Fachabiturprüfung 2010 zum Erwerb der Fachhochschulreife an

Fachoberschulen und Berufsoberschulen

PHYSIK

Ausbildungsrichtung Technik

Donnerstag, 10. Juni 2010, 9.00 - 12.00 Uhr

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

BE		
	1.0	Für alle Körper, die sich antriebslos auf einer Kreisbahn mit dem Radius R und mit der Umlaufdauer T um ein Zentralgestirn bewegen, gilt das dritte Kepler'sche Gesetz $T^2 = C \cdot R^3$, wobei C eine Konstante ist.
4	1.1	Zeigen Sie mit Hilfe des Gravitationsgesetzes, dass die Konstante C nur von der Masse m_Z des Zentralgestirns abhängig ist.
	1.2.0	Bisher sind 63 Monde des Jupiters bekannt. Bereits im Jahre 1610 wurden die Jupitermonde Io, Europa, Ganymed und Kallisto entdeckt. Diese Monde bewegen sich um den Jupiter auf elliptischen Bahnen, die man in guter Näherung als Kreisbahnen ansehen kann. Der Radius R einer solchen Kreisbahn ist gleich der mittleren Entfernung des Massenmittelpunktes des Mondes vom Massenmittelpunkt des Jupiters. In der unten stehenden Tabelle sind die Radien R der Umlaufbahnen und die Umlaufdauern T für drei der oben genannten Jupitermonde angegeben.

Name des Mondes	Europa	Ganymed	Kallisto
R in 10^8 m	6,71	10,7	18,8
T in Tagen	3,55	7,16	16,69

5	1.2.1	Bestätigen Sie das dritte Kepler'sche Gesetz durch graphische Auswertung der unter 1.2.0 vorgegebenen Tabelle. Verwenden Sie dabei folgenden Maßstab: $5 \cdot 10^{26}\,m^3 \mathrel{\hat{=}} 1\,cm$; $20 \cdot 10^{10}\,s^2 \mathrel{\hat{=}} 1\,cm$
2	1.2.2	Bestimmen Sie aus dem Diagramm von 1.2.1 die Keplerkonstante C_{Ju} für den Jupiter als Zentralgestirn. [Ergebnis: $C_{Ju} = 3{,}1 \cdot 10^{-16}\,\frac{s^2}{m^3}$]
4	1.2.3	Berechnen Sie aus der Konstanten C_{Ju} die Masse m_{Ju} des Jupiters.
	1.3.0	Der Jupitermond Jo hat die Masse $m_{Jo} = 8{,}94 \cdot 10^{22}$ kg und den Radius $r_{Jo} = 1{,}82 \cdot 10^6$ m. Für einen Umlauf um den Jupiter benötigt er die Zeit $T_{Jo} = 1{,}77\,d$. Die Rotation des Mondes Jo um die eigene Achse soll unberücksichtigt bleiben.
4	1.3.1	Berechnen Sie den Betrag v_{Jo} der Bahngeschwindigkeit $\vec{v}_{Jo}$ des Jupitermondes Jo.
3	1.3.2	Berechnen Sie den Betrag g der Fallbeschleunigung, die ein Körper an der Oberfläche des Mondes Jo erfährt.
	2.0	Eine Black Box soll untersucht werden. Die Black Box beinhaltet entweder einen ohmschen Widerstand oder einen Kondensator oder eine Spule als Schaltelement. Man legt an die Black Box eine sinusförmige Wechselspannung mit dem Effektivwert U_{eff} an und misst für verschiedene Frequenzen f den Effektivwert I_{eff} der Stromstärke im Wechselstromkreis.
2	2.1	Zeichnen Sie die Schaltskizze zu diesem Versuch.
6	2.2	Erläutern Sie, wie man nach der Versuchsdurchführung mithilfe der Messergebnisse das in der Black Box eingebaute Schaltelement bestimmen kann.

Fortsetzung siehe nächste Seite

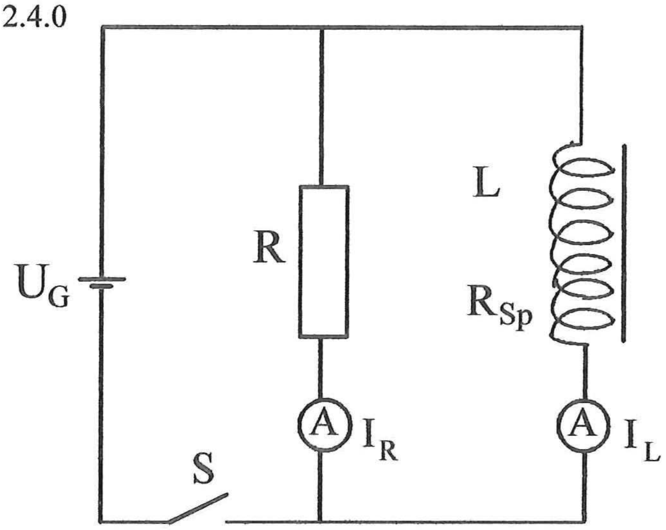
Fortsetzung I

BE

3 2.3 Man findet heraus, dass es sich bei dem Schaltelement in der Black Box um eine Spule handelt. Bei der Durchführung des Versuchs stellte sich bei dem Effektivwert $U_{eff} = 12{,}0\,V$ und der Frequenz $f = 120\,Hz$ für die Stromstärke I im Wechselstromkreis der Effektivwert $I_{eff} = 25\,\mu A$ ein. Für die Frequenz $f = 120\,Hz$ ist der ohmsche Widerstand R_{Sp} der Spule gegenüber ihrem induktiven Widerstand X_L vernachlässigbar klein.

Berechnen Sie die Induktivität L der Spule.

2.4.0



Zur Spule mit der Induktivität $L = 6{,}4 \cdot 10^2\,H$ wird ein ohmscher Widerstand R parallel geschaltet, der genau so groß ist wie der ohmsche Widerstand R_{Sp} der Spule. Diese Parallelschaltung wird zum Zeitpunkt $t_o = 0\,s$ durch Schließen des Schalters S an eine Gleichspannungsquelle mit der Spannung $U_G = 12{,}0\,V$ angeschlossen. Zum Zeitpunkt t_1, zu dem auch die Stromstärke I_L im Spulenzweig bereits ihren Maximalwert $I_{L,max} = 40\,mA$ erreicht hat, wird der Schalter S wieder geöffnet. Siehe nebenstehende Skizze.

4 2.4.1 Zeichnen Sie ein t-I_L-Diagramm, das qualitativ den zeitlichen Verlauf der Stromstärke I_L für den Einschaltvorgang und für den Ausschaltvorgang zeigt.

3 2.4.2 Zeichnen Sie mit einer anderen Farbe in das Diagramm von 2.4.1 zusätzlich den Graphen für die Abhängigkeit der Stromstärke I_R von der Zeit t ein.

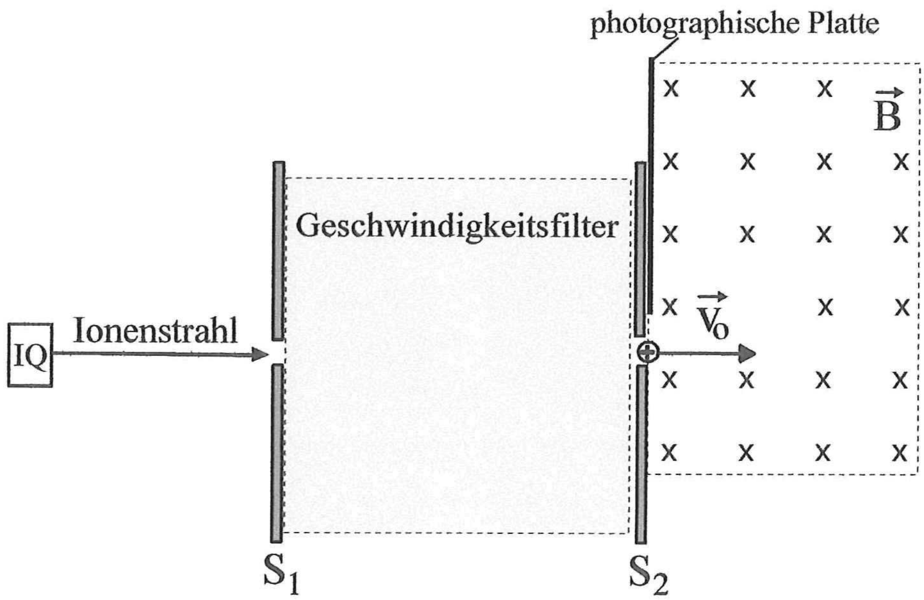
3 2.4.3 Berechnen Sie den ohmschen Widerstand R_{Sp} der Spule und den Energieinhalt W_{magn} des magnetischen Feldes in der Spule bei der Stromstärke $I_{L,max} = 40\,mA$.

7 2.4.4 Begründen Sie den zeitlichen Verlauf der Stromstärke I_L und den zeitlichen Verlauf der Stromstärke I_R für den Ausschaltvorgang und erläutern Sie, wohin nach dem Öffnen des Schalters die magnetische Energie W_{magn} geht.

50

II

BE | 1.0



Mit der oben dargestellten Anordnung kann die Masse von Protonen bestimmt werden. Eine Wasserstoffionenquelle IQ sendet einfach positiv geladene Wasserstoffionen, u.a. Protonen ($^{1}_{1}H^{+}$-Ionen) mit verschiedenen kinetischen Energien aus. Durch ein kleines Loch in der Blende S_1 treten solche Ionen in einen Geschwindigkeitsfilter ein. Ionen, die den Geschwindigkeitsfilter ohne Ablenkung passieren und dann durch ein kleines Loch in der Blende S_2 verlassen, besitzen eine Geschwindigkeit $\vec{v}_0$ mit dem Betrag v_0.

Die Anordnung befindet sich im Vakuum. Die auf die Ionen wirkenden Gravitationskräfte sind vernachlässigbar klein.

6 | 1.1 Erklären Sie anhand einer beschrifteten Skizze die Wirkungsweise eines Geschwindigkeitsfilters.

1.2.0 Nach dem Durchlaufen des Geschwindigkeitsfilters gelangen die Protonen in ein homogenes Magnetfeld, dessen Flussdichte $\vec{B}$ zeitlich konstant ist und den Betrag $B = 45\,\text{mT}$ hat. Beim Eintritt in das Magnetfeld haben diese Protonen die Geschwindigkeit $\vec{v}_0$, die senkrecht zu den Feldlinien gerichtet ist und den Betrag $v_0 = 2{,}8 \cdot 10^5\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$ hat.

4 | 1.2.1 Ein Proton erfährt im Magnetfeld eine Kraft.
Erläutern Sie, wie sich diese Kraft auf den Betrag und die Richtung der Geschwindigkeit des Protons auswirkt.

5 | 1.2.2 Im Magnetfeld bewegen sich die Protonen auf einem Halbkreis mit dem Radius $r_P = 6{,}5\,\text{cm}$.
Berechnen Sie die Masse m_P eines Protons.

2 | 1.2.3 Die Ionenquelle liefert neben Protonen ($^{1}_{1}H^{+}$-Ionen) auch Deuteronen ($^{2}_{1}D^{+}$-Ionen).
Für die Massen m_P und m_D der beiden Ionensorten gilt: $m_D = 2 \cdot m_P$.
Ein Deuteron trägt die Ladung $q_D = +1e$, wobei e die Elementarladung ist.

Begründen Sie rechnerisch, dass die Protonen und die Deuteronen nicht im selben Punkt auf die an der Blende S_2 angebrachte photographische Platte treffen.

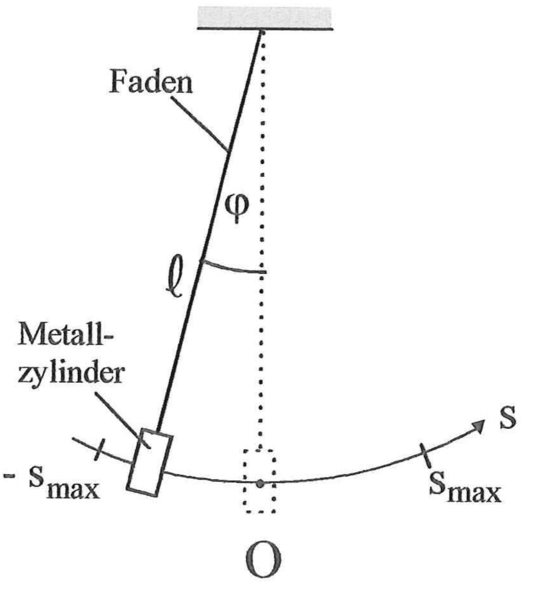
Fortsetzung siehe nächste Seite

Fortsetzung II

BE		
	2.0	Ein Motorrad beschleunigt ab dem Zeitpunkt $t_0 = 0\,s$ auf einer geradlinigen, horizontal verlaufenden Straße aus der Ruhe heraus bis zum Zeitpunkt $t_1 = 4{,}0\,s$ auf eine Geschwindigkeit $\vec{v}_1$ mit dem Betrag $v_1 = 10\frac{m}{s}$. Diese Geschwindigkeit $\vec{v}_1$ behält das Motorrad bis zum Zeitpunkt $t_2 = 7{,}0\,s$ bei. Das Motorrad und der Fahrer haben die Gesamtmasse $m = 260\,kg$. Für die folgenden Aufgaben wird vereinfachend angenommen, dass das Motorrad im Zeitintervall $[0\,s; 4{,}0\,s]$ gleichmäßig beschleunigt und bei allen im Zeitintervall $[0\,s; 7{,}0\,s]$ auftretenden Geschwindigkeiten der auftretende Fahrwiderstand $\vec{F}_W$ (Rollreibung zwischen den Reifen und dem Straßenbelag, Reibung im Getriebe und Antrieb, Luftwiderstand) denselben Betrag F_W hat. Dabei gilt: $F_W = 0{,}18 \cdot F_G$, wobei F_G der Betrag der Gewichtskraft $\vec{F}_G$ von Motorrad mit Fahrer ist.
4	2.1	Berechnen Sie den Betrag a der Beschleunigung $\vec{a}$ und die Länge s der Strecke, die das Motorrad im Zeitintervall $[0\,s; 7{,}0\,s]$ zurücklegt. [Teilergebnis: $a = 2{,}5\frac{m}{s^2}$]
4	2.2	Berechnen Sie den Betrag F_{Zug} der Zugkraft $\vec{F}_{Zug}$, die der Motor im Zeitintervall $]0\,s; 4{,}0\,s[$ ausübt.
	2.3.0	$W(t)$ sei die Arbeit, die der Motor ab dem Zeitpunkt $t_0 = 0\,s$ bis zu einem Zeitpunkt t, der im Zeitintervall $[0\,s;\ 4{,}0\,s]$ liegt, verrichtet.
4	2.3.1	Zeigen Sie, dass für einen Zeitpunkt t mit $0\,s \le t \le 4{,}0\,s$ gilt: $W(t) = 1{,}4 \cdot 10^3\,\frac{J}{s^2} \cdot t^2$
4	2.3.2	Stellen Sie die Abhängigkeit der Arbeit W von der Zeit t für $0\,s \le t \le 4{,}0\,s$ in einem t-W-Diagramm dar. Erstellen Sie dazu eine Wertetabelle mit der Schrittweite $\Delta t = 1{,}0\,s$. Maßstab: $0{,}5\,s \mathrel{\hat{=}} 1\,cm$; $2{,}0\,kJ \mathrel{\hat{=}} 1\,cm$
4	2.3.3	Bestimmen Sie mithilfe des t-W-Diagramms von Teilaufgabe 2.3.2 die mittlere Leistung des Motors für das Zeitintervall $[0{,}5\,s; 3{,}0\,s]$.
3	2.3.4	Zu einem Zeitpunkt t gibt der Motor die momentane Leistung $P(t)$ ab. Bestimmen Sie $P(t)$ für den Zeitpunkt $t = 3{,}0\,s$.
	2.4.0	Das Motorrad durchfährt eine Kurve. In dieser Kurve ist die Fahrbahn nicht überhöht. Bei der Fahrt durch die Kurve bewegt sich der gemeinsame Schwerpunkt von Motorrad und Fahrer mit einer Geschwindigkeit vom Betrag $10\frac{m}{s}$ auf einem Kreisbogen mit dem Radius $r = 32\,m$, der in einer Horizontalebene liegt.
6	2.4.1	Berechnen Sie anhand eines Kräfteplans den Winkel φ, um den sich der Motorradfahrer mit Motorrad aus der Vertikalen „nach innen legen", d.h. zum Kurvenmittelpunkt hin neigen muss.
4	2.4.2	Die Haftreibungszahl für den Motorradreifen auf dem Straßenbelag beträgt $\mu = 0{,}62$. Berechnen Sie den größten Winkel φ_{max}, um den sich der Fahrer mit Motorrad „nach innen legen" kann, ohne wegzurutschen.
50		

III

BE 1.0



Ein Faden und ein kleiner Metallzylinder (Durchmesser $d = 1{,}2\,\text{cm}$; Masse $m = 75\,\text{g}$) als Pendelkörper bilden ein Fadenpendel mit der Pendellänge ℓ. Die Masse des Fadens ist vernachlässigbar klein.
Das Pendel kann in einer vertikalen Ebene um die Gleichgewichtslage O schwingen.
Reibungsverluste sollen unberücksichtigt bleiben.

5 1.1 Bei einer solchen Schwingung passiert der Pendelkörper die Gleichgewichtslage O mit Geschwindigkeiten vom Betrag v_0.
Beschreiben Sie, wie v_0 experimentell bestimmt werden kann.

3 1.2 Für kleine Auslenkwinkel φ schwingt das Fadenpendel harmonisch. Für die Richtgröße D eines solchen Fadenpendels gilt: $D = \frac{m \cdot g}{\ell}$, wobei g der Betrag der Fallbeschleunigung ist.
Zeigen Sie durch eine allgemeine Rechnung, dass die Periodendauer T der harmonischen Schwingung eines Fadenpendels zwar abhängig von der Pendellänge ℓ, aber unabhängig von der Masse m des Pendelkörpers ist.

1.3.0 Die Abhängigkeit der Elongation s von der Zeit t für die Schwingung eines Fadenpendels wird durch die folgende Gleichung beschrieben: $s(t) = -\,6{,}0\,\text{cm} \cdot \cos(3{,}51\frac{1}{\text{s}} \cdot t)$

5 1.3.1 Berechnen Sie die Periodendauer T der Schwingung und die Pendellänge ℓ.
[Teilergebnis: $\ell = 79{,}6\,\text{cm}$]

3 1.3.2 Bestimmen Sie die Zeit-Geschwindigkeit-Gleichung (t-v-Gleichung) für die Schwingung des Pendelkörpers mit eingesetzten Größen.
Geben Sie den Betrag v_0 der Geschwindigkeiten an, mit denen der Pendelkörper die Gleichgewichtslage O passiert.

3 1.3.3 Die potenzielle Energie E_{pot} des Pendelkörpers sei gleich null, wenn der Pendelkörper gerade die Gleichgewichtslage passiert.
Bestätigen Sie, dass für die potenzielle Energie E_{pot} des Pendelkörpers bei einer Elongation s gilt: $E_{pot}(s) = 0{,}46\frac{\text{J}}{\text{m}^2} \cdot s^2$

3 1.3.4 Stellen Sie die Abhängigkeit der potenziellen Energie E_{pot} des Pendelkörpers von der Elongation s für $-6{,}0\,\text{cm} \le s \le 6{,}0\,\text{cm}$ in einem s-E_{pot}-Diagramm dar.
Erstellen Sie dazu eine Wertetabelle mit der Schrittweite $\Delta s = 3{,}0\,\text{cm}$.
Verwenden Sie dabei folgenden Maßstab: $0{,}5\,\text{mJ} \mathrel{\hat{=}} 1\,\text{cm}$

Fortsetzung siehe nächste Seite

BE Fortsetzung III

3 1.3.5 Tragen Sie in das Diagramm von Teilaufgabe 1.3.4 auch die Graphen für die Abhängigkeiten der Gesamtenergie E_{ges} und der kinetischen Energie E_{kin} des Pendelkörpers von der Elongation s ein.

4 1.3.6 Bestimmen Sie - entweder rechnerisch oder mithilfe des Diagramms von 1.3.4 und 1.3.5 - diejenigen Elongationen s_1 und s_2, bei denen die kinetische Energie E_{kin} des Pendelkörpers 40% der Gesamtenergie E_{ges} beträgt.

2.0 Ein Plattenkondensator mit Luft als Dielektrikum wird an eine Gleichspannungsquelle mit der Spannung $U_0 = 8{,}0\,\text{kV}$ angeschlossen. Die vertikal aufgestellten Platten des Kondensators sind quadratisch und haben die Kantenlänge $\ell = 27{,}3\,\text{cm}$. Der Plattenabstand beträgt $d = 3{,}0\,\text{cm}$.

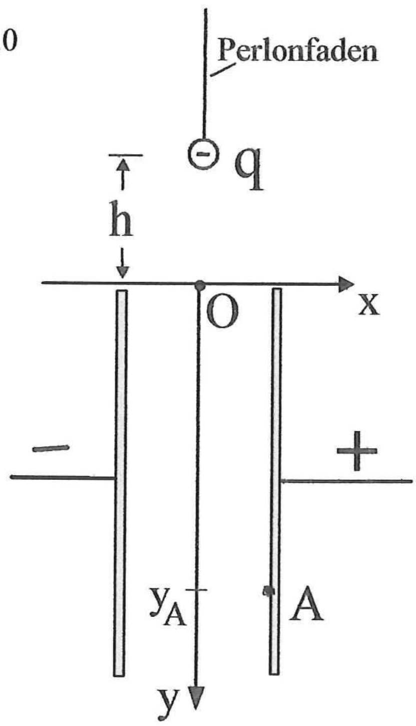
3 2.1 Der Kondensator trägt die Ladung Q_0. Zwischen den Platten des Kondensators herrscht ein homogenes elektrisches Feld mit der elektrischen Feldstärke $\vec{E}_0$.
Berechnen Sie Q_0 und den Betrag E_0 der elektrischen Feldstärke $\vec{E}_0$.

2.2.0 Der Kondensator wird von der Spannungsquelle getrennt. Dann wird der gesamte Raum zwischen den Kondensatorplatten mit einem Dielektrikum der Dielekrizitätszahl ε_r ($\varepsilon_r > 1$) ausgefüllt. Dabei sinkt die Spannung zwischen den Kondensatorplatten auf den Wert $U^* = 2{,}0\,\text{kV}$.

3 2.2.1 Begründen Sie das Absinken der Spannung zwischen den Kondensatorplatten.

4 2.2.2 Berechnen Sie ε_r.

2.3.0



Das Dielektrikum wird wieder aus dem Kondensator entfernt. Eine kleine Kugel hat die Masse $m = 1{,}5\,\text{g}$ und trägt die Ladung $q = -7{,}7\,\text{nAs}$. Diese kleine Kugel wird an einem Perlonfaden hängend in die Höhe h über den Plattenkondensator gebracht.
Am Kondensator liegt weiterhin die Spannung $U_0 = 8{,}0\,\text{kV}$ an. Der Plattenabstand ist immer noch auf $d = 3{,}0\,\text{cm}$ eingestellt.
Der Perlonfaden wird durchtrennt. Die kleine Kugel fällt nach unten. Zum Zeitpunkt $t_0 = 0\,\text{s}$ dringt sie im Punkt O, der mittig zu den Kondensatorplatten liegt und der Ursprung eines x-y-Koordinatensystems ist, mit einer Geschwindigkeit $\vec{v}_0$ in das elektrische Feld des Kondensators ein.
Die Höhe h wird so gewählt, dass die Eintrittsgeschwindigkeit $\vec{v}_0$ den Betrag $v_0 = 1{,}0\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$ hat.
Der Radius der kleinen Kugel und der Luftwiderstand sind vernachlässigbar klein.

2 2.3.1 Berechnen Sie die Höhe h.

6 2.3.2 Bestimmen Sie den Zeitpunkt t_A, zu dem die Kugel im Punkt A auf die rechte Kondensatorplatte trifft. [Ergebnis: $t_A = 0{,}15\,\text{s}$]

3 2.3.3 Berechnen Sie die y-Koordinate y_A des Auftreffpunktes A.

50