Fachabiturprüfung 2011 zum Erwerb der Fachhochschulreife an

Fachoberschulen und Berufsoberschulen

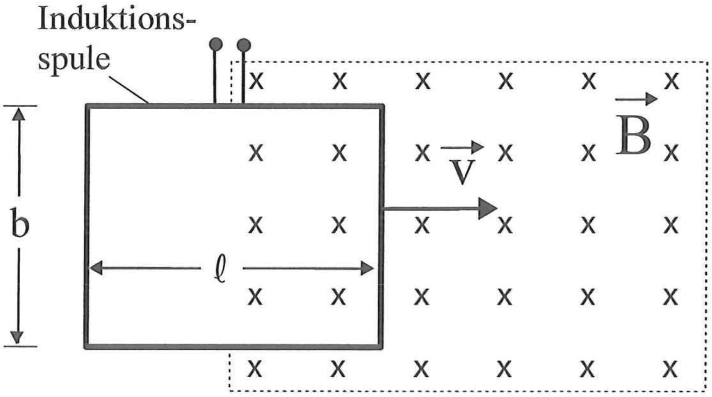
PHYSIK

Ausbildungsrichtung Technik

Freitag, 03. Juni 2011, 9.00 - 12.00 Uhr

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

BE 1.0



Eine flache Induktionsspule ist auf einem Schlitten, der sich auf einer horizontalen Unterlage reibungsfrei bewegen kann, fest montiert. Die Induktionsspule hat die Windungszahl $N = 200$ und einen rechteckigen Querschnitt mit den Seitenlängen $\ell = 8{,}0\,\text{cm}$ und $b = 6{,}0\,\text{cm}$.

1.1.0 Der Schlitten mit der Induktionsspule wird mit einer konstanten Geschwindigkeit $\vec{v}$ in ein homogenes Magnetfeld mit der zeitlich konstanten Flussdichte $\vec{B}$ hineinbewegt. Die Flussdichte $\vec{B}$ hat den Betrag $B = 120\,\text{mT}$, die Geschwindigkeit $\vec{v}$ den Betrag $v = 3{,}0\,\frac{\text{cm}}{\text{s}}$.

6 1.1.1 Beim Eintauchen der Spule in das Magnetfeld werden in den rechten Querleitern Elektronen verschoben, so dass zwischen dem oberen und dem unteren Ende <u>eines</u> Querleiters eine konstante Induktionsspannung mit dem Betrag U_1 entsteht.
Erläutern Sie, wie es durch die Elektronenverschiebung zu der konstanten Induktionsspannung kommt, und zeigen Sie ausgehend von einem Kraftansatz, dass gilt: $U_1 = b \cdot v \cdot B$

3 1.1.2 Berechnen Sie den Betrag U der an den Enden der Spule auftretenden Induktionsspannung.

1.2.0 Die Spule ist, wie in der oben stehenden Skizze dargestellt, zur Hälfte in das Magnetfeld eingetaucht. Der Betrag B der magnetischen Flussdichte $\vec{B}$ wird innerhalb von $2{,}0\,\text{s}$ gleichmäßig von $120\,\text{mT}$ auf $0\,\text{mT}$ heruntergeregelt. Dabei bleibt der Schlitten mit der Spule in Ruhe.

4 1.2.1 Die nun zwischen den Enden der Spule auftretende Induktionsspannung hat den Betrag U^*.
Berechnen Sie U^*.

5 1.2.2 Die Enden der Spule werden leitend verbunden. Der Versuch aus 1.2.0 wird wiederholt. Dabei kann man beobachten, dass der Schlitten mit der kurzgeschlossenen Induktionsspule aus der Ruhe heraus nach rechts beschleunigt wird.
Geben Sie für diese Beobachtung eine ausführliche Erklärung.

2.0 Ein Körper, der sich mit einer Geschwindigkeit $\vec{v}$ relativ zum Medium Luft bewegt, erfährt einen Luftwiderstand $\vec{F}_W$. Der Betrag F_W der Kraft $\vec{F}_W$ ist auch vom Betrag v dieser Geschwindigkeit $\vec{v}$ abhängig. Die weiteren Größen, die Einfluss auf den Luftwiderstand haben, sollen in den folgenden Aufgaben konstant sein.

2.1.0 In einem Windkanal wird für einen Skifahrer die Abhängigkeit des Betrags F_W des Luftwiderstandes vom Betrag v der Relativgeschwindigkeit $\vec{v}$ untersucht.
Bei der Durchführung des Versuchs erhält man folgende Messergebnisse:

v in $\frac{\text{m}}{\text{s}}$	5,0	9,2	12,0	15,0
F_W in N	8,0	27,0	46,0	72,0

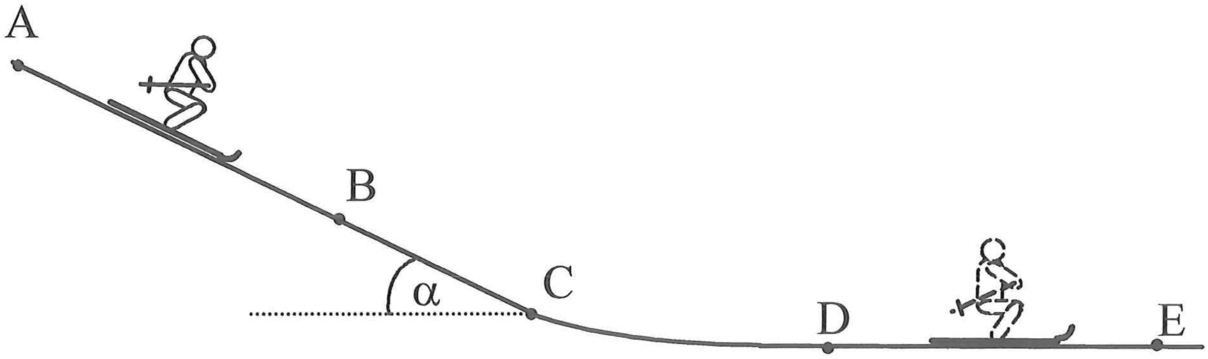
5 2.1.1 Weisen Sie durch graphische Auswertung der Messreihe nach, dass gilt: $F_W = k \cdot v^2$, wobei k konstant, d.h. unabhängig von v ist.

3 2.1.2 Bestimmen Sie die Konstante k mithilfe des Diagramms von Teilaufgabe 2.1.1 .

Fortsetzung siehe nächste Seite

BE Fortsetzung I

2.2.0



In einem Test soll die Reibungszahl μ für die Gleitreibung zwischen Ski und Schnee bestimmt werden. Dabei fährt ein Sportler bei Windstille auf Skiern ohne Stockeinsatz einen Hang hinab (siehe oben stehende Skizze). Im Punkt A startet der Skifahrer aus der Ruhe heraus. Die Strecke [AC] ist um den Winkel α gegen die Horizontale geneigt. Bei der Bewegung von A nach E ist die Gleitreibungszahl μ für die Reibung zwischen den Skiern und der Unterlage konstant; der Skifahrer erreicht Geschwindigkeiten, bei denen der Luftwiderstand nicht mehr vernachlässigt werden kann. Der Skifahrer hat zusammen mit den Skiern die Masse m.

5 2.2.1 Zeichnen Sie einen Kräfteplan, der alle Kräfte enthält, die bei der Bewegung von A nach C auf den Skifahrer wirken.

3 2.2.2 Bei der Bewegung von A nach B wächst der Betrag v der Geschwindigkeit des Skifahrers an. Weisen Sie mithilfe des Kräfteplans von Teilaufgabe 2.2.1 und des Ergebnisses von 2.1.1 nach, dass für den Betrag a der bei der Bewegung von A nach B auftretenden Beschleunigung gilt:

$$a = g \cdot \sin\alpha - \mu \cdot g \cdot \cos\alpha - \frac{k}{m} \cdot v^2$$

2.3.0 Für die folgenden Teilaufgaben gilt: $m = 71\,\text{kg}$, $\alpha = 8{,}0^\circ$ und $k = 0{,}32\,\frac{\text{N}\cdot\text{s}^2}{\text{m}^2}$

Bei der Bewegung auf der Strecke [BC] bleibt die Geschwindigkeit des Skifahrers konstant und hat den Betrag $v_B = 14\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$.

4 2.3.1 Berechnen Sie mithilfe der Daten aus 2.3.0 und des Ergebnisses von Teilaufgabe 2.2.2 die Reibungszahl μ. [Ergebnis: $\mu = 0{,}050$]

2 2.3.2 Berechnen Sie den Betrag der Anfangsbeschleunigung $\vec{a}_0$, mit der die Abfahrt des Skifahrers im Punkt A beginnt.

6 2.3.3 Der Skifahrer fährt im Punkt A zum Zeitpunkt $t_A = 0\,\text{s}$ los und passiert die Punkte B und C zu den Zeitpunkten t_B und t_C.

v sei der Betrag der Geschwindigkeit $\vec{v}$ des Skifahrers zu einem Zeitpunkt t mit $0\,\text{s} \le t \le t_C$.

Skizzieren Sie für $0\,\text{s} \le t \le t_C$ qualitativ das t-v-Diagramm für die Bewegung des Skifahrers und begründen Sie den Verlauf des Graphen im t-v-Diagramm.

4 2.3.4 Den Punkt D erreicht der Skifahrer mit einer Geschwindigkeit vom Betrag $v_D = 3{,}6\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$.

Die Strecke zwischen den Punkten D und E verläuft horizontal. Auf dieser Strecke lässt der Skifahrer die Skier weiterhin auf dem Schnee gleiten und hält nur durch Stockschub (Schubkraft) mit den Armen die Geschwindigkeit aufrecht.

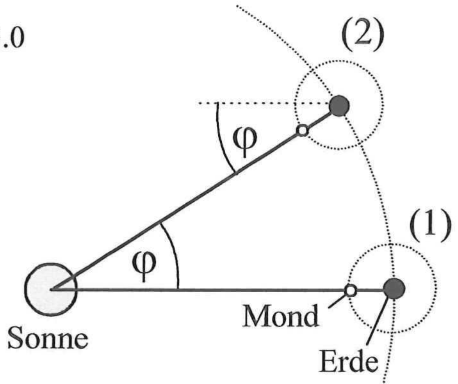
Bestätigen Sie, dass die in horizontaler Richtung ausgeübte Schubkraft den mittleren Betrag $\overline{F}_S = 39\,\text{N}$ hat, und berechnen Sie die mittlere Leistung $\overline{P}$, die der Skifahrer durch Stockschub abgibt.

50

II

BE		
	1.0	Ein Satellit bewegt sich antriebslos auf einer Kreisbahn mit dem Radius R um die Erde. Für einen Umlauf benötigt der Satellit die Zeit T. Die Erde hat den Äquatorradius $r_E = 6{,}368 \cdot 10^6\ \text{m}$ und die Masse $m_E = 5{,}977 \cdot 10^{24}\ \text{kg}$. Die Gravitationskonstante hat den Wert $G = 6{,}673 \cdot 10^{-11}\ \frac{\text{m}^3}{\text{kg} \cdot \text{s}^2}$.
4	1.1	Leiten Sie aus dem Gravitationsgesetz eine Formel her, mit der die Umlaufdauer T aus der Gravitationskonstanten G, der Masse m_E und dem Bahnradius R berechnet werden kann.
4	1.2.1	Erläutern Sie, was man unter einem Synchronsatelliten der Erde versteht, und geben Sie an, welche Bedingungen die Bewegung eines antriebslos fliegenden Satelliten erfüllen muss, damit dieser sich als Synchronsatellit um die Erde bewegt.
6	1.2.2	Ein Synchronsatellit umkreist die Erde in der Höhe h über der Erdoberfläche und besitzt dabei eine Bahngeschwindigkeit mit dem Betrag v. Berechnen Sie h und v.

1.3.0

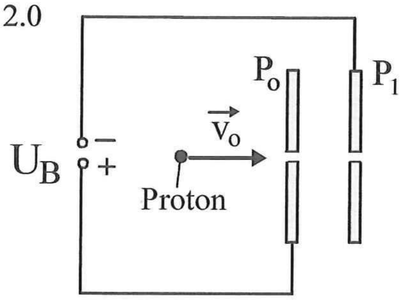


Die Erde besitzt nur einen natürlichen Satelliten, nämlich den Mond (Erdmond). Für die folgenden Aufgaben soll die Umlaufbahn, auf der sich der Mond um die Erde bewegt, eine Kreisbahn sein, deren Mittelpunkt der Massenmittelpunkt der Erde ist. Für einen Umlauf auf dieser Kreisbahn benötigt der Mond die Zeit $T_M = 27{,}32\,\text{d}$.

Die Erde bewegt sich auf einer Kreisbahn mit dem Radius $R_E = 149{,}6 \cdot 10^9\ \text{m}$ um die Sonne und benötigt für einen Umlauf die Zeit $T_E = 365{,}25\,\text{d}$.

4	1.3.1	Berechnen Sie für die Bewegung des Mondes um die Erde die Winkelgeschwindigkeit ω_M und den Radius R_M der Umlaufbahn.
5	1.3.2	Die Skizze unter 1.3.0 zeigt die Konstellationen von Sonne, Erde und Mond für zwei aufeinander folgende Neumondphasen (1) und (2). Bei der in der Skizze dargestellten Sicht sind der Umlaufsinn der Erde und der Umlaufsinn des Mondes entgegen dem Uhrzeigersinn gerichtet. Berechnen Sie die Zeit t_N, die zwischen diesen beiden Neumondphasen vergeht.

2.0



Zwischen den Platten P_o und P_1 eines Kondensators liegt die Spannung $U_B = 0{,}80\,\text{MV}$. Durch ein kleines Loch in der Platte P_o treten Protonen mit der Geschwindigkeit $\vec{v}_o$, die den Betrag $v_o = 4{,}8 \cdot 10^6\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$ hat, in das homogene elektrische Feld des Plattenkondensators ein. Bei der ungestörten Bewegung (Vakuum) durch das elektrische Feld nimmt die kinetische Energie eines Protons um ΔE_{kin} zu.

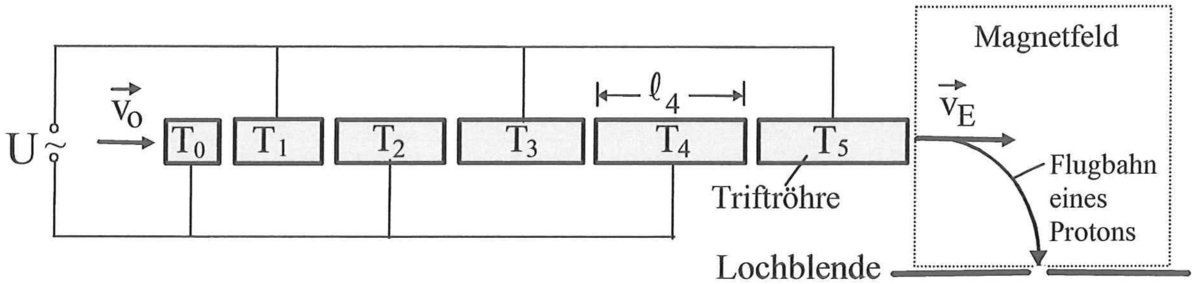
Ein Proton besitzt die Masse $m_P = 1{,}67 \cdot 10^{-27}\ \text{kg}$ und trägt die Ladung $q_P = 1{,}60 \cdot 10^{-19}\ \text{C}$. Die auf die Protonen wirkenden Gravitationskräfte können vernachlässigt werden.

2	2.1	Berechnen Sie die kinetische Energie $E_{kin,o}$, die ein Proton beim Eintritt in das elektrische Feld besitzt. [mögliches Ergebnis: $E_{kin,o} = 0{,}12\,\text{MeV}$]
3	2.2	Erläutern Sie den Zusammenhang zwischen U_B und ΔE_{kin} und geben Sie diesen Zusammenhang in Form einer Gleichung an.

Fortsetzung siehe nächste Seite

BE Fortsetzung II

2.3.0



Die oben stehende Skizze zeigt das Schema eines Linearbeschleunigers für Protonen. Der Linearbeschleuniger besteht aus einer Reihe von röhrenförmigen Elektroden (siehe *Triftröhren* T_0, T_1, ...), die mit den Polen eines Hochfrequenzgenerators verbunden sind, dessen Wechselspannung U den Scheitelwert $\hat{U} = 0{,}80\,\text{MV}$ und die Frequenz $f = 50\,\text{MHz}$ hat.
Bei der Bewegung innerhalb der Triftröhren bleibt die kinetische Energie der Protonen unverändert. Nur bei der Bewegung in den schmalen Spalten zwischen den Triftröhren nimmt die kinetische Energie der Protonen zu (siehe auch 2.0). Die Laufzeit der Protonen in einem Spalt zwischen zwei Triftröhren ist gegenüber der Laufzeit in einer Triftröhre vernachlässigbar klein.
Ein Proton fliegt durch die Triftröhre T_0 mit der konstanten Geschwindigkeit $\vec{v}_0$, die den Betrag $v_0 = 4{,}8 \cdot 10^6\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$ hat. Mit dieser Geschwindigkeit $\vec{v}_0$ verlässt das Proton die Triftröhre T_0, und zwar unmittelbar bevor die Wechselspannung U ihren Scheitelwert $\hat{U}$ erreicht, sodass das Proton im Spalt zwischen den Triftröhren T_0 und T_1 eine Beschleunigungsspannung durchläuft, die praktisch den Betrag $\hat{U} = 0{,}80\,\text{MV}$ hat.

4 2.3.1 Erläutern Sie qualitativ, warum bei richtiger Abstimmung der Längen der Triftröhren T_1, T_2, T_3 und T_4 das Proton in jedem der Spalte zwischen zwei aufeinander folgenden Triftröhren eine Beschleunigungsspannung durchläuft, deren Betrag praktisch gleich dem Scheitelwert $\hat{U} = 0{,}80\,\text{MV}$ der Wechselspannung ist.

6 2.3.2 In der Triftröhre T_4 besitzt das Proton die Geschwindigkeit $\vec{v}_4$ mit dem Betrag v_4. Berechnen Sie v_4 und die Länge ℓ_4, die man für eine optimale Abstimmung (siehe 2.3.1) für die Triftröhre T_4 wählen muss. [Teilergebnis: $v_4 = 2{,}5 \cdot 10^7\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$]

2.4.0 Da die Protonenquelle Protonen unterschiedlicher Geschwindigkeiten liefert und nicht alle Protonen optimal beschleunigt werden, sind die Geschwindigkeiten der Protonen beim Verlassen der Triftröhre T_5 nicht gleich groß. Mithilfe eines Magnetfeldes und einer Lochblende (siehe Skizze unter 2.3.0) lassen sich Protonen herausfiltern, deren Geschwindigkeit einen bestimmten Betrag v_E hat.

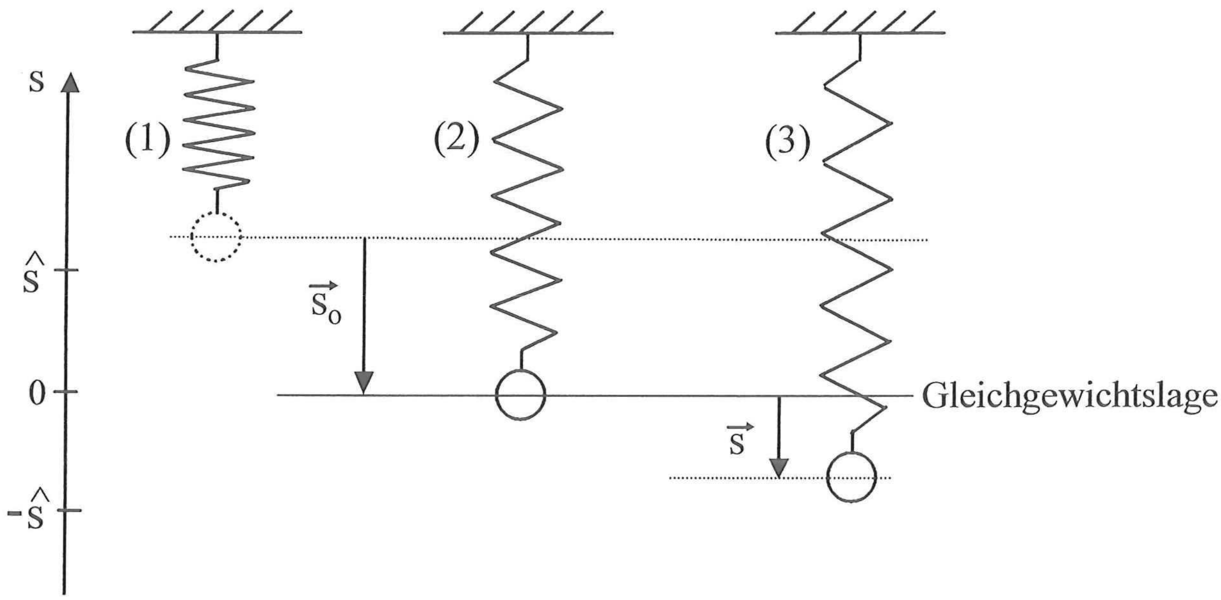
3 2.4.1 Geben Sie an, welche Eigenschaften das Magnetfeld haben muss, damit die Protonen sich im Magnetfeld auf einem Kreisbogen nach unten bewegen.

5 2.4.2 Der Betrag der magnetischen Flussdichte $\vec{B}$ wird auf den Wert $B = 700\,\text{mT}$ eingestellt. Berechnen Sie den Betrag v_E der Geschwindigkeit $\vec{v}_E$ derjenigen Protonen, die sich im Magnetfeld auf einem Viertelkreis mit dem Radius $r = 40\,\text{cm}$ bewegen und durch die Blende gelangen.

4 2.4.3 Was geschieht mit Protonen, deren Geschwindigkeit beim Eintritt in das Magnetfeld größer oder kleiner als v_E ist? Begründen Sie Ihre Antwort.

50

BE 1.0



Am unteren Ende einer vertikal aufgehängten Schraubenfeder mit der Federkonstanten D wird ein Körper befestigt, dessen Masse m so groß ist, dass die Masse der Feder vernachlässigt werden kann. Der Körper und die Schraubenfeder bilden zusammen ein Feder-Schwere-Pendel.

Durch die Gewichtskraft $\vec{F}_G$ des Pendelkörpers wird die Feder um s_0 vorgedehnt (siehe die in der Skizze eingezeichnete Vordehnung $\vec{s}_0$).

Wird das Pendel in vertikaler Richtung ausgelenkt und dann losgelassen, so schwingt der Pendelkörper längs einer vertikalen Achse auf und ab.

Für die bei der Schwingung auftretenden Dehnungen der Feder gilt das Hooke´sche Gesetz. Dämpfungsverluste sind vernachlässigbar klein.

7 | 1.1 Weisen Sie anhand eines geeigneten Kräfteplans nach, dass das Federpendel harmonisch schwingt.

1.2.0 Der Pendelkörper hat die Masse $m = 120\,g$. Das Federpendel wird zu einer freien Schwingung mit der Amplitude $\hat{s} = 5{,}0\,cm$ angeregt. Die Abhängigkeit der Elongation s von der Zeit t wird für $t \geq 0\,s$ durch die folgende Gleichung beschrieben: $s(t) = -\,5{,}0\,cm \cdot \cos(2{,}50\,\pi\,\frac{1}{s} \cdot t)$

4 | 1.2.1 Berechnen Sie die Federkonstante D.

3 | 1.2.2 Die kinetische Energie E_{kin} des Pendelkörpers ändert sich während der Schwingung ständig. Ermitteln Sie eine Gleichung mit eingesetzten Werten, die für $t \geq 0\,s$ die Abhängigkeit der kinetischen Energie E_{kin} von der Zeit t beschreibt.

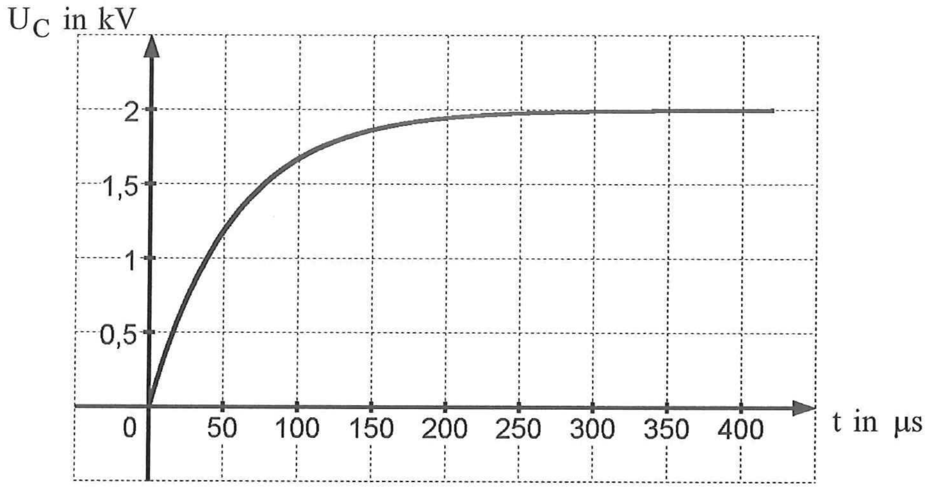
4 | 1.2.3 Im oberen Umkehrpunkt der Schwingung erfährt der Pendelkörper die Beschleunigung $\vec{a}_0$ mit dem Betrag a_0.
Berechnen Sie a_0 und geben Sie die Richtung von $\vec{a}_0$ an.

4 | 1.2.4 Nennen Sie die drei mechanischen Energieformen, die bei der Schwingung des Federpendels eine Rolle spielen, und erläutern Sie die Energieumwandlungen, die bei der Bewegung des Pendelkörpers vom oberen Umkehrpunkt bis zum unteren Umkehrpunkt stattfinden.

Fortsetzung siehe nächste Seite

BE Fortsetzung III

2.0 Ein Plattenkondensator mit dem Plattenabstand $d_0 = 1{,}8\,\text{cm}$, der Plattenfläche $A = 750\,\text{cm}^2$ und mit Luft als Dielektrikum ($\varepsilon_r = 1{,}00$) wird mit einem ohmschen Widerstand $R = 1{,}5\,\text{M}\Omega$ in Reihe geschaltet. Diese Reihenschaltung wird zum Zeitpunkt $t_0 = 0\,\text{s}$ an eine Gleichspannungsquelle mit der Spannung $U_0 = 2{,}0\,\text{kV}$ angeschlossen.
Ab dem Zeitpunkt $t_0 = 0\,\text{s}$ wächst die am Kondensator abfallende Spannung U_C mit der Zeit t an. Die Abhängigkeit der Spannung U_C von der Zeit t ist im unten stehenden t-U_C-Diagramm dargestellt.



2.1.0 Die Stärke I des Ladestroms nimmt mit der Zeit t exponentiell ab.

5 2.1.1 Berechnen Sie den Anfangswert $I(0\,\text{s})$ der Stromstärke I und ermitteln Sie mithilfe des t-U_C-Diagramms die Stromstärke $I(75\,\mu\text{s})$.
[Teilergebnis: $I(75\,\mu\text{s}) = 0{,}33\,\text{mA}$]

3 2.1.2 Skizzieren Sie das t-I-Diagramm für $0\,\text{s} \le t \le 400\,\mu\text{s}$.
Verwenden Sie dabei die Ergebnisse von 2.1.1 .

2.2.0 Der Ladevorgang ist beendet. Der Kondensator trägt nun die Ladung Q_0. Zwischen den Platten des Kondensators herrscht ein homogenes elektrisches Feld, in dem die Energie W_0 gespeichert ist.

5 2.2.1 Berechnen Sie Q_0 und W_0.
Kennzeichnen Sie die Ladung Q_0 im Diagramm von Teilaufgabe 2.1.2 .

6 2.2.2 Es soll experimentell bestätigt werden, dass das elektrische Feld zwischen den geladenen Kondensatorplatten homogen ist.
Beschreiben Sie einen dafür geeigneten Versuch.

2.3.0 Der Kondensator ist auf die Spannung $U_0 = 2{,}0\,\text{kV}$ aufgeladen und wird nun von der Spannungsquelle getrennt. Dann wird der Plattenabstand d variiert.

5 2.3.1 Untersuchen Sie durch allgemeine Rechnung, ob und gegebenenfalls wie die Kapazität C des Kondensators, die Spannung U_C zwischen den Kondensatorplatten und der Energieinhalt W_{el} des elektrischen Feldes vom Plattenabstand d abhängig sind.

4 2.3.2 Der Plattenabstand d wird von $d_0 = 1{,}8\,\text{cm}$ auf $d_1 = 2{,}5\,\text{cm}$ vergrößert.
Berechnen Sie die Arbeit W, die beim Vergrößern des Plattenabstandes gegen die Anziehungskräfte der beiden ungleichnamig geladenen Kondensatorplatten verrichtet wird.

50