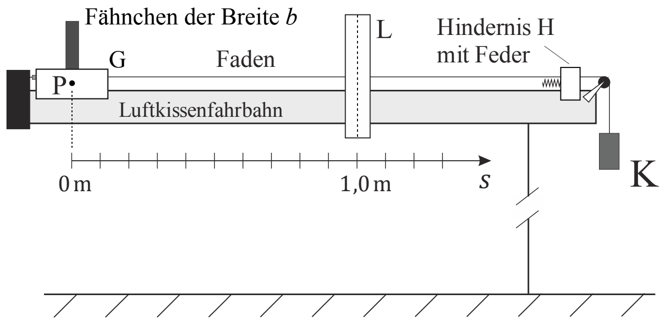
Freitag, 02. Juni 2017, 9.00 - 12.00 Uhr

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

I

BE

1.0 Auf einer waagrechten Luftkissenfahrbahn befindet sich ein Gleiter G, der mithilfe eines dünnen Fadens über eine kleine Rolle mit dem Körper K verbunden ist (siehe Skizze). Löst man zum Zeitnullpunkt die in der Skizze nicht dargestellte Arretierung von G, setzen sich Gleiter und Körper sofort in Bewegung.



Im Folgenden wird die Bewegung des Gleiters G durch die Ortskoordinate s des Punktes P bezüglich der eingezeichneten Koordinatenachse beschrieben.
Mithilfe der Lichtschranke L kann in guter Näherung die Momentangeschwindigkeit des Gleiters am Ort s ermittelt werden.
Sämtliche Reibungseinflüsse sowie die Massen von Faden und Rolle sollen vernachlässigt werden. Für Bewegungen nach rechts ist die Geschwindigkeitskoordinate von G positiv.

3 1.1 Erläutern Sie, wie die Momentangeschwindigkeit des Gleiters am Ort s bei dieser Versuchsdurchführung möglichst genau ermittelt werden kann.

1.2.0 In einer Versuchsreihe wird die Koordinate v der Momentangeschwindigkeit des Gleiters in Abhängigkeit von seiner Ortskoordinate s bestimmt:

Messung Nr.	1	2	3	4
s in m	0,50	0,70	1,00	1,10
v in $\frac{\text{m}}{\text{s}}$	0,54	0,66	0,77	0,82

4 1.2.1 Zeigen Sie mithilfe einer grafischen Auswertung der Messreihe, dass folgende Gleichung gilt: $v^2 = k \cdot s$
[Maßstab: 0,20 m ≙ 1 cm ; 0,10 $\frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}$ ≙ 1 cm]

4 1.2.2 Ermitteln Sie mithilfe des Diagramms von 1.2.1 die Koordinate a der Beschleunigung von G.

1.3.0 Der Gleiter G besitzt die Masse $m_G = 95$ g. Wegen der Gewichtskraft des Körpers K werden G und K beschleunigt. Die Beschleunigung des Gleiters G hat die Koordinate $a = 0{,}30\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$.

4 1.3.1 Berechnen Sie die Zeitdauer, die der Gleiter benötigt, um vom Startort bis zum Ort $s = 1{,}20$ m zu gelangen sowie die dort erreichte Koordinate der Momentangeschwindigkeit von G.

4 1.3.2 Ermitteln Sie ausgehend von einem Kraftansatz die Masse m_K des Körpers K.
[Ergebnis: $m_K = 3{,}0$ g]

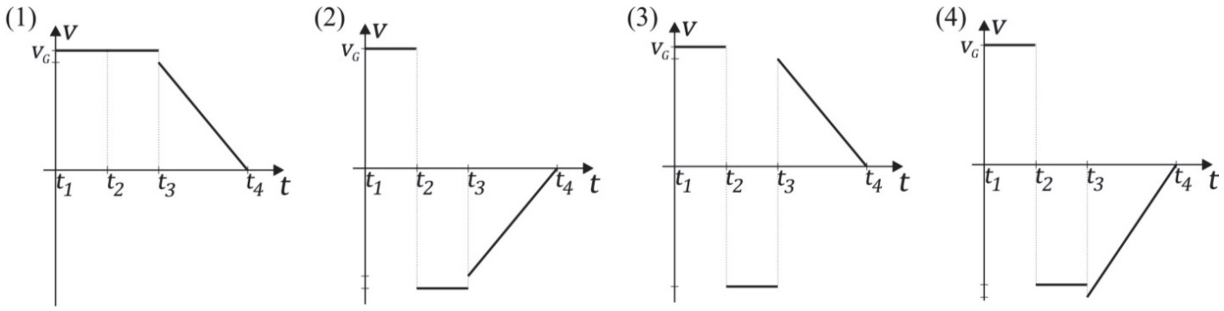
1.4.0 Zum Zeitpunkt t_1 erreicht G den Ort $s = 1{,}20$ m. Zu diesem Zeitpunkt setzt K auf dem Boden auf. G bewegt sich nun mit der Geschwindigkeitskoordinate v mit dem konstanten Wert $v_G = 0{,}85\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$ nach rechts und stößt dann vollelastisch auf die Feder des fest mit der Fahrbahn verbundenen Hindernisses H. Der Gleiter bewegt sich nach diesem vollelastischen Stoß nach links und die Geschwindigkeitskoordinate v hat bis zum erneuten Erreichen des Ortes $s = 1{,}20$ m den Wert $u_G = -0{,}85\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$.
In dem Moment, in dem G wieder den Ort $s = 1{,}20$ m passiert, wird K ruckartig nach oben beschleunigt. Dabei verändert sich die Koordinate der Geschwindigkeit v von G schlagartig auf den Wert u_G^*. K und G bewegen sich anschließend geradlinig bis zum Stillstand weiter.

4 1.4.1 Berechnen Sie u_G^* ausgehend vom Impulserhaltungssatz.

Fortsetzung siehe nächste Seite

BE Fortsetzung I

4 1.4.2 Im Folgenden wird die Zeitabhängigkeit der Koordinate v der Momentangeschwindigkeit des Gleiters G betrachtet: Zum Zeitpunkt t_1 setzt K auf dem Boden auf. Zum Zeitpunkt t_2 beginnt der vollelastische Stoß zwischen G und H, dessen kurze Zeitdauer vernachlässigt wird. Zum Zeitpunkt t_3 ist der Faden gerade wieder gespannt. Zum Zeitpunkt t_4 kommt G erneut zum Stillstand. Es stehen die folgenden vier qualitativen t-v-Diagramme zur Auswahl.



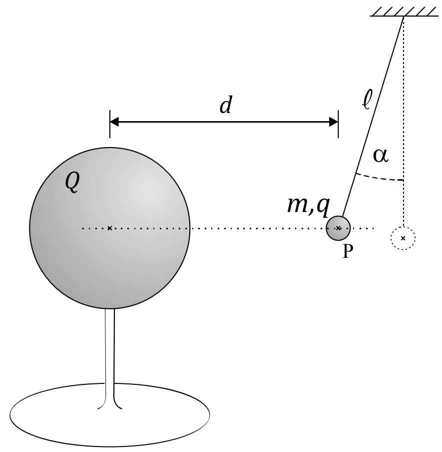
Geben Sie an, welches der vier idealisierten Diagramme den Bewegungsablauf wiedergibt. Führen Sie für jedes der drei anderen Diagramme ein Ausschlusskriterium an.

2.0 Eine isoliert aufgestellte und positiv geladene Hohlkugel mit dem Radius $R = 4{,}0$ cm erzeugt in ihrem Außenbereich ein elektrisches Feld. Die Hohlkugel trägt die Ladung $Q = +8{,}9 \cdot 10^{-8}$ C. In einem Punkt des elektrischen Feldes mit der Entfernung r ($r \geq R$) zum Mittelpunkt der Hohlkugel hat die elektrische Feldstärke den Betrag $E(r)$.

2 2.1 Skizzieren Sie den Verlauf der elektrischen Feldlinien außerhalb der geladenen Hohlkugel in einer Ebene, die den Mittelpunkt der Hohlkugel enthält.

4 2.2 Berechnen Sie den Betrag E_0 der elektrischen Feldstärke $\vec{E}$ auf der Kugeloberfläche und stellen Sie $E(r)$ in einem r-E-Diagramm für $4{,}0\text{ cm} \leq r \leq 24\text{ cm}$ grafisch dar.
[Maßstab: 4,0 cm $\hat{=}$ 1 cm ; $1{,}0 \cdot 10^5\ \frac{\text{V}}{\text{m}} \hat{=} 1$ cm]

2.3.0 Die geladene Hohlkugel wird in die Nähe einer kleinen geladenen Kugel gebracht. Die kleine Kugel hat die Masse $m = 2{,}5$ g, trägt die Ladung q und hängt an einem Faden der Länge $\ell = 40$ cm, dessen Masse vernachlässigt werden kann.
Die Höhe der Aufhängung wird so eingestellt, dass die Kugelmittelpunkte der großen Kugel und der kleinen ausgelenkten Kugel in einer horizontalen Ebene liegen und die Mittelpunkte den Abstand $d = 15$ cm haben. Der Faden schließt dann mit der Vertikalen den Winkel α ein (siehe Skizze).



2 2.3.1 Geben Sie das Vorzeichen der elektrischen Ladung q der kleinen Kugel an und begründen Sie Ihre Antwort.

8 2.3.2 Fertigen Sie für die in 2.3.0 dargestellte Situation einen vollständigen Kräfteplan der auf die kleine Kugel wirkenden Kräfte an und zeigen Sie, dass für $|q|$ gilt: $|q| = \frac{4\pi\varepsilon_0 \cdot d^2 \cdot m \cdot g}{Q} \cdot \tan(\alpha)$
Berechnen Sie $|q|$ für $\alpha = 5°$ und führen Sie eine Einheitenumrechnung durch.

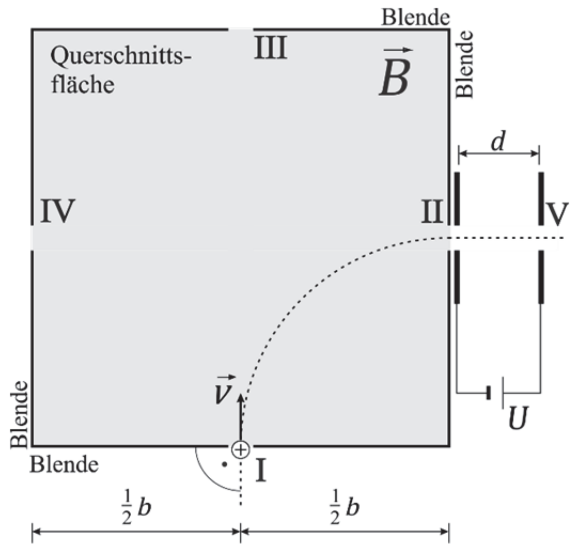
3 2.3.3 Die kleine geladene Kugel soll vom Punkt P horizontal aus dem elektrischen Feld der Hohlkugel entfernt werden.
Berechnen Sie den Betrag W der dafür notwendigen Verschiebungsarbeit im elektrischen Feld.

4 2.3.4 Die kleine geladene Kugel wird nun durch eine kleine Styroporkugel mit leitender Oberfläche ersetzt. Obwohl diese Kugel ungeladen ist, wird diese ebenfalls ausgelenkt. Begründen Sie diese Auslenkung und geben Sie deren Richtung an.

50

II

BE		
	1.0	Vier baugleiche Blenden begrenzen seitlich einen Quader mit quadratischer Querschnittsfläche der Breite $b = 8{,}0$ cm. Im Innern des Quaders herrscht ein homogenes Magnetfeld mit der zeitlich konstanten Flussdichte $\vec{B}$. Die vier Öffnungen I, II, III und IV liegen in einer Ebene und jeweils in der Mitte der Blenden (siehe Skizze). Einfach positiv geladene Wasserstoffionen der Masse $m_{\mathrm{H}} = 1{,}67 \cdot 10^{-27}$ kg und dem Geschwindigkeitsbetrag $v_{\mathrm{H}} = 92{,}1 \cdot 10^{3}\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ sowie einfach positiv geladene Natriumionen der Masse $m_{\mathrm{Na}} = 3{,}80 \cdot 10^{-26}$ kg gelangen durch die Öffnung I senkrecht zur Blende in das Magnetfeld. Bei geeigneter Wahl der Flussdichte des Magnetfeldes durchlaufen die Wasserstoffionen im Magnetfeld einen Kreisbogen von I nach II in der Zeichenebene. Die gesamte Anordnung befindet sich im Vakuum. Die Gewichtskraft der Ionen sowie die Wechselwirkung zwischen den Ionen sind im Folgenden zu vernachlässigen.
2	1.1	Geben Sie die Richtung und die Orientierung der vorliegenden magnetischen Flussdichte $\vec{B}$ an.
5	1.2	Zeigen Sie, dass für den Betrag B der magnetischen Flussdichte gilt: $B = 24$ mT.
5	1.3	Berechnen Sie die Aufenthaltsdauer Δt eines Wasserstoffions im Magnetfeld und die kinetische Energie $E_{\mathrm{kin,H}}$ mit der es das Magnetfeld verlässt.
5	1.4	Sollen die Natriumionen das Magnetfeld durch die Öffnung II verlassen können, so benötigen sie eine bestimmte Geschwindigkeit $\vec{v}_{\mathrm{Na,II}}$. Zeigen Sie, dass für den Betrag dieser Geschwindigkeit gilt: $v_{\mathrm{Na,II}} = \frac{e \cdot B \cdot b}{2 \cdot m_{\mathrm{Na}}}$ und berechnen Sie diese für $B = 24$ mT. Führen Sie eine Einheitenumrechnung durch.
	1.5.0	Alle Ionen, die durch die Öffnung II das Magnetfeld verlassen, gelangen in das homogene elektrische Feld eines Plattenkondensators, der an eine Gleichspannungsquelle der Spannung $U = 10$ V angeschlossen ist (siehe Skizze). Die Ionen werden im elektrischen Feld zunächst abgebremst. Der Kondensator hat den Plattenabstand $d = 2{,}0$ cm.
4	1.5.1	Weisen Sie nach, dass die Wasserstoffionen das elektrische Feld durch die Öffnung V verlassen, die Natriumionen aber nicht.
4	1.5.2	Erläutern Sie den weiteren Bewegungsablauf eines Natriumions vom Eintritt in das elektrische Feld in II bis zum endgültigen Austritt aus dem Magnetfeld unter der Annahme, dass es mit keinem anderen Teilchen zusammenstößt.
4	1.5.3	$v_{\mathrm{Na}}(t)$ ist der zeitabhängige Betrag der Geschwindigkeit des in 1.5.2 betrachteten Natriumions vom Eintritt in das Magnetfeld in I zum Zeitpunkt $t = 0$ bis zum endgültigen Austritt aus dem Magnetfeld. Skizzieren Sie qualitativ das zu diesem Bewegungsablauf passende $t - v_{\mathrm{Na}}$ – Diagramm.



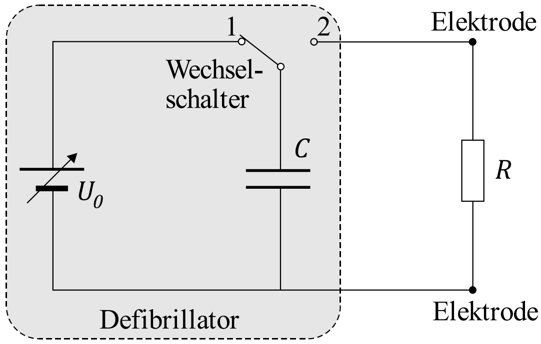
Fortsetzung siehe nächste Seite

BE Fortsetzung II

2.0 Ein Defibrillator ist ein in der Notfallmedizin verwendetes Gerät, das dazu dient, bestimmte Arten von Herzrhythmusstörungen durch gezielte Stromstöße zu beheben. Um den Herzmuskel wieder zum regelmäßigen Schlagen zu bringen, werden großflächige Elektroden auf dem Brustkorb des Patienten befestigt und ein geladener Kondensator auf Knopfdruck über den ohmschen Widerstand R des Brustkorbs des Patienten entladen.

Eine vereinfachte technische Realisierung eines solchen Defibrillators, dessen Elektroden mit einem Patienten verbunden sind, ist in der nebenstehenden Skizze zu sehen.

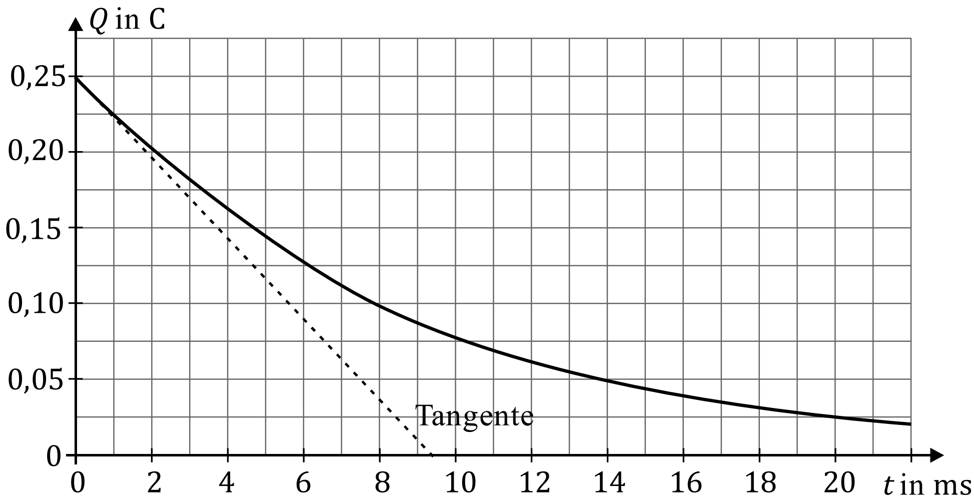
Der verwendete Kondensator hat die Kapazität $C = 172\ \mu\text{F}$ und wird mit der Spannungsquelle verbunden. Die Spannungsquelle wird auf die Spannung $U_0 = 1{,}45\ \text{kV}$ eingestellt und der Kondensator geladen.



2 2.1 Erklären Sie die Funktion des Wechselschalters in dieser Schaltung.

5 2.2 Berechnen Sie die im Kondensator gespeicherte Ladung Q_0.
Nimmt man nun an, dass es sich bei dem verwendeten Kondensator um einen Plattenkondensator mit dem Plattenabstand $d = 3{,}0\ \text{mm}$ handelt und das verwendete Dielektrikum die Dielektrizitätszahl $\varepsilon_r = 3{,}8$ hat, dann müsste eine Kondensatorplatte einen bestimmten Flächeninhalt A besitzen.
Berechnen Sie A und nehmen Sie Stellung zu der Annahme.

5 2.3 Beim Entladen des Kondensators über den Widerstand R des Patienten nimmt die gespeicherte Ladung Q des Kondensators gemäß dem unten dargestellten t-Q-Diagramm ab:



Ermitteln Sie mithilfe des Diagramms den Betrag I_{max} der maximalen Entladestromstärke und berechnen Sie den Patientenwiderstand R.
[mögliches Teilergebnis: $I_{\text{max}} = 27\ \text{A}$]

5 2.4 Der Brustkorb eines zweiten Patienten hat einen höheren Widerstand R^* als der Brustkorb des Patienten mit dem Widerstand R.
Geben Sie an, wie sich der Betrag I_{max} der maximalen Entladestromstärke und der Verlauf der Kurve im t-Q-Diagramm aus 2.3 ändern. Erläutern Sie Ihre Überlegungen.

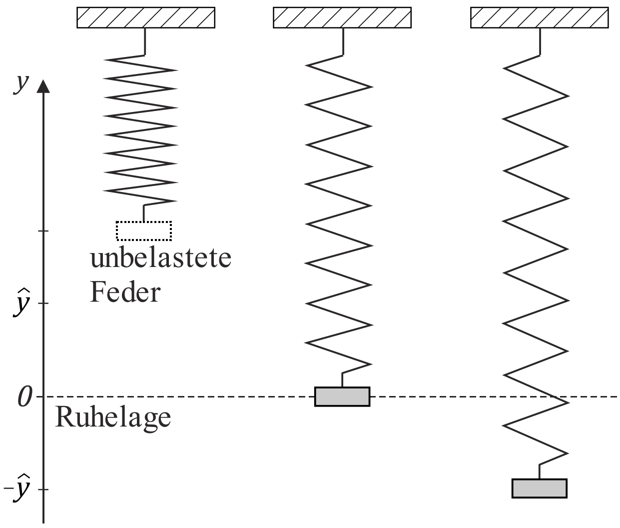
4 2.5 Für einen therapeutisch notwendigen zweiten Stromstoß soll die im elektrischen Feld des Kondensators maximal gespeicherte Energie verdoppelt werden. Um dies zu erreichen, wird die Spannung U_1 eingestellt.

50 Berechnen Sie U_1.

III

BE

1.0 Ein Körper der Masse $m = 100$ g wird am unteren Ende einer vertikal aufgehängten Schraubenfeder mit der Federkonstante D befestigt. Durch das Anhängen des Körpers ergibt sich eine Längenänderung der Feder um 12,8 cm.
Das sich so ergebende Feder-Schwere-Pendel wird in vertikaler Richtung um $\hat{y} = 10{,}0$ cm nach unten ausgelenkt und zum Zeitpunkt $t = 0$ losgelassen. Von diesem Zeitpunkt an führt es harmonische Schwingungen um die Ruhelage $y = 0$ aus. Reibungsverluste und die Masse der Feder sind zu vernachlässigen.



2 1.1 Zeigen Sie, dass die Feder die Federkonstante $D = 7{,}66\ \frac{\text{N}}{\text{m}}$ besitzt.

3 1.2 Geben Sie an, was man unter einer harmonischen Schwingung versteht und beschreiben Sie, wie man die Periodendauer obiger harmonischer Schwingung experimentell möglichst genau bestimmen kann.

3 1.3 Berechnen Sie den Betrag F_F der Federkraft im unteren Umkehrpunkt der Schwingung des Körpers.

1.4.0 Die Amplitude der Schwingung beträgt $\hat{y} = 10{,}0$ cm und die Periodendauer $T = 0{,}72$ s. Für $t \geq 0$ wird die Abhängigkeit der Elongation y von der Zeit t durch $y(t)$ beschrieben. $E_{\text{kin}}(t)$ beschreibt die zeitliche Abhängigkeit der kinetischen Energie und $E_{\text{pot}}(t)$ die der potenziellen Energie des Pendels. Die potenzielle Energie E_{pot} ist in der Ruhelage Null.

5 1.4.1 Bestimmen Sie $y(t)$ und $E_{\text{kin}}(t)$ jeweils mit eingesetzten Daten. Geben Sie die maximale kinetische Energie $E_{\text{kin,max}}$ an.

6 1.4.2 Die kinetische Energie E_{kin} und die potenzielle Energie E_{pot} des Feder-Schwere-Pendels verändern sich in Abhängigkeit von der Zeit t periodisch. Die Summe aus $E_{\text{kin}}(t)$ und $E_{\text{pot}}(t)$ dieses Pendels bezeichnet man als Gesamtenergie $E_{\text{ges}}(t)$.
Zeigen Sie allgemein, dass $E_{\text{ges}}(t)$ für $t \geq 0$ unabhängig von der Zeit t ist.

5 1.4.3 Zeichnen Sie den Verlauf von $E_{\text{kin}}(t)$ und E_{ges} in einem Koordinatensystem für $0 \leq t \leq T$.
[Maßstab: 0,1 s ≙ 1 cm ; 10 mJ ≙ 1 cm]

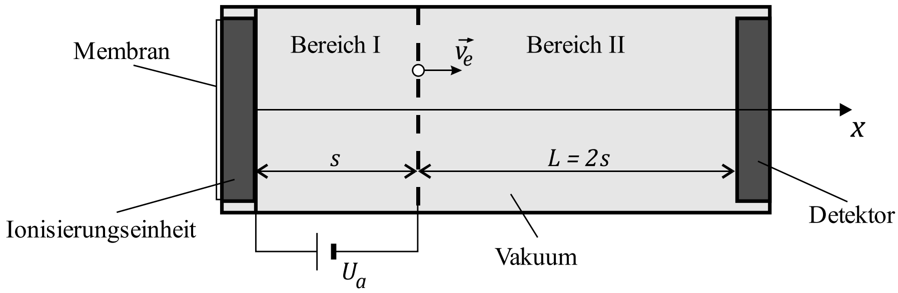
2 1.4.4 Ermitteln Sie nachvollziehbar aus dem Diagramm von 1.4.3 die potenzielle Energie des Pendels zum Zeitpunkt $t = 0{,}25$ s.

4 1.5 Der an die Feder angehängte Körper wird nun durch einen Körper größerer Masse ausgetauscht. Dieses neue Feder-Schwere-Pendel wird wiederum um $\hat{y} = 10{,}0$ cm aus der neuen Ruhelage nach unten ausgelenkt und zum Zeitpunkt $t = 0$ losgelassen. Es wird eine harmonische Schwingung beobachtet.
Untersuchen Sie, ob und gegebenenfalls wie sich aufgrund der größeren Masse die beiden Größen Periodendauer und maximale kinetische Energie ändern.

Fortsetzung siehe nächste Seite

BE Fortsetzung III

2.0 Die Sonde Rosetta untersuchte auf ihrer Mission mithilfe eines sogenannten Flugzeitmassenspektrometers die chemische Zusammensetzung eines Kometen.
Die untenstehende Skizze zeigt stark vereinfacht und nicht maßstäblich den Aufbau dieses Messsystems.
Die zu untersuchenden Gasmoleküle aus der Umgebung des Kometen gelangen über eine Membran in die Ionisierungseinheit. Dort werden die Gasmoleküle einfach positiv geladen.
Anschließend werden im Bereich I die Ionen, die beim Austreten aus der Ionisierungseinheit eine vernachlässigbare Anfangsgeschwindigkeit aufweisen, in einem homogenen elektrischen Feld in x-Richtung (siehe Skizze) entlang einer Strecke der Länge s auf die Endgeschwindigkeit $\vec{v}_e$ beschleunigt.
Danach treten sie durch ein Gitter in den Bereich II ein und bewegen sich hin zum Detektor.
Bereich II ist frei von elektrischen und magnetischen Feldern und hat die Länge $L = 2s$.
Das gesamte Messsystem befindet sich in einer evakuierten Röhre, sämtliche Wechselwirkungskräfte zwischen den Ionen und deren Gewichtskräfte sind vernachlässigbar.



3 2.1 Ionen mit der Masse m und der Ladung $q = e$ durchlaufen im Bereich I die Beschleunigungsspannung U_a und erfahren dabei eine Beschleunigung mit dem Betrag a.
Zeigen Sie ausgehend von einem Kraftansatz, dass im Bereich I gilt: $a = \frac{e \cdot U_a}{m \cdot s}$

2.2.0 Durch eine geeignete Versuchsanordnung wird mit einem Kurzzeitmesser die gesamte Flugzeit t_{ges} gemessen, die ein Ion zum Durchlaufen der Streckenlängen s und $L = 2s$ benötigt.
Damit die Zeitmessung beim Auftreffen des Ions auf den Detektor gestoppt werden kann, muss der Betrag der Geschwindigkeit des auf die Detektoroberfläche auftreffenden Ions mindestens den Wert $v_{\min} = 1{,}0 \cdot 10^4\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$ besitzen.

4 2.2.1 Berechnen Sie, ausgehend von einem Zusammenhang zwischen Arbeit und Energie, welchen Wert U_a mindestens haben muss, damit ein Ion der maximalen Masse $m_{\max} = 5{,}0 \cdot 10^{-25}$ kg die Zeitmessung stoppt.

5 2.2.2 Zeigen Sie, dass für die gesamte Flugzeit allgemein gilt: $t_{\text{ges}} = 2 \cdot s \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot m}{e \cdot U_a}}$

2.3.0 Die Beschleunigungsspannung beträgt $U_a = 200$ V, die Länge $s = 100$ mm.

4 2.3.1 Berechnen Sie die Masse m eines Ions, das die Flugzeit $t_{\text{ges}} = 13{,}5$ µs hat. Führen Sie eine Einheitenumrechnung durch.

4 2.3.2 Der untersuchte Komet ist zeitweise von einer Gasschicht (Koma) umgeben, die unter anderem Kohlenmonoxid CO enthält. Aufgrund verschiedener darin vorkommender Kohlenstoffisotope haben die einfach positiv geladenen CO-Ionen verschiedene Massen:
$m_{\text{CO},1} = 4{,}815 \cdot 10^{-26}$ kg bzw. $m_{\text{CO},2} = 4{,}649 \cdot 10^{-26}$ kg.
Entscheiden Sie rechnerisch, ob der Kurzzeitmesser mit seiner Messgenauigkeit von 0,1 µs ausreichend genau ist, um diese zwei CO-Ionen verschiedener Masse mit dem Messsystem unterscheiden zu können.

50