

Fachabiturprüfung 2013 zum Erwerb der Fachhochschulreife an
Fachoberschulen und Berufsoberschulen

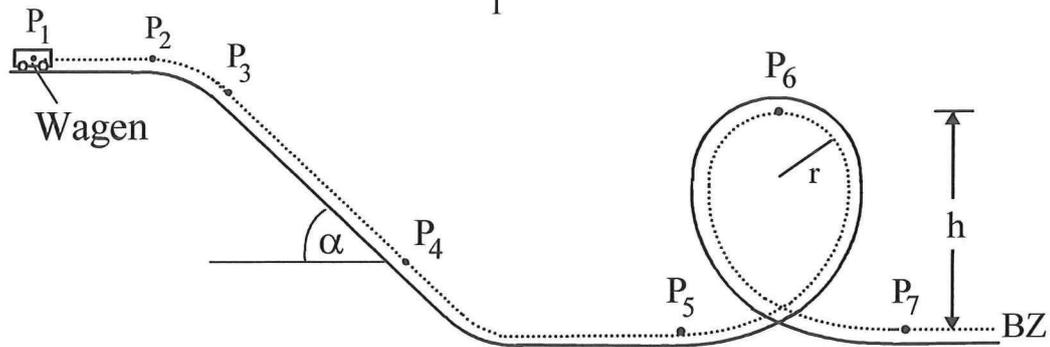
PHYSIK

Ausbildungsrichtung Technik

Donnerstag, 06. Juni 2013, 9.00 - 12.00 Uhr

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

BE 1.0



Die oben stehende Abbildung zeigt das Profil einer Achterbahn. Ein Wagen bewegt sich auf Schienen vom Punkt P_1 bis zum Punkt P_7 ohne motorischen Antrieb. Der Wagen und die Insassen haben die Gesamtmasse $m = 950 \text{ kg}$. Die punktiert gezeichnete Linie ist die Bahnkurve, auf der sich der Schwerpunkt des Wagens mit Insassen bewegt. Das Bezugsniveau BZ für die potenzielle Energie ist die Horizontalebene durch die Punkte P_5 und P_7 .

Bei allen Teilaufgaben sind Luftwiderstand und Rotationsenergie der Räder zu vernachlässigen.

- 3 1.1 Um den Nervenkitzel für die Fahrgäste zu erhöhen, wird der Wagen kurz vor der steilen Abfahrt bei der Fahrt vom Punkt P_1 bis zum Punkt P_2 von der Geschwindigkeit \vec{v}_1 mit dem Betrag $v_1 = 2,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ auf die Geschwindigkeit \vec{v}_2 mit dem Betrag v_2 abgebremst.

Die Strecke $[P_1P_2]$ hat die Länge $s_{12} = 5,0 \text{ m}$, die Verzögerung \vec{a}_v den Betrag $a_v = 0,60 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$.

Berechnen Sie v_2 .

- 4 1.2 Zwischen P_3 und P_4 ist die Bahn um den Winkel $\alpha = 50^\circ$ gegen die Horizontale geneigt. Die Reibungszahl für die Reibung zwischen den Wagenrädern und den Schienen beträgt $\mu = 0,012$. Berechnen Sie den Betrag a der Beschleunigung \vec{a} , die der Wagen auf der Strecke $[P_3P_4]$ erfährt.

- 1.3.0 Den Punkt P_5 passiert der Wagen mit der Geschwindigkeit \vec{v}_5 , die den Betrag $v_5 = 27 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ hat.

Der Wagen mit den Fahrgästen besitzt in P_5 die mechanische Gesamtenergie $E_{\text{ges},5}$.

Der Wagen wird nun auf eine vertikale Schleife (Looping) gelenkt.

- 4 1.3.1 Auf dem Weg von P_5 zum Punkt P_6 in der Höhe $h = 29 \text{ m}$ über dem Bezugsniveau BZ verliert der Wagen durch Reibung $8,0\%$ der Energie $E_{\text{ges},5}$ und erreicht P_6 mit der Geschwindigkeit \vec{v}_6 .

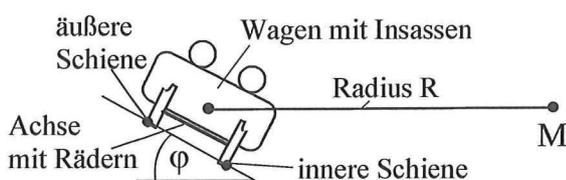
Berechnen Sie den Betrag v_6 der Geschwindigkeit \vec{v}_6 . [Ergebnis: $v_6 = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$]

- 5 1.3.2 Im oberen Teil der Loopingbahn bewegt sich der Schwerpunkt des Wagens auf einem Halbkreis mit dem Radius $r = 6,5 \text{ m}$. Im Punkt P_6 üben die Schienen auf den Wagen die Kraft \vec{F}_S aus.

Berechnen Sie den Betrag F_S der Kraft \vec{F}_S .

- 6 1.4 Der Wagen hat den Punkt P_7 passiert und fährt nun durch eine Kurve, die in einer horizontalen Ebene liegt. Dabei bewegt sich der Schwerpunkt des Wagens mit Insassen auf einem Kreisbogen mit dem Mittelpunkt M und dem Radius $R = 14 \text{ m}$.

Damit bei der Kurvenfahrt der seitliche Druck auf die Schienen möglichst klein ist, sind die äußeren Schienen höher angeordnet als die inneren Schienen, so dass die Radachsen des Wagens mit der Horizontalen einen Winkel φ einschließen.



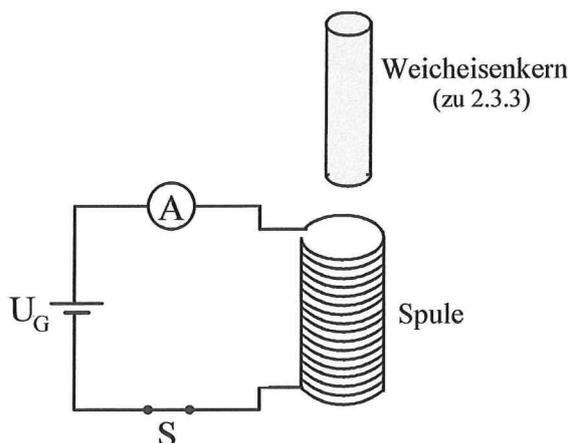
Berechnen Sie anhand eines Kräfteplans diesen (Kurvenüberhöhungs-) Winkel φ für eine

Bahngeschwindigkeit mit dem Betrag $v = 11 \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

BE Fortsetzung I

- 2.0 Um den ohmschen Widerstand R und die Induktivität L einer Spule zu bestimmen, wird die Spule in einem ersten Versuch an eine Gleichspannungsquelle, in einem zweiten Versuch an eine Wechselspannungsquelle angeschlossen.
- 2.1.0 Beim ersten Versuch liegt ab dem Zeitpunkt $t_0 = 0\text{ s}$ die Gleichspannung $U_G = 12\text{ V}$ an der Spule an. Die Stromstärke I_L im Gleichstromkreis erreicht verzögert den Maximalwert $I_m = 0,40\text{ A}$.
- 7 2.1.1 Stellen Sie in einem t - I_L -Diagramm qualitativ den zeitlichen Verlauf der Stromstärke I_L für $t \geq 0\text{ s}$ dar und begründen Sie diesen zeitlichen Verlauf der Stromstärke I_L .
- 2 2.1.2 Berechnen Sie den ohmschen Widerstand R der Spule.
- 2.2.0 Beim zweiten Versuch liegt die Wechselspannung $U(t) = \hat{U} \cdot \sin(2\pi \cdot f \cdot t)$ für $t \geq 0\text{ s}$ an der Spule. Die Frequenz f der Wechselspannung wird so groß gewählt, dass der ohmsche Widerstand R der Spule gegenüber ihrem induktiven Widerstand X_L vernachlässigt werden kann.
- 5 2.2.1 Leiten Sie aus der Gleichung $U(t) = \hat{U} \cdot \sin(2\pi \cdot f \cdot t)$ eine Gleichung her, die den zeitlichen Verlauf der Stromstärke I im Wechselstromkreis für $t \geq 0\text{ s}$ beschreibt.
- 4 2.2.2 Für $\hat{U} = 12\text{ V}$ und $f = 1,20\text{ kHz}$ zeigt ein in den Wechselstromkreis geschaltetes Amperemeter den Effektivwert $I_{\text{eff}} = 16\text{ mA}$ für die Stromstärke I an. Berechnen Sie die Induktivität L der Spule.

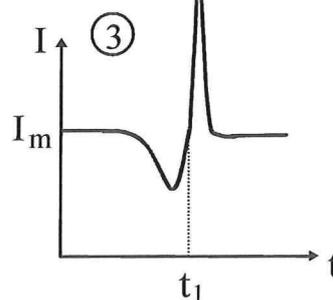
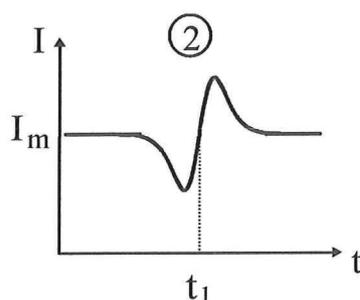
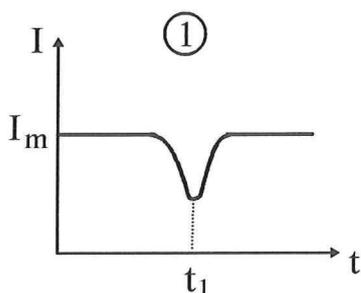
2.3.0

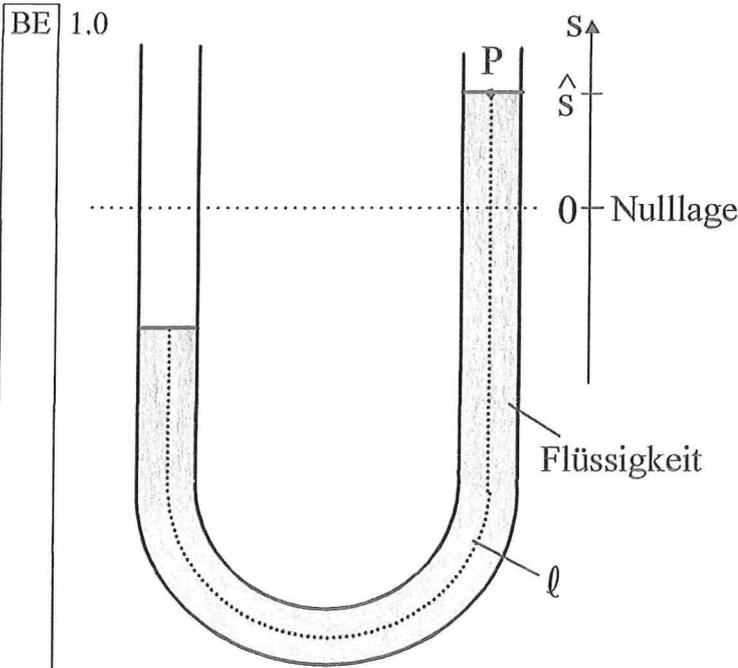


Die Spule aus 2.0 ist zylinderförmig und lang gestreckt. Sie hat die Windungszahl $N = 3000$, die Länge $\ell = 20\text{ cm}$ und einen Querschnitt mit dem Flächeninhalt $A = 12,4\text{ cm}^2$.

Die Spule wird noch einmal an die Gleichspannungsquelle mit der Spannung $U_G = 12\text{ V}$ angeschlossen. Die Stromstärke im Gleichstromkreis wächst wieder auf den Wert $I_m = 0,40\text{ A}$ an.

- 2 2.3.1 Berechnen Sie die Induktivität L der Spule aus den unter 2.3.0 gegebenen Daten der Spule.
- 2 2.3.2 Berechnen Sie den magnetischen Fluss Φ , der die Spule bei der Stromstärke $I_m = 0,40\text{ A}$ durchsetzt.
- 6 2.3.3 In einem Experiment lässt man einen Weicheisenkern aus großer Höhe frei durch die Spule fallen. Bei der Abwärtsbewegung nimmt die Geschwindigkeit des Weicheisenkerns ständig zu. Zum Zeitpunkt t_1 befindet sich der Weicheisenkern gerade vollständig in der Spule. Man beobachtet, dass bei diesem Versuch der Ausschlag am Amperemeter nicht konstant bleibt. Welches der folgenden Diagramme beschreibt den zeitlichen Verlauf der Stromstärke richtig? Begründen Sie ausführlich Ihre Entscheidung.





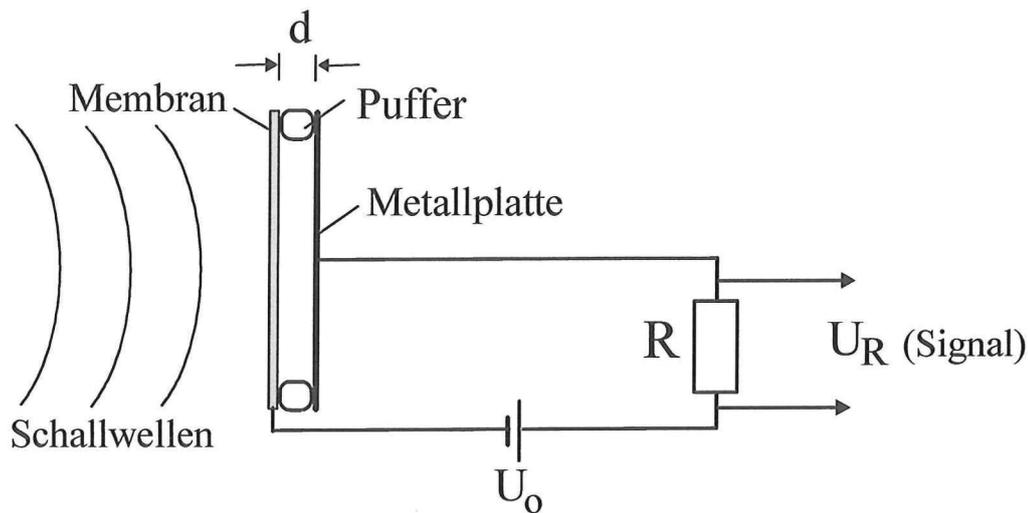
In einem U-Rohr mit dem konstanten Querschnitt $A = 0,72 \text{ cm}^2$ befindet sich eine Flüssigkeit mit der Dichte $\rho = 0,85 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$. Die Flüssigkeitssäule hat die mittlere Länge $\ell = 41 \text{ cm}$. Im linken Schenkel des U-Rohres wird der Druck erhöht, wodurch die Flüssigkeitssäule um $\hat{s} = 5,0 \text{ cm}$ ausgelenkt wird.

Zum Zeitpunkt $t_0 = 0 \text{ s}$ wird der Überdruck im linken Schenkel des U-Rohres weggenommen und die Flüssigkeitssäule dann sich selbst überlassen. Reibungsverluste sind in den folgenden Aufgaben zu vernachlässigen.

- 1.1.0 Man beobachtet, dass die Flüssigkeitssäule ab dem Zeitpunkt $t_0 = 0 \text{ s}$ aus der Ruhe heraus beschleunigt wird. Dabei bewegt sich ein Punkt P auf der Oberfläche der Flüssigkeit im rechten Schenkel des U-Rohres zunächst nach unten.
- 4 1.1.1 Berechnen Sie den Betrag F_0 der beschleunigenden Kraft für den Zeitpunkt $t_0 = 0 \text{ s}$.
[Ergebnis: $F_0 = 60 \text{ mN}$]
- 4 1.1.2 Zu Beginn der Bewegung hat die Beschleunigung des Punktes P den Betrag a_0 . Berechnen Sie a_0 .
- 1.2.0 Die Flüssigkeitssäule schwingt ab dem Zeitpunkt $t_0 = 0 \text{ s}$ im U-Rohr hin und her. Der Punkt P der Flüssigkeitsoberfläche im rechten Schenkel des U-Rohres schwingt dabei mit der Amplitude $\hat{s} = 5,0 \text{ cm}$ harmonisch auf und ab.
- 4 1.2.1 Berechnen Sie mithilfe des Ergebnisses von Aufgabe 1.1.1 die Richtgröße D für das schwingungsfähige System „Flüssigkeitssäule im U-Rohr“. Erläutern Sie Ihren Lösungsansatz.
- 2 1.2.2 Die Schwingung der Flüssigkeitssäule hat die Frequenz $f = 1,1 \text{ Hz}$. Geben Sie die Zeit-Elongation-Gleichung für die harmonische Schwingung des Punktes P mit eingesetzten Daten an.
- 2 1.2.3 Geben Sie an, wo sich der Punkt P befindet, wenn der Betrag seiner Beschleunigung maximal ist. Wie groß ist der maximale Betrag a_{max} der Beschleunigung?
- 5 1.2.4 Zum Zeitpunkt t_1 besitzt der Punkt P zum ersten Mal eine nach oben gerichtete Geschwindigkeit mit dem Betrag $v_1 = 0,25 \frac{\text{m}}{\text{s}}$. Berechnen Sie t_1 .

BE Fortsetzung II

2.0



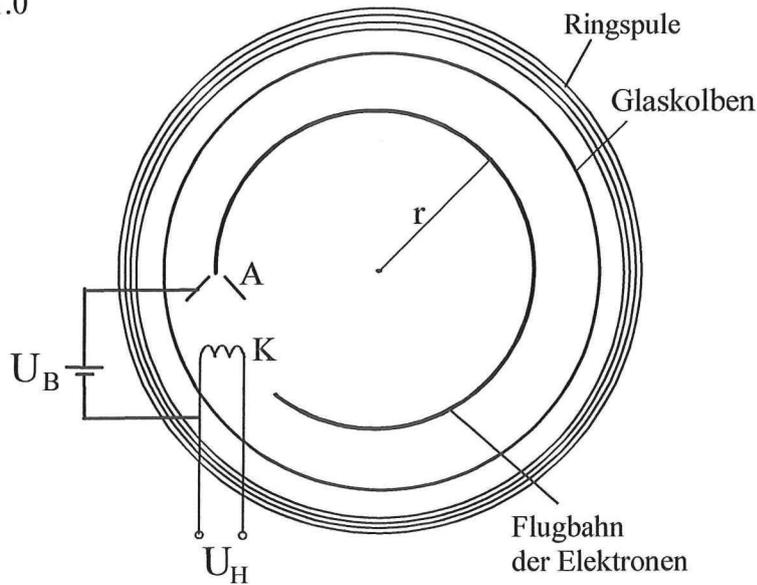
In einem Kondensatormikrophon bilden eine leitfähige Membran und eine Metallplatte einen Plattenkondensator mit Luft als Dielektrikum. Zwei isolierende Puffer halten die Membran und die Metallplatte, die jeweils den Flächeninhalt $A = 80 \text{ cm}^2$ haben, auf einem Abstand d . Die Puffer sind elastisch, so dass der Plattenabstand d leicht variiert werden kann. Dieser Kondensator ist über den ohmschen Widerstand $R = 6,0 \text{ k}\Omega$ an eine Gleichspannungsquelle mit der Spannung $U_0 = 45 \text{ V}$ angeschlossen.

- 3 2.1 Der Plattenabstand beträgt zunächst $d_0 = 0,35 \text{ mm}$. Berechnen Sie die Ladung Q_0 des Kondensators.
- 3 2.2 Die Reihenschaltung aus Kondensator und ohmschem Widerstand bleibt mit der Spannungsquelle verbunden. Durch Druckschwankungen (Schallwellen) wird die Membran bewegt und somit der Plattenabstand d variiert. Untersuchen Sie durch allgemeine Rechnung, ob und gegebenenfalls wie die Ladung Q des Kondensators vom Plattenabstand d abhängig ist.
- 2.3.0 Der Abstand zwischen der Membran und der Metallplatte wird vom Wert $d_0 = 0,35 \text{ mm}$ ausgehend um $\Delta d = 0,020 \text{ mm}$ verkleinert.
- 4 2.3.1 Bestätigen Sie, dass bei der Verkleinerung des Plattenabstandes die Ladung $\Delta Q = 0,55 \text{ nC}$ zusätzlich von der Gleichspannungsquelle über den Widerstand R auf den Kondensator fließt.
- 4 2.3.2 Die Verkleinerung des Plattenabstandes erfolgt in der Zeit $\Delta t = 2,2 \text{ ms}$. Berechnen Sie die mittlere Stärke \bar{I} des Ladestroms und die mittlere Spannung \bar{U}_R , die am ohmschen Widerstand R abfällt.
- 4 2.4 Eine Schallwelle trifft auf die Membran und regt die Membran zu einer Schwingung mit der Frequenz f an. Erläutern Sie qualitativ den Zusammenhang zwischen der Schwingung der Membran und dem zeitlichen Verlauf der am ohmschen Widerstand R abfallenden Spannung U_R .
- 2.5.0 Der zeitliche Verlauf der am ohmschen Widerstand R abfallenden Spannung U_R kann mithilfe einer Braun'schen Röhre, in der ein Elektronenstrahl in vertikaler und in horizontaler Richtung abgelenkt wird, dargestellt werden.
- 5 2.5.1 Fertigen Sie eine beschriftete Skizze einer solchen Braun'schen Röhre an, die die wesentlichen Bauteile der Braun'schen Röhre enthält.
- 6 2.5.2 Erklären Sie die Funktionsweise der Braun'schen Röhre, indem Sie die Funktion der einzelnen Bauteile und deren Zusammenwirken bei der Darstellung des zeitlichen Verlaufs von U_R kurz erläutern.

III

BE

1.0

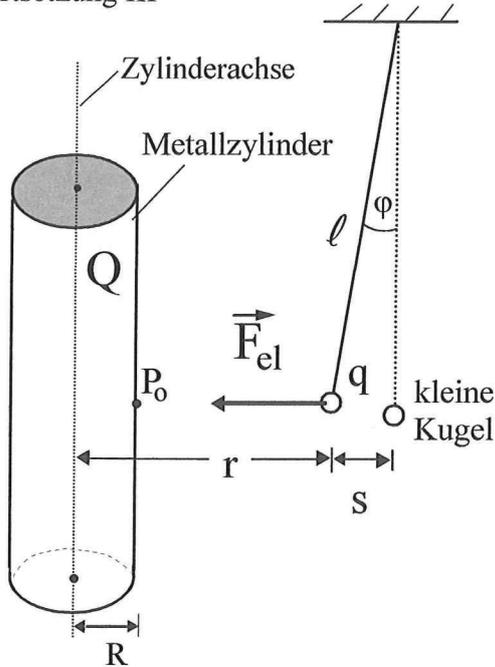


In der links stehenden Skizze ist ein Fadenstrahlrohr dargestellt, mit dem der Betrag der spezifischen Ladung von Elektronen bestimmt werden kann. Die Elektronen treten aus der Glühkathode K mit vernachlässigbar kleiner Geschwindigkeit aus, durchlaufen die Beschleunigungsspannung U_B und fliegen durch das kleine Loch in der Anode A mit der Geschwindigkeit \vec{v}_0 . Dann werden die Elektronen in einem Magnetfeld auf eine Kreisbahn mit dem Radius r gelenkt.

- 2 1.1 Geben Sie die Bedingungen an, die das Magnetfeld erfüllen muss, damit sich die Elektronen in diesem Magnetfeld auf einer Kreisbahn bewegen.
- 3 1.2 Das Magnetfeld wird mithilfe eines Helmholtzspulenpaares erzeugt. In der oben stehenden Skizze ist eine der Ringspulen des Helmholtzspulenpaares erkennbar. Geben Sie den technischen Umlaufsinn des Stromes durch die Ringspule an. Begründen Sie Ihre Antwort.
- 3 1.3 Erläutern Sie, wie es dazu kommt, dass die Kreisbahn der Elektronen im Fadenstrahlrohr sichtbar wird.
- 4 1.4 Leiten Sie eine Gleichung her, die aufzeigt, wie der Betrag v_0 der Geschwindigkeit \vec{v}_0 von der Beschleunigungsspannung U_B abhängt. Erläutern Sie dabei Ihren Lösungsansatz.
- 5 1.5 Zeigen Sie, dass für den Radius r der Kreisbahn gilt: $r = \sqrt{\frac{2 \cdot m \cdot U_B}{e}} \cdot \frac{1}{B}$. Dabei ist m die Masse eines Elektrons, e die Elementarladung und B der Betrag der magnetischen Flussdichte \vec{B} .
- 1.6.0 Die Beschleunigungsspannung beträgt $U_B = 150 \text{ V}$. Die Stärke des Stroms durch das Helmholtzspulenpaar ist so hoch eingestellt, dass die Flussdichte \vec{B} des magnetischen Feldes den Betrag $B = 0,75 \text{ mT}$ hat. In diesem Magnetfeld bewegen sich die Elektronen auf einer Kreisbahn mit dem Radius $r = 5,5 \text{ cm}$.
- 5 1.6.1 Berechnen Sie aus den unter 1.6.0 gegebenen Größen den Betrag der spezifischen Ladung eines Elektrons. Führen Sie dabei eine Einheitenumrechnung durch.
- 4 1.6.2 Erläutern Sie zwei Möglichkeiten, wie der Radius r der Kreisbahn vergrößert werden kann.

Fortsetzung III

BE 2.0



Ein vertikal aufgestellter Metallzylinder mit dem Radius $R = 6,0 \text{ cm}$ trägt die positive Ladung Q . Diese Ladung Q erzeugt in der Umgebung des Metallzylinders ein elektrisches Feld. Eine kleine Kugel mit der Masse $m = 0,50 \text{ g}$, die an einem Faden mit der Länge $\ell = 1,36 \text{ m}$ hängt, wird elektrisch geladen. Das Kügelchen trägt dann die Ladung $q = -4,0 \cdot 10^{-9} \text{ C}$ und wird daher vom positiv geladenen Metallzylinder angezogen. Bei der Auslenkung s stellt sich für die kleine Kugel eine neue Gleichgewichtslage ein. Hier befindet sich die Kugel im Abstand r von der Zylinderachse. Ausgelenkt wird die kleine Kugel durch die elektrische Kraft \vec{F}_{el} , die horizontal und zur Zylinderachse hin gerichtet ist. Siehe nebenstehende, nicht maßstabsgetreue Skizze. Die Masse des Fadens ist vernachlässigbar klein.

9 2.1

Bei der Durchführung des unter 2.0 beschriebenen Versuchs werden die Auslenkung s der kleinen Kugel und ihr Abstand r zur Zylinderachse gemessen. Bei einem bestimmten Abstand r erhält man für die Auslenkung den Wert $s = 1,0 \text{ cm}$. Berechnen Sie mithilfe eines Kräfteplans den Betrag F_{el} der Kraft \vec{F}_{el} und den Betrag E der Feldstärke \vec{E} , die von der Ladung Q am Ort des ausgelenkten Kügelchens erzeugt wird.

[Teilergebnis: $F_{el} = 3,6 \cdot 10^{-5} \text{ N}$]

2.2.0

Der Versuch aus 2.0 wird nun für verschiedene Abstände r durchgeführt und dabei die Abhängigkeit des Betrags E der elektrischen Feldstärke \vec{E} vom Abstand r untersucht. Man erhält folgende Ergebnisse:

Messung Nr.	1	2	3	4
r in cm	7,0	8,0	10,0	14,0
E in $\frac{\text{kV}}{\text{m}}$	10,3	9,0	7,2	5,1

5 2.2.1

Bestätigen Sie durch eine graphische Auswertung der Messreihe, dass gilt:

$$E = k \cdot \frac{1}{r}, \text{ wobei } k \text{ konstant, d.h. unabhängig von } r \text{ ist.}$$

2 2.2.2

Bestimmen Sie die Konstante k aus dem Diagramm von 2.2.1 .

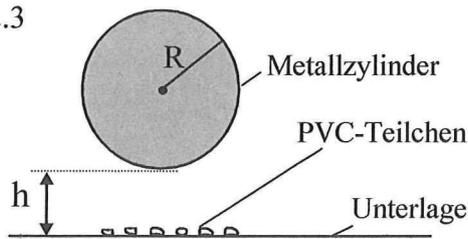
[mögliches Ergebnis: $k = 7,2 \cdot 10^2 \text{ V}$]

2 2.2.3

Der Punkt P_0 liegt auf der Oberfläche des Metallzylinders.

Berechnen Sie den Betrag E_0 der im Punkt P_0 auftretenden elektrischen Feldstärke \vec{E}_0 .

6 2.3



Der Metallzylinder (Radius $R = 6,0 \text{ cm}$), der immer noch die Ladung Q trägt, ist nun in der Höhe $h = 1,8 \text{ cm}$ über einer Unterlage horizontal angeordnet. Er kann von der ungeladenen Unterlage negativ geladene PVC-Teilchen nach oben ziehen. Diese Teilchen bleiben dann an dem Metallzylinder haften. Die Kräfte zwischen den geladenen PVC-Teilchen sind zu vernachlässigen.

Ermitteln Sie mithilfe des Ergebnisses von 2.2.2, wie groß der Betrag der spezifischen Ladung $\frac{q}{m}$ eines negativ geladenen PVC-Teilchens mindestens sein muss, damit es vom elektrisch geladenen Metallzylinder angehoben und aufgenommen werden kann.