Fachabiturprüfung 2009 zum Erwerb der Fachhochschulreife an

Fachoberschulen und Berufsoberschulen

PHYSIK

Ausbildungsrichtung Technik

Dienstag, 26. Mai 2009, 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 Die Strecke, die ein Fahrzeug beim Abbremsen von einer Anfangsgeschwindigkeit $\vec{v}_0$ bis in den Stillstand zurücklegt, bezeichnet man als Bremsweg.

5 1.1 Die Faustregel für die Länge s des Bremsweges, wie sie in Fahrschullehrbüchern angegeben wird, lautet:

„Man teilt den in $\frac{km}{h}$ angegebenen Betrag v_0 der Anfangsgeschwindigkeit $\vec{v}_0$ durch 10, bildet das Quadrat des Quotienten und erhält die Maßzahl der in Meter gemessenen Länge s des Bremsweges."

Berechnen Sie mit dieser Faustregel die Länge s des Bremsweges für eine Anfangsgeschwindigkeit $\vec{v}_0$ mit dem Betrag $v_0 = 50\frac{km}{h}$ und den mittleren Betrag a_v der Beschleunigung (Verzögerung) $\vec{a}_v$, die nach der Faustregel wirksam sein müsste.

1.2.0 Mit einem Auto werden Bremstests durchgeführt. Dabei wird das Auto auf einer geradlinigen und horizontal verlaufenden Teststrecke von unterschiedlich großen Anfangsgeschwindigkeiten $\vec{v}_0$ in den Stillstand abgebremst und die jeweils zugehörige Länge s des Bremsweges gemessen. Man erhält folgende Messergebnisse:

v_0 in $\frac{km}{h}$	35	50	75	100
s in m	6,0	12,4	27,8	49,5

5 1.2.1 Bestimmen Sie durch graphische Auswertung der Messreihe, wie s vom Betrag v_0 der Anfangsgeschwindigkeit $\vec{v}_0$ abhängt.

3 1.2.2 Geben Sie den Zusammenhang zwischen s und v_0 in Form einer Gleichung an und bestimmen Sie die in der Gleichung auftretende Konstante k aus dem Diagramm von 1.2.1.

[Ergebnis: $k = 0{,}064\frac{s^2}{m}$]

4 1.2.3 Nehmen Sie an, dass die bei den Tests auftretende Beschleunigung (Verzögerung) konstant ist. Berechnen Sie den Betrag der Verzögerung $\vec{a}$ aus der Konstanten k.

4 1.3 Bei der Auswertung sehr vieler Bremstests erhält man für den maximalen Betrag der auftretenden Verzögerungen den Wert $a_{max} = 8{,}4\frac{m}{s^2}$.

Berechnen Sie die Reibungszahl μ_H für die Haftreibung zwischen den Autoreifen und dem Fahrbahnbelag.

2.0 Bei einem Crashtest fährt ein Auto A_1, auf dessen Fahrersitz ein Dummy (Puppe für Unfalltests) angegurtet ist, auf einer horizontal verlaufenden Teststrecke mit einer Geschwindigkeit vom Betrag $v_1 = 50\frac{km}{h}$ ungebremst auf ein vor ihm stehendes Auto A_2 auf. Bereits vor dem Aufprall wird beim Auto A_1 in den Leerlauf geschaltet. Auch beim Auto A_2 ist der Leerlauf eingelegt und die Bremsen sind nicht angezogen.
Beim Zusammenstoß verhaken sich die beiden Autos so ineinander, dass der Zusammenstoß als vollkommen unelastischer zentraler Stoß angesehen werden kann.
Die Gesamtmasse von Auto A_1 mit Dummy beträgt $m_1 = 880\,kg$. Das Auto A_2 hat die Masse $m_2 = 1{,}12\,t$. Die während des Zusammenstoßes auftretenden Verluste durch die Fahrwiderstände (Rollreibung, Luftwiderstand, ...) der beiden Autos sind zu vernachlässigen.

Fortsetzung siehe nächste Seite

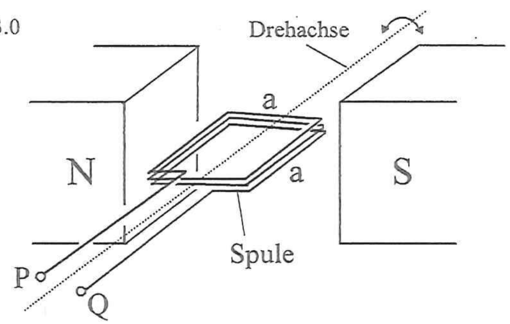
BE Fortsetzung I

4 2.1 Unmittelbar nach dem Zusammenstoß besitzen die beiden Autos die Geschwindigkeit $\vec{u}$. Leiten Sie eine Formel her, mit der man den Betrag u dieser Geschwindigkeit $\vec{u}$ berechnen kann.

Berechnen Sie u. [Ergebnis: $u = 22\frac{km}{h}$]

4 2.2 Der Dummy hat die Masse $m_D = 60\,kg$. Beim Aufprall verliert er den Kontakt zum Fahrersitz und wird nur von den Gurten innerhalb von 0,40 s abgefangen.
Berechnen Sie den mittleren Betrag der Kraft, mit der die Sicherheitsgurte den Dummy beim unter 2.0 beschriebenen Aufprall halten müssen.
Erläutern Sie dabei kurz Ihren physikalischen Ansatz.

3.0



Eine flache Spule hat die Windungszahl N_S und einen quadratischen Querschnitt mit der Seitenlänge a. Diese Spule befindet sich im homogenen Magnetfeld zwischen einem Nordpol N und einem Südpol S (siehe nebenstehende Skizze).
Die magnetische Flussdichte $\vec{B}$ ist zeitlich konstant und hat den Betrag B.
Wird die Spule mit konstanter Winkelgeschwindigkeit ω um eine senkrecht zu den Feldlinien stehende Achse gedreht, tritt zwischen den Spulenenden P und Q eine Induktionswechselspannung U auf.

3 3.1 Zum Zeitpunkt $t_0 = 0\,s$ ist der magnetische Fluss ϕ durch die Spule maximal.
Bestimmen Sie mit den unter 3.0 angegebenen Größen eine Gleichung, die den zeitlichen Verlauf des magnetischen Flusses ϕ beschreibt, und bestätigen Sie mithilfe des Induktionsgesetzes, dass für den Scheitelwert $\hat{U}$ der Induktionsspannung U gilt: $\hat{U} = N_S \cdot B \cdot a^2 \cdot \omega$.

3.2.0 Die Spule hat die Windungszahl $N_S = 250$, ihr Querschnitt die Seitenlänge $a = 5{,}0\,cm$.
Für den zeitlichen Verlauf der Induktionsspannung U gilt: $U(t) = 15\,V \cdot \sin(80\pi\frac{1}{s} \cdot t)$.
Die Enden P und Q der Spule sind nun leitend verbunden. Der ohmsche Widerstand des geschlossenen Stromkreises beträgt $R = 75\,\Omega$. Der induktive Widerstand der Spule ist gegenüber dem ohmschen Widerstand R vernachlässigbar klein.

4 3.2.1 Berechnen Sie die Periodendauer T der Induktionswechselspannung U und den Betrag B der magnetischen Flussdichte $\vec{B}$.

6 3.2.2 Bestimmen Sie eine Gleichung mit eingesetzten Werten für die Zeitabhängigkeit der momentanen Leistung P(t) des Stromkreises und skizzieren Sie den zeitlichen Verlauf von P(t) für $0 \leq t \leq T$ in einem t-P-Diagramm. Maßstab: $2{,}5\,ms \mathrel{\hat{=}} 1\,cm$; $0{,}50\,W \mathrel{\hat{=}} 1\,cm$

4 3.2.3 Kennzeichnen Sie im t-P-Diagramm von Teilaufgabe 3.2.2 die Energie W, die während einer Periode T durch den ohmschen Widerstand R in Wärme umgesetzt wird, und berechnen Sie W.

4 3.3 Die Spule ruht nun in der im Bild von 3.0 dargestellten Position. Das Spulenende P wird mit dem Pluspol, das Ende Q mit dem Minuspol einer Gleichspannungsquelle verbunden.
Begründen Sie, dass sich die Spule zu drehen beginnt, und geben Sie den Drehsinn an.

50

II

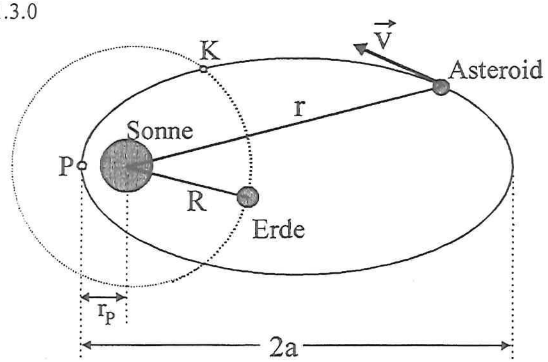
BE

1.0 Die Bahn, auf der sich die Erde um die Sonne bewegt, kann in guter Näherung als eine Kreisbahn mit dem Radius $R = 1{,}496 \cdot 10^{11}$ m angesehen werden. Für einen Umlauf benötigt die Erde die Zeit $T = 1{,}00\,\mathrm{a}$. Die Gravitationskonstante beträgt $G = 6{,}673 \cdot 10^{-11} \frac{\mathrm{m}^3}{\mathrm{kg} \cdot \mathrm{s}^2}$.

2 1.1 Berechnen Sie den Betrag v_E der Bahngeschwindigkeit der Erde.

5 1.2 Leiten Sie aus dem Gravitationsgesetz eine Formel her, mit der die Masse m_S der Sonne aus den unter 1.0 gegebenen Größen berechnet werden kann, und berechen Sie m_S.

1.3.0 Der Asteroid 2007 TU_{24} bewegt sich auf einer elliptischen Bahn mit der großen Halbachse $a = 3{,}007 \cdot 10^{11}$ m um die Sonne. Im Perihel P ist der Abstand des Asteroiden vom Massenmittelpunkt der Sonne am geringsten und beträgt $r_P = 1{,}421 \cdot 10^{11}$ m. Hier besitzt er die Geschwindigkeit $\vec{v}_P$ mit dem Betrag $v_P = 37{,}9 \frac{\mathrm{km}}{\mathrm{s}}$.
Siehe nebenstehende, nicht maßstabsgetreue Skizze.



4 1.3.1 Berechnen Sie aus der Umlaufdauer T und dem Bahnradius R der Erde sowie der großen Halbachse a der Umlaufbahn des Asteroiden die Umlaufdauer T_A des Asteroiden.

4 1.3.2 Der Betrag v der Bahngeschwindigkeit $\vec{v}$ des Asteroiden ist abhängig von der momentanen Entfernung r des Asteroiden zum Massenmittelpunkt der Sonne.
Zeigen Sie mithilfe des 2. keplerschen Gesetzes, dass in guter Näherung gilt:
Das Produkt $r \cdot v$ ist konstant, d.h unabhängig von der momentanen Entfernung r.

4 1.3.3 Der Asteroid 2007 TU_{24} ist ein so genannter Erdbahnkreuzer. Im Punkt K seiner Umlaufbahn fliegt der Asteroid in geringem Abstand über die Erdumlaufbahn hinweg. Dabei besitzt der Asteroid die Geschwindigkeit $\vec{v}_K$.
Berechnen Sie mithilfe des in der Teilaufgabe 1.3.2 angegebenen Ergebnisses den Betrag v_K der Geschwindigkeit $\vec{v}_K$.

4 1.3.4 Die Erde hat die Masse $m_E = 5{,}977 \cdot 10^{24}$ kg, die Sonne die Masse $m_S = 1{,}98 \cdot 10^{30}$ kg.
Am 29. Januar 2008 um 09:33 Uhr MEZ kam es beim Punkt K zu einer nahen Begegnung des Asteroiden mit der Erde, bei der sich der Asteroid dem Massenmittelpunkt der Erde bis auf den Abstand $d = 5{,}542 \cdot 10^8$ m genähert hatte. Zum Zeitpunkt dieser Begegnung übte die Erde die Gravitationskraft $\vec{F}_E$ mit dem Betrag F_E, die Sonne die Gravitationskraft $\vec{F}_S$ mit dem Betrag F_S auf den Asteroiden aus.
Berechnen Sie den Quotienten $\frac{F_E}{F_S}$.

Fortsetzung siehe nächste Seite

BE

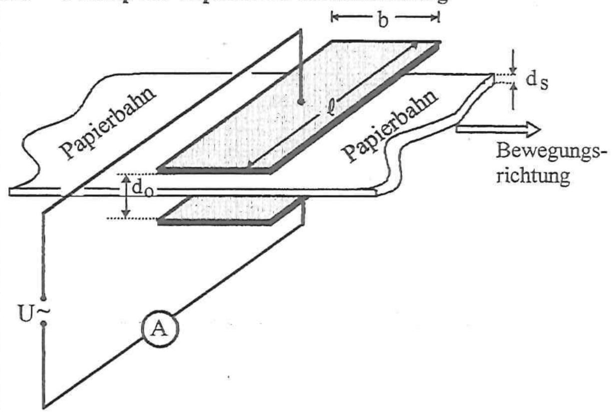
Fortsetzung II

2.0 Die Platten eines Kondensators haben die Länge $\ell = 80$ cm und die Breite $b = 15$ cm. Der Plattenabstand beträgt $d_o = 3{,}0$ mm. Ist der Raum zwischen den Platten mit einem Dielektrikum vollständig ausgefüllt, so besitzt der Kondensator die Kapazität C_o.

6 2.1 Die Kapazität C_o soll experimentell bestimmt werden.
Fertigen Sie eine beschriftete Schaltskizze zu diesem Versuch an, beschreiben Sie die Versuchsdurchführung und geben Sie an, wie die Kapazität C_o bestimmt wird.

3 2.2 Der unter 2.0 beschriebene Kondensator hat die Kapazität $C_o = 7{,}8 \cdot 10^{-10}$ F.
Berechnen Sie die Dielektrizitätszahl ε_r für das Dielektrikum.

3.0 **Prinzip der kapazitiven Dickenmessung**



Ein wichtiges industrielles Messverfahren ist die kapazitive Messung der Papierdicke bei der Produktion von langen Papierbahnen. Ihre Solldicke beträgt $d_s = 0{,}40$ mm. Eine Papierbahn läuft durch den Kondensator mit den unter 2.0 angegebenen Abmessungen. Die Breite der Papierbahn erstreckt sich über die gesamte Länge ℓ des Kondensators.
Die relative Dielektrizitätszahl für das Papier beträgt $\varepsilon_r = 2{,}2$.

5 3.1 Der unter 3.0 dargestellte Kondensator kann als Kombination zweier Kondensatoren, einer mit dem Dielektrikum Papier und der andere mit dem Dielektrikum Luft ($\varepsilon_{Luft} = 1{,}0$), aufgefasst werden.
Geben Sie an, ob es sich bei der Kombination um eine Reihen- oder um eine Parallelschaltung handelt, und berechnen Sie die Kapazität C des unter 3.0 dargestellten Kondensators.
[Ergebnis: $C = 3{,}8 \cdot 10^{-10}$ F]

3.2.0 Der Kondensator wird nun an einen Sinusgenerator mit der Spannung $U(t) = \hat{U} \cdot \sin(2\pi \cdot f \cdot t)$ angeschlossen. Der ohmsche Widerstand des Wechselstromkreises ist vernachlässigbar klein.

3 3.2.1 Ermitteln Sie aus der Gleichung $U(t) = \hat{U} \cdot \sin(2\pi \cdot f \cdot t)$ für den zeitlichen Verlauf der Generatorspannung eine Gleichung für den zeitlichen Verlauf der Stromstärke I im Wechselstromkreis.

3 3.2.2 Zeigen Sie, dass der Scheitelwert $\hat{I}$ der Stromstärke I im Wechselstromkreis direkt proportional zur Kapazität C des Kondensators ist.

3.3.0 Die Generatorspannung hat den Scheitelwert $\hat{U} = 25{,}0$ V und die Frequenz $f = 8{,}50$ kHz.

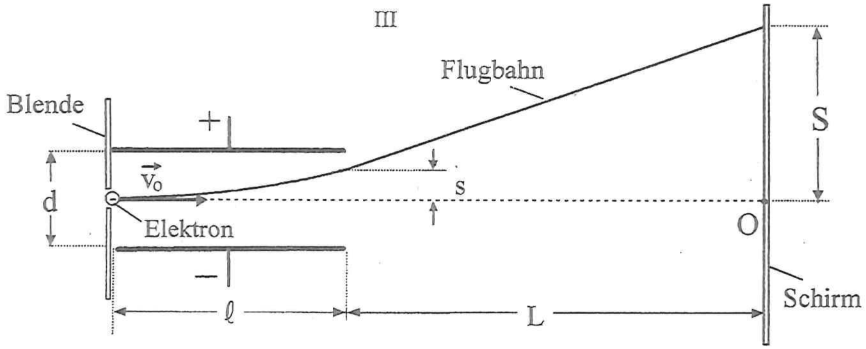
3 3.3.1 Berechnen Sie den Effektivwert I_{eff} der Stromstärke I.

4 3.3.2 In Folge eines Produktionsfehlers gelangt Papier, dessen Dicke über der Solldicke liegt, in den Plattenkondensator.
Erläutern Sie qualitativ, wie sich dabei der Effektivwert der Stromstärke ändert.

50

III

BE 1.0



Elektronen gelangen durch ein kleines Loch in der Blende in das homogene elektrische Feld eines Plattenkondensators, an dem die Spannung $U = 50V$ anliegt. Die quadratischen Platten des Kondensators haben die Kantenlänge $\ell = 12{,}0\,cm$, ihr gegenseitiger Abstand beträgt $d = 4{,}0\,cm$. Die Eintrittsgeschwindigkeit $\vec{v}_o$ der Elektronen ist senkrecht zu den Feldlinien gerichtet und hat den Betrag $v_o = 9{,}2 \cdot 10^6 \frac{m}{s}$.
Beim Austritt aus dem elektrischen Feld des Kondensators haben die Elektronen die Ablenkung s, beim Auftreffen auf den im Abstand $L = 25{,}0\,cm$ vom Kondensator aufgestellten Schirm die Ablenkung S erfahren.
Die Anordnung befindet sich im Vakuum. Der Einfluss der Gewichtskraft der Elektronen auf deren Bewegung ist vernachlässigbar gering.

5 1.1 Beschreiben Sie den Verlauf der Flugbahn, auf der sich die Elektronen von der Blende bis zum Schirm bewegen, und erläutern Sie, wie diese Flugbahn der Elektronen zustande kommt.

6 1.2 Berechnen Sie den Betrag a der Beschleunigung $\vec{a}$, die die Elektronen im elektrischen Feld erfahren, und den Betrag v_S der Geschwindigkeit $\vec{v}_S$, mit der die Elektronen auf den Schirm treffen. [Teilergebnis: $a = 2{,}2 \cdot 10^{14} \frac{m}{s^2}$]

4 1.3 Berechnen Sie den Betrag der Potenzialdifferenz, die ein Elektron im homogenen elektrischen Feld des Kondensators durchläuft.

4 1.4 Im Bereich des elektrischen Feldes wird nun zusätzlich ein homogenes Magnetfeld mit zeitlich konstanter Flussdichte $\vec{B}$ erzeugt. Wird der Betrag B der magnetischen Flussdichte $\vec{B}$ auf den Wert B_1 eingestellt, so passieren die Elektronen den Raum zwischen den Kondensatorplatten ohne Ablenkung und treffen im Punkt O auf den Schirm.
Geben Sie die Richtung von $\vec{B}$ an und berechnen Sie B_1.

1.5.0 Der Kondensator wird von der Gleichspannungsquelle getrennt und entladen. Zwischen den Kondensatorplatten herrscht nur noch das magnetische Feld, in das die Elektronen weiterhin mit der Geschwindigkeit $\vec{v}_o$ eintreten. Der Betrag B der magnetischen Flussdichte $\vec{B}$ wird auf einen Wert B_2 eingestellt, bei dem die Elektronen mit einer Geschwindigkeit $\vec{v}_P$ senkrecht auf die untere Kondensatorplatte treffen.

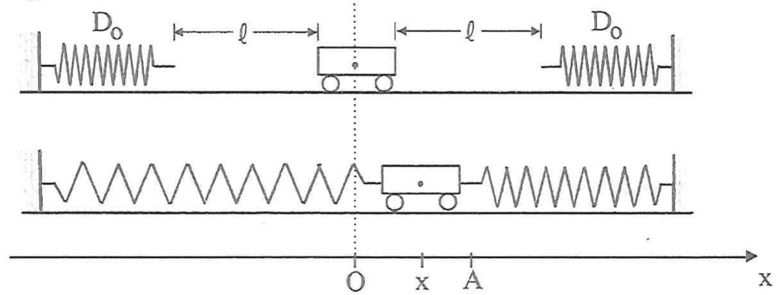
5 1.5.1 Geben Sie die Form der Flugbahn an, auf der sich nun die Elektronen nach dem Passieren der Blende bewegen, und berechnen Sie B_2.

3 1.5.2 Geben Sie den Betrag v_P der Geschwindigkeit $\vec{v}_P$ an.
Begründen Sie Ihre Antwort.

Fortsetzung siehe nächste Seite

Fortsetzung III

BE 2.0



Ein kleiner Wagen mit der Masse $m = 140\,g$ steht auf einer horizontalen Unterlage und ist zwischen zwei gleichartigen Federn mit der Federkonstanten D_o eingespannt. Befindet sich der Wagen in der Ruhelage, d.h. an der Stelle $x_o = 0\,cm$, so sind die Federn jeweils um $\ell = 15{,}0\,cm$ vorgedehnt.
Der Wagen wird um eine Strecke mit der Länge $A = 8{,}0\,cm$ aus der Ruhelage nach rechts ausgelenkt und zum Zeitpunkt $t_o = 0\,s$ aus der Ruhe heraus losgelassen. Der Wagen schwingt dann harmonisch mit der Schwingungsdauer $T = 0{,}50\,s$.
Die Massen der Federn, die Rotationsenergie der Räder des Wagens und Reibungsverluste sind vernachlässigbar klein.

3 2.1 Berechnen Sie die Richtgröße D des schwingungsfähigen Systems.

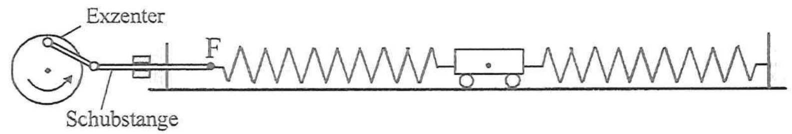
2 2.2 Geben Sie die Gleichung, die die Abhängigkeit der x-Koordinate des Schwerpunktes des Wagens von der Zeit t für $t \geq 0\,s$ beschreibt, mit eingesetzten Zahlenwerten an.

4 2.3 Bestimmen Sie den Betrag und die Richtung der Geschwindigkeit des Wagens für den Zeitpunkt $t_1 = 0{,}18\,s$.

3 2.4.1 Zeichnen Sie für einen Zeitpunkt, zu dem sich der Wagen an einer Stelle x mit $0 \leq x \leq A$ (siehe untere Skizze in 2.0) befindet, einen Kräfteplan, der alle auf den Wagen wirkenden Kräfte und deren Resultierende enthält.

5 2.4.2 Ermitteln Sie mithilfe des Kräfteplans von 2.4.1 die Federkonstante D_o.

6 2.5



Das linke Ende F der linken Schraubenfeder wird mithilfe einer Schubstange und eines Exzenters, der auf der Drehachse eines Motors mit regelbarer Drehfrequenz f_E sitzt, zu harmonischen Schwingungen mit der Amplitude A_E angeregt. Die Dämpfung durch Reibung ist zwar gering, aber nicht mehr vernachlässigbar.
Die Drehfrequenz f_E des Motors wird stufenweise von $0\,Hz$ bis $5{,}0\,Hz$ gesteigert. Bei jeder Einstellung von f_E schwingt der Wagen nach einer Einschwingphase harmonisch mit der Amplitude A_W.
Erläutern Sie anhand eines geeigneten Diagramms und mit Worten, wie die Amplitude A_W von der Drehfrequenz f_E des Motors abhängt. Geben Sie dabei auch an, welcher Zusammenhang zwischen A_W und A_E bei sehr kleinen Erregerfrequenzen f_E besteht.

50