Fachabiturprüfung 2014 zum Erwerb der Fachhochschulreife an

Fachoberschulen und Berufsoberschulen

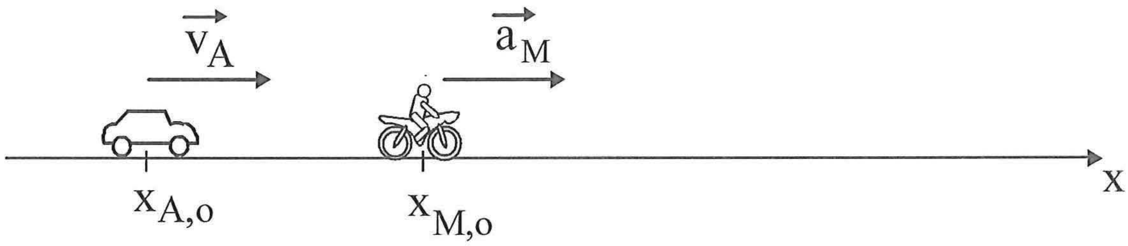
PHYSIK

Ausbildungsrichtung Technik

Freitag, 30. Mai 2014, 9.00 - 12.00 Uhr

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

BE 1.0



Ein Motorrad startet zum Zeitpunkt $t_o = 0\,s$ aus dem Stillstand heraus. Der Schwerpunkt von Motorrad und Fahrer befindet sich zu diesem Zeitpunkt am Ort mit der x-Koordinate $x_{M,o} = 0\,m$. Das Motorrad beschleunigt bis zum Zeitpunkt $t_1 = 8{,}0\,s$ und fährt dann mit konstanter Geschwindigkeit weiter. Zur Vereinfachung wird angenommen, die Beschleunigung $\vec{a}_M$ des Motorrads sei konstant und habe den Betrag $a_M = 3{,}50\,\frac{m}{s^2}$.

Ein Auto fährt mit der konstanten Geschwindigkeit $\vec{v}_A$, die den Betrag $v_A = 21\,\frac{m}{s}$ hat. Der Schwerpunkt des Autos befindet sich zum Zeitpunkt $t_o = 0\,s$ am Ort mit der Koordinate $x_{A,o} = -100\,m$.

Beide Fahrzeuge bewegen sich längs der x-Achse eines Koordinatensystems in die Richtung, in der die x-Werte zunehmen. Bei den folgenden Überlegungen ist eine Betrachtung der Schwerpunkte ausreichend.

3 1.1 Geben Sie für das Zeitintervall $[0\,s;\,8{,}0\,s]$ die Zeit-Ort-Gleichungen für die beiden Fahrzeuge mit eingesetzten Werten an.

4 1.2 Begründen Sie rechnerisch, dass sich die beiden Fahrzeuge zu keinem Zeitpunkt t mit $0\,s \le t \le 8{,}0\,s$ „auf gleicher Höhe“, d. h. an Orten mit gleicher x-Koordinate befinden.

5 1.3 Berechnen Sie den Zeitpunkt t^*, zu dem die Geschwindigkeit des Motorrads genau so groß ist wie die Geschwindigkeit des Autos, und begründen Sie, dass zu diesem Zeitpunkt t^* der Vorsprung des Motorrads gegenüber dem Auto am geringsten ist.

1.4.0 Das Motorrad und der Fahrer haben die Gesamtmasse $m = 250\,kg$.
Für die folgenden Aufgaben wird zur Vereinfachung angenommen, dass bei allen im Zeitintervall $]0\,s;5{,}0\,s]$ auftretenden Geschwindigkeiten der auftretende Fahrwiderstand $\vec{F}_W$ des Motorrades 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 1.4.1 Berechnen Sie den Betrag F_A der Antriebskraft $\vec{F}_A$, die der Motor im Zeitintervall $]0\,s;5{,}0\,s]$ ausübt.
[Ergebnis: $F_A = 1{,}3\,kN$]

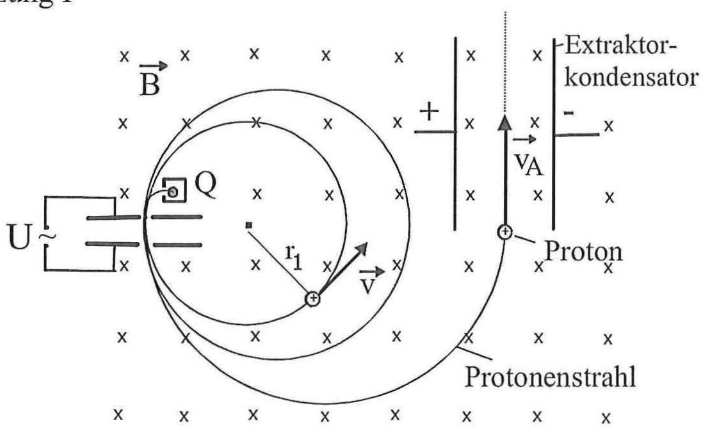
3 1.4.2 Zu einem Zeitpunkt t gibt der Motor die momentane Leistung $P(t)$ ab.
Bestimmen Sie $P(t)$ für den Zeitpunkt $t = 5{,}0\,s$.

Fortsetzung siehe nächste Seite

Fortsetzung I

BE

2.0



Ein Mikrotron ist ein Kreisbeschleuniger, in dem Protonen, die von der Ionenquelle Q emittiert werden, im elektrischen Feld eines Kondensators wiederholt beschleunigt werden. An dem Kondensator liegt eine Wechselspannung U an. Durch ein homogenes Magnetfeld, dessen Flussdichte $\vec{B}$ zeitlich konstant ist und den Betrag $B = 170\,\text{mT}$ hat, werden die Protonen auf Kreisbahnen geführt (siehe Skizze). Die gesamte Anordnung befindet sich im Vakuum.

Betrachtet werden Protonen, die im elektrischen Feld zwischen den Kondensatorplatten immer genau dann beschleunigt werden, wenn die Wechselspannung U gerade ihren Scheitelwert $\hat{U} = 5{,}0\,\text{kV}$ erreicht. Dabei nimmt die kinetische Energie der Protonen um ΔE_{kin} zu. Die kinetische Energie der Protonen ist beim ersten Eintritt in das elektrische Feld zwischen den Kondensatorplatten vernachlässigbar klein. Das elektrische Feld ist auf den Bereich zwischen den Kondensatorplatten begrenzt.

Ein Proton besitzt die Masse $m_P = 1{,}67 \cdot 10^{-27}\,\text{kg}$ und trägt die Ladung $q_P = 1{,}60 \cdot 10^{-19}\,\text{As}$. Die Gewichtskraft der Protonen kann vernachlässigt werden.

3 2.1 Berechnen Sie ΔE_{kin}. Erläutern Sie dabei kurz Ihren Lösungsansatz.

3 2.2 Nach dem ersten Durchgang verlassen die Protonen das elektrische Feld des Kondensators mit einer Geschwindigkeit $\vec{v}_1$.
Berechnen Sie den Betrag v_1 der Geschwindigkeit $\vec{v}_1$. [Ergebnis: $v_1 = 9{,}8 \cdot 10^5\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$]

2.3.0 Außerhalb des zwischen den Kondensatorplatten herrschenden elektrischen Feldes wird die Bewegung der Protonen nur noch durch das Magnetfeld beeinflusst.

5 2.3.1 Die Geschwindigkeit $\vec{v}_1$ ist senkrecht zur magnetischen Flussdichte $\vec{B}$ gerichtet.
Begründen Sie ausführlich, dass sich die Protonen bis zum nächsten Eintritt in den Raum zwischen den Kondensatorplatten auf einer Kreisbahn bewegen.

5 2.3.2 Nachdem die Protonen das elektrische Feld zwischen den Kondensatorplatten mit der Geschwindigkeit $\vec{v}_1$ verlassen haben, bewegen sie sich auf einer Kreisbahn mit dem Radius r_1.
Berechnen Sie r_1. Führen Sie dabei eine Einheitenumrechnung durch. [Ergebnis: $r_1 = 6{,}0\,\text{cm}$]

4 2.3.3 Bei jedem Umlauf durchlaufen die Protonen einmal die Beschleunigungsspannung $\hat{U}$.
Die Laufzeiten zwischen den Kondensatorplatten sind vernachlässigbar klein gegenüber den Umlaufzeiten auf den Kreisbahnen außerhalb des Kondensators.
Weisen Sie durch allgemeine Rechnung nach, dass die Umlaufzeiten T der Protonen auf den Kreisbahnen gleich groß sind, obwohl die Radien r der Kreisbahnen und die Bahngeschwindigkeiten $\vec{v}$ der Protonen auf diesen Kreisbahnen von Umlauf zu Umlauf größer werden.

3 2.3.4 Die Frequenz f der Spannung U wird auf einen Wert eingestellt, bei dem die Protonen nach jedem Umlauf wieder die Beschleunigungsspannung $\hat{U} = 5{,}0\,\text{kV}$ durchlaufen.
Berechnen Sie einen möglichen Wert für die Frequenz f.

4 2.3.5 Berechnen Sie die Anzahl n der Umläufe, die ein Proton mindestens benötigt, damit es im Mikrotron auf eine Geschwindigkeit $\vec{v}_A$ mit dem Betrag $v_A = 4{,}75 \cdot 10^6\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$ beschleunigt wird.

4 2.4 Mithilfe eines so genannten Extraktorkondensators sollen die Protonen, die auf die Geschwindigkeit $\vec{v}_A$ beschleunigt wurden, nun aus dem Magnetfeld vertikal nach oben herausgeführt werden.
Berechnen Sie den dafür notwendigen Betrag der elektrischen Feldstärke $\vec{E}_A$ im Extraktorkondensator.

50

II

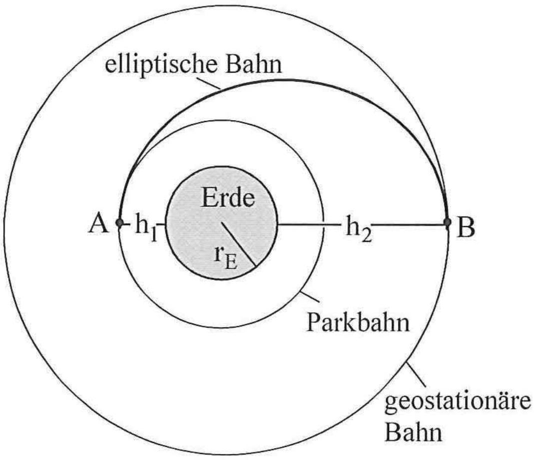
BE 1.0 Ein Satellit soll von der Erdoberfläche aus in die geostationäre Umlaufbahn geführt werden. Die Masse der Erde beträgt $m_E = 5{,}974 \cdot 10^{24}$ kg, der Erdradius $r_E = 6{,}371 \cdot 10^6$ m und die Gravitationskonstante $G^* = 6{,}674 \cdot 10^{-11} \frac{m^3}{kg \cdot s^2}$.

1.1.0 Zunächst wird der Satellit mithilfe einer dreistufigen Trägerrakete auf eine Kreisbahn, die so genannte Parkbahn, in der Höhe $h_1 = 430\,km$ über der Erdoberfläche gebracht. Beim Start haben die Trägerrakete und der Satellit die Gesamtmasse $m = 2{,}80 \cdot 10^3\,t$. Durch Zünden der 1. Stufe hebt die Rakete mit dem Satelliten in vertikaler Richtung von der Erdoberfläche ab. Dabei werden Verbrennungsgase ausgestoßen, so dass die Trägerrakete eine Schubkraft $\vec{F}_S$ mit dem Betrag $F_S = 32{,}0 \cdot 10^6$ N erfährt.

3 1.1.1 Berechnen Sie den Betrag a_0 der Anfangsbeschleunigung $\vec{a}_0$, mit der die Rakete von der Erde abhebt.

5 1.1.2 Durch Zünden der 2. und der 3. Stufe wird die Rakete mit dem Satelliten auf die Parkbahn gelenkt. Auf dieser Umlaufbahn bewegt sich der Satellit, nachdem er von der Trägerrakete abgekoppelt wurde, antriebslos mit der Bahngeschwindigkeit $\vec{v}_1$ und der Umlaufdauer T_1. Berechnen Sie mithilfe des Gravitationsgesetzes den Betrag v_1 der Bahngeschwindigkeit $\vec{v}_1$ und die Umlaufdauer T_1. [Teilergebnis: $T_1 = 1{,}55\,h$]

1.2.0



Der Satellit wird in einem Punkt A der Parkbahn durch ein geeignetes, kurzzeitiges Steuermanöver auf eine elliptische Bahn gelenkt. Im erdfernsten Punkt B dieser elliptischen Bahn befindet sich der Satellit in der Höhe $h_2 = 35{,}79 \cdot 10^6$m über der Erdoberfläche.

5 1.2.1 Der Satellit fliegt nach dem Steuermanöver antriebslos auf der elliptischen Bahn von A nach B. Berechnen Sie die große Halbachse a der elliptischen Bahn und die Dauer t_{AB} des Fluges von A nach B. [Teilergebnis: $a = 24{,}5 \cdot 10^3$ km]

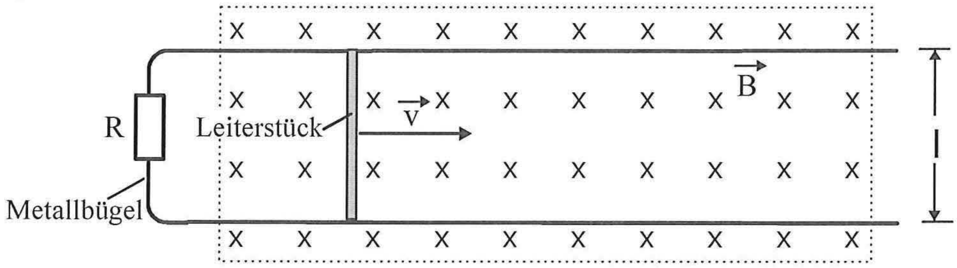
6 1.2.2 Der Satellit verlässt die Parkbahn im Punkt A mit der Geschwindigkeit $\vec{v}_A$, die den Betrag $v_A = 10{,}05 \frac{km}{s}$ hat. Die Geschwindigkeit $\vec{v}_B$, mit der der Satellit den Punkt B erreicht, hat den Betrag v_B.
Zeigen Sie durch eine allgemeine Herleitung, dass gilt: $(r_E + h_1) \cdot v_A = (r_E + h_2) \cdot v_B$, und berechnen Sie v_B mithilfe dieser Gleichung.

3 1.2.3 Im Punkt B wird der Satellit durch ein weiteres Steuermanöver von der elliptischen Bahn auf die geostationäre Kreisbahn in der Höhe h_2 über der Erdoberfläche gelenkt. Auf dieser Kreisbahn bewegt sich der Satellit mit der Bahngeschwindigkeit $\vec{v}_G$, deren Betrag v_G größer als v_B ist, um die Erde.
Erläutern Sie dieses Steuermanöver und geben Sie an, wie dieses Steuermanöver bewerkstelligt werden kann.

Fortsetzung siehe nächste Seite

Fortsetzung II

BE 2.0



In oben stehender Skizze ist eine Versuchsanordnung in einer Draufsicht dargestellt. In einem homogenen Magnetfeld, dessen Flussdichte $\vec{B}$ zeitlich konstant ist und den Betrag $B = 900\,\text{mT}$ hat, befindet sich ein rechtsseitig offener Metallbügel. Der ohmsche Widerstand im linken Teil des Metallbügels hat den Wert $R = 0{,}80\,\Omega$. Auf dem Metallbügel wird ein Leiterstück der Länge $\ell = 25\,\text{cm}$ zunächst mit der konstanten Geschwindigkeit $\vec{v}_0$ nach rechts verschoben. Die Geschwindigkeit $\vec{v}_0$ ist senkrecht zur Flussdichte $\vec{B}$ gerichtet und hat den Betrag $v_0 = 16\,\frac{\text{cm}}{\text{s}}$. Die Leitungswiderstände von Bügel und Leiterstück sowie die Kontaktwiderstände zwischen dem Leiterstück und dem Metallbügel sind gegenüber dem Widerstand $R = 0{,}80\,\Omega$ vernachlässigbar. Das Leiterstück befindet sich während der betrachteten Vorgänge stets im Magnetfeld.

4 2.1 Bei der Bewegung des Leiterstücks fließt durch den geschlossenen Kreis ein Induktionsstrom. Berechnen Sie die Stärke I dieses Induktionsstroms.

2.2.0 Die bei der Verschiebung des Leiterstücks zwischen dem Leiterstück und dem Metallbügel auftretende Reibung ist vernachlässigbar. Dennoch muss zur Aufrechterhaltung der Geschwindigkeit $\vec{v}_0$ eine Zugkraft $\vec{F}_{Zug}$ auf das Leiterstück ausgeübt werden.

5 2.2.1 Erläutern Sie, warum diese Kraft $\vec{F}_{Zug}$ notwendig ist, und bestätigen Sie durch eine allgemeine Rechnung, dass für den Betrag F_{Zug} der Zugkraft $\vec{F}_{Zug}$ gilt: $F_{Zug} = \frac{B^2 \cdot \ell^2}{R} \cdot v_0$

5 2.2.2 In einem Zeitintervall mit der Länge $\Delta t = 5{,}0\,\text{s}$ wird am Leiterstück durch die Zugkraft $\vec{F}_{Zug}$ die mechanische Arbeit W_{mech} verrichtet.
Berechnen Sie W_{mech} und erläutern Sie, was mit der dem Leiterstück zugeführten Energie im Stromkreis geschieht.

6 2.3 Das mit der Geschwindigkeit $\vec{v}_0$ bewegte Leiterstück wird zum Zeitpunkt t_L losgelassen, d. h. die Zugkraft $\vec{F}_{Zug}$ wird nicht mehr ausgeübt. Das Leiterstück erfährt nun eine Verzögerung $\vec{a}$ mit dem Betrag a, so dass der Betrag v seiner Geschwindigkeit $\vec{v}$ abnimmt.
Begründen Sie mithilfe des Ergebnisses von Aufgabe 2.2.1, dass a für $t > t_L$ direkt proportional zu v ist, und skizzieren Sie für $t > t_L$ ein zugehöriges t-v-Diagramm.

3.0 Die Flussdichte $\vec{B}_E$ des Magnetfeldes der Erde ist ortsabhängig. Mithilfe einer flachen Spule der Windungszahl N und der Querschnittsfläche A_0, die um eine Achse mit konstanter Winkelgeschwindigkeit ω gedreht werden kann, wird der Betrag B_E der Flussdichte $\vec{B}_E$ an einem Ort auf der Erdoberfläche bestimmt. Die Rotationsachse ist senkrecht zu $\vec{B}_E$ ausgerichtet.
Zum Zeitpunkt $t_0 = 0\,\text{s}$ ist der magnetische Fluss Φ durch die Spule maximal.

4 3.1 Geben Sie eine Gleichung an, die den zeitlichen Verlauf des magnetischen Flusses Φ beschreibt, und leiten Sie daraus mithilfe des Induktionsgesetzes eine Gleichung für den zeitlichen Verlauf der an den Enden der Spule auftretenden Wechselspannung U her.

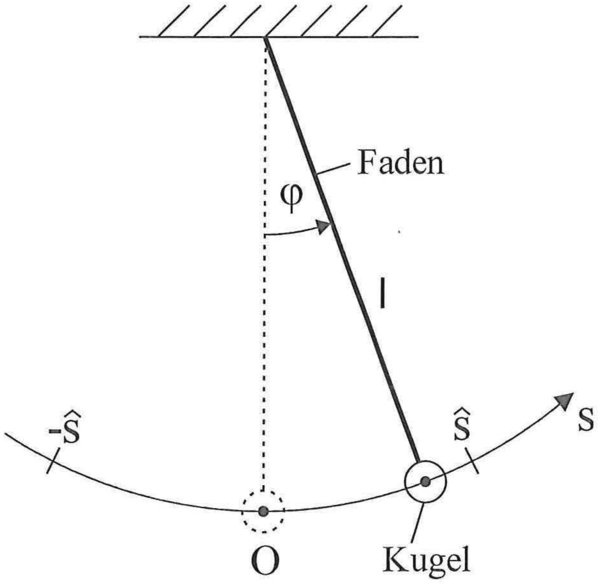
4 3.2 Bei 50 Umdrehungen pro Sekunde tritt zwischen den Enden der flachen Spule ($N = 2000$; $A_0 = 1{,}6\,\text{dm}^2$) eine Spannung U mit dem Scheitelwert $\hat{U} = 0{,}50\,\text{V}$ auf.
Berechnen Sie B_E.

50

BE

III

1.0



Ein Faden und eine kleine Kugel mit der Masse $m = 120\,g$ als Pendelkörper bilden ein Fadenpendel mit der Pendellänge ℓ. Wird das Fadenpendel ausgelenkt und dann losgelassen, so schwingt die kleine Kugel in einer vertikalen Ebene um die Gleichgewichtslage O hin und her. Die Masse des Fadens und die Dämpfung der Schwingung sind vernachlässigbar klein. Das Bezugsniveau für die potenzielle Energie der Erdanziehung sei die Horizontalebene durch den Punkt O.

1.1.0 Die Abhängigkeit der Periodendauer T der Pendelschwingung von der Pendellänge ℓ wird für kleine Auslenkwinkel experimentell untersucht. Bei der Durchführung des Versuchs erhält man folgende Messergebnisse:

ℓ in m	0,30	0,60	0,90	1,20	1,55
T in s	1,10	1,58	1,87	2,20	2,50

5 1.1.1 Bestätigen Sie durch graphische Auswertung der Messreihe, dass gilt: $T \sim \sqrt{\ell}$

3 1.1.2 Geben Sie die Abhängigkeit der Periodendauer T von der Pendellänge ℓ in Form einer Gleichung an und bestimmen Sie die auftretende Konstante k aus dem Diagramm von 1.1.1 .

1.2.0 Das Fadenpendel mit der Pendellänge $\ell = 1{,}55\,m$ wird um den Winkel $\varphi_{max} = 7{,}5^{o}$ nach rechts ausgelenkt. Aus dieser Position wird der Pendelkörper zum Zeitpunkt $t_o = 0\,s$ aus der Ruhe heraus losgelassen. Der Pendelkörper schwingt harmonisch mit der Periodendauer $T = 2{,}50\,s$ und der Amplitude $\hat{s}$.

4 1.2.1 Berechnen Sie $\hat{s}$ und geben Sie die Gleichung, die die Abhängigkeit der Elongation s des Pendelkörpers von der Zeit t beschreibt, mit eingesetzten Zahlenwerten an.
[Teilergebnis: $\hat{s} = 20\,cm$]

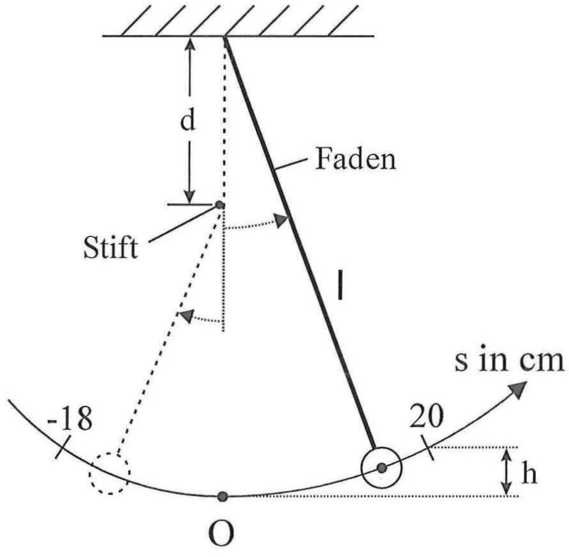
3 1.2.2 Berechnen Sie die maximale kinetische Energie des Pendelkörpers bei dieser harmonischen Schwingung des Fadenpendels.

6 1.2.3 Im rechten Umkehrpunkt übt der Faden auf den Pendelkörper die Kraft $\vec{F}_F$ aus. Berechnen Sie mithilfe eines Kräfteplans, der alle auf den Pendelkörper wirkenden Kräfte enthält, den Betrag F_F der Kraft $\vec{F}_F$.

Fortsetzung siehe nächste Seite

Fortsetzung III

BE 1.3.0



Galilei´sches Hemmungspendel
Im Abstand $d = 35\,cm$ unterhalb des Aufhängepunktes des Pendels wird ein Stift angebracht. Das Pendel mit der Pendellänge $\ell = 1{,}55\,m$ wird noch einmal um den Winkel $\varphi_{max} = 7{,}5^{o}$ nach rechts ausgelenkt. Dabei wird der Pendelkörper in die Höhe $h = 1{,}3\,cm$ über der Gleichgewichtslage angehoben. Der Pendelkörper wird wieder zum Zeitpunkt $t_o = 0\,s$ aus der Ruhe heraus losgelassen.

5 1.3.1 Bestätigen Sie durch Rechnung, dass bei der Schwingung des Galilei´schen Hemmungspendels der Pendelkörper im linken Umkehrpunkt nur um $18\,cm$ aus der Gleichgewichtslage ausgelenkt ist.

3 1.3.2 Berechnen Sie mithilfe geeigneter Messergebnisse aus 1.1.0 die Periodendauer T_H der Schwingung des Galilei´schen Hemmungspendels.

4 1.3.3 Zeichnen Sie mit Hilfe geeigneter Punkte das t-s-Diagramm zur Schwingung des Galilei´schen Hemmungspendels für $0\,s \leq t \leq T_H$.
Verwenden Sie dabei den Maßstab: $0{,}25\,s \mathrel{\hat{=}} 1\,cm$; $5{,}0\,cm \mathrel{\hat{=}} 1\,cm$

2.0 Eine Hohlkugel K (Radius $r_K = 4{,}5\text{ cm}$) wird kurzzeitig leitend mit dem Pluspol einer Gleichspannungsquelle verbunden. Die Kugel K nimmt dabei die Ladung Q_K auf.
Jedem Punkt P im elektrischen Feld der geladenen Kugel ist ein elektrisches Potential φ zugeordnet. Das elektrische Potenzial in einem von der Kugel unendlich weit entfernten Punkt sei gleich null.
Die Abhängigkeit des elektrischen Potenzials φ vom Abstand r eines Punktes P vom Mittelpunkt der Hohlkugel wird mithilfe einer Flammensonde untersucht. Dabei ist $r \geq r_K$.

4 2.1 Fertigen Sie eine beschriftete Skizze des Versuchsaufbaus mit allen notwendigen Geräten an.

6 2.2 Erklären Sie die Funktionsweise einer Flammensonde.

2.3.0 Die Hohlkugel trägt die Ladung $Q_K = 35 \cdot 10^{-9}\,As$.
Der Punkt B liegt auf der Oberfläche der Hohlkugel. Der Punkt P befindet sich in der Entfernung $r_P = 8{,}5\,cm$ vom Mittelpunkt der Hohlkugel.

3 2.3.1 Berechnen Sie das elektrische Potenzial φ_B des Punktes B und das elektrische Potenzial φ_P des Punktes P.

4 2.3.2 Ein Staubteilchen mit der Masse $m = 2{,}5 \cdot 10^{-8}\,kg$ und der Ladung $q = -4{,}0 \cdot 10^{-10}\,As$ befindet sich im Punkt P und besitzt eine vernachlässigbar kleine Geschwindigkeit.
Die Gewichtskraft des Staubteilchens ist im Vergleich zur elektrischen Kraft, durch die das Staubteilchen zur Hohlkugel hin beschleunigt wird, verschwindend klein.
Auftriebskräfte und Luftwiderstandskräfte sind zu vernachlässigen.
Berechnen Sie den Betrag v_K der Geschwindigkeit $\vec{v}_K$, mit der das Staubteilchen auf die Hohlkugel auftrifft.

50