

Fachabiturprüfung 2012 zum Erwerb der Fachhochschulreife an
Fachoberschulen und Berufsoberschulen

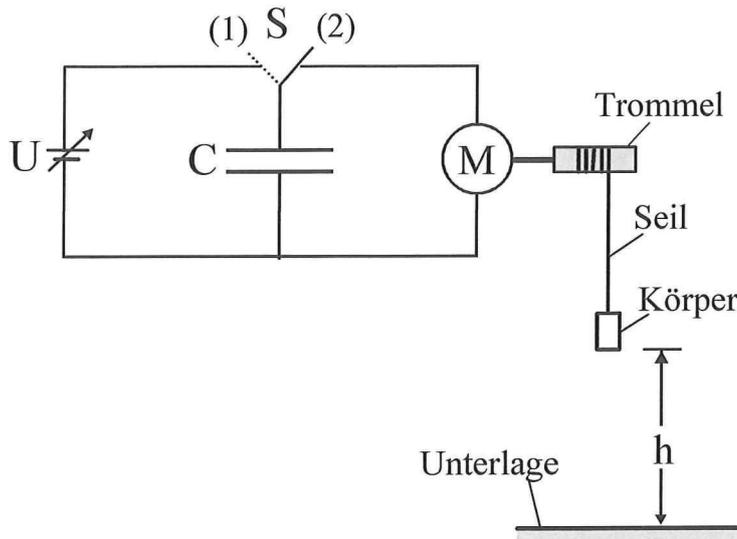
PHYSIK

Ausbildungsrichtung Technik

Dienstag, 22. Mai 2012, 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 Kondensator mit der Kapazität $C = 10 \text{ mF}$ dient als Energiespeicher, mit dem ein Elektromotor M betrieben werden kann. Siehe oben stehende Skizze.

In Schalterstellung (1) wird der Kondensator durch eine Gleichspannungsquelle auf die Spannung U aufgeladen. Dabei nimmt der Kondensator die Ladung Q auf, im Kondensator wird die elektrische Energie W_{el} gespeichert.

Wird der Schalter S in die Stellung (2) umgelegt, so wird dem Elektromotor die Energie W_{el} zugeführt. Über ein Getriebe versetzt der Motor eine Trommel in Drehung. Dadurch wird ein Seil auf die Trommel aufgewickelt und ein am unteren Ende des Seils befestigter Körper von der Unterlage aus in die Höhe h angehoben.

Der Körper besitzt die Masse $m = 100 \text{ g}$. Der Motor mit Getriebe hat den Wirkungsgrad η .

- 4 1.1 Der Kondensator wird auf die Spannung $U = 12,0 \text{ V}$ aufgeladen. Berechnen Sie die Ladung Q und die elektrische Energie W_{el} , die der Kondensator aufnimmt.
- 3 1.2 Die Höhe h , in die der Motor den Körper anheben kann, ist abhängig von der Spannung U , auf die der Kondensator aufgeladen wurde.

Weisen Sie durch allgemeine Rechnung nach, dass gilt: $h = \frac{\eta \cdot C \cdot U^2}{2 \cdot m \cdot g}$, wobei g der Betrag der Fallbeschleunigung \vec{g} ist.

- 1.3.0 Der Zusammenhang zwischen h und U wird experimentell untersucht. Man erhält folgende Messergebnisse:

U in V	4,00	7,50	10,0	12,0
h in cm	7,4	26,0	46,4	66,8

- 5 1.3.1 Untersuchen Sie durch graphische Auswertung der Messreihe, wie h von U abhängt.
- 3 1.3.2 Geben Sie den Zusammenhang zwischen h und U in Form einer Gleichung an und bestimmen Sie die in der Gleichung auftretende Konstante k aus dem Diagramm von 1.3.1.

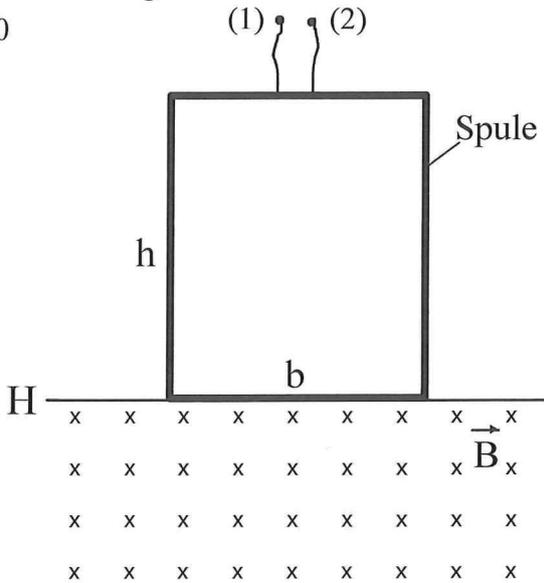
$$[\text{Ergebnis: } k = 4,6 \cdot 10^{-3} \frac{\text{m}}{\text{V}^2}]$$

- 4 1.3.3 Berechnen Sie den Wirkungsgrad η des Motors mit Getriebe aus der Konstanten k .
- 3 1.4 Zum Kondensator mit der Kapazität $C = 10 \text{ mF}$ wird ein zweiter Kondensator mit derselben Kapazität in Reihe geschaltet. An die Reihenschaltung aus den beiden Kondensatoren wird in Schalterstellung (1) die Spannung $U = 12,0 \text{ V}$ angelegt. Die Energie, die die beiden Kondensatoren aufnehmen, wird dann in Schalterstellung (2) an den Motor abgegeben. Bestimmen Sie die Höhe h^* , in die nun der Körper angehoben wird.

BE

Fortsetzung I

2.0



Eine flache Induktionsspule mit der Windungszahl $N = 150$ hat einen rechteckigen Querschnitt mit der Breite $b = 5,0 \text{ cm}$ und der Höhe $h = 6,0 \text{ cm}$. Diese Spule steht senkrecht über einer Horizontalebene H , die ein homogenes Magnetfeld nach oben begrenzt (siehe nebenstehende Skizze).

Die magnetische Flussdichte \vec{B} ist zeitlich konstant und hat den Betrag $B = 240 \text{ mT}$.

Bei den folgenden Induktionsversuchen ist die Querschnittsfläche der Spule stets senkrecht zu den Magnetfeldlinien ausgerichtet.

2.1.0 Die Spule wird mit der konstanten Geschwindigkeit \vec{v} , die den Betrag $v = 1,5 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$ hat, vertikal nach unten in das Magnetfeld hineinbewegt. Zum Zeitpunkt $t_0 = 0 \text{ s}$ treten die unteren Querleiter der Spule in das Magnetfeld ein. Zum Zeitpunkt $t = 6,0 \text{ s}$ haben die unteren Querleiter der Spule das Magnetfeld noch nicht verlassen.

5 2.1.1 ϕ_{max} ist der Maximalwert des magnetischen Flusses ϕ bei der Abwärtsbewegung der Spule. Berechnen Sie ϕ_{max} und zeichnen Sie das t - ϕ -Diagramm für $0 \text{ s} \leq t \leq 6,0 \text{ s}$.

4 2.1.2 Die zwischen den Spulenden (1) und (2) auftretende Induktionsspannung $U_{i,1}$ hat den Betrag U_1 . Stellen Sie den zeitlichen Verlauf von U_1 für $0 \text{ s} \leq t \leq 6,0 \text{ s}$ graphisch dar.

2.2.0 Die Spule befindet sich wieder, wie in 2.0 beschrieben, über der Horizontalebene H . Ab dem Zeitpunkt $t_0 = 0 \text{ s}$ lässt man nun die Spule aus der Ruhe heraus frei fallen. Zum Zeitpunkt t_v ist die Spule soeben vollständig in das Magnetfeld eingetaucht.

2 2.2.1 Beim Eintauchen der Spule in das Magnetfeld wirken auf ein Elektron in einem unteren Querleiter zusätzlich zur Gewichtskraft zwei weitere Kräfte. Nennen Sie diese beiden Kräfte und geben Sie deren Richtungen an.

5 2.2.2 Zeigen Sie ausgehend von einem Kraftansatz, dass für den Betrag U_2 der während der Eintauchphase zwischen den Spulenden (1) und (2) auftretenden Induktionsspannung $U_{i,2}$ gilt:

$$U_2 = N \cdot B \cdot b \cdot v_F$$
, wobei v_F der Betrag der momentanen Fallgeschwindigkeit \vec{v}_F ist.

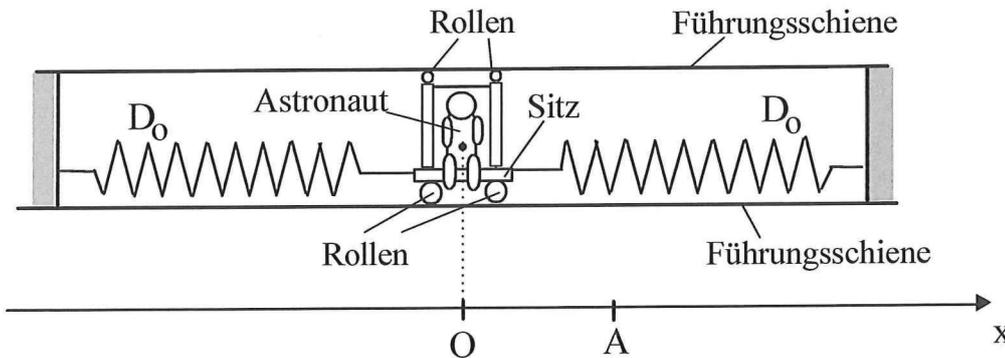
6 2.2.3 Im Zeitintervall $[t_v; 0,14 \text{ s}]$ befindet sich die Spule vollständig im Magnetfeld. Berechnen Sie den Zeitpunkt t_v und zeichnen Sie das t - U_2 -Diagramm zu dem unter 2.2.0 beschriebenen Induktionsversuch für $0 \text{ s} \leq t \leq 0,14 \text{ s}$.
 Maßstab für die t -Achse: $0,02 \text{ s} \hat{=} 1 \text{ cm}$

2.3.0 Die Enden (1) und (2) der Spule werden leitend verbunden. Die kurzgeschlossene Spule hat den ohmschen Widerstand R . Man lässt die kurzgeschlossene Spule noch einmal in das Magnetfeld hineinfallen.

2 2.3.1 Während die Spule in das Magnetfeld eintaucht, fließt durch die Spule ein Induktionsstrom. Geben Sie den Umlaufsinn des Induktionsstromes an. Begründen Sie Ihre Antwort.

4 2.3.2 Begründen Sie, dass die Beschleunigung der kurzgeschlossenen Spule beim Eintauchen in das Magnetfeld nicht konstant ist.

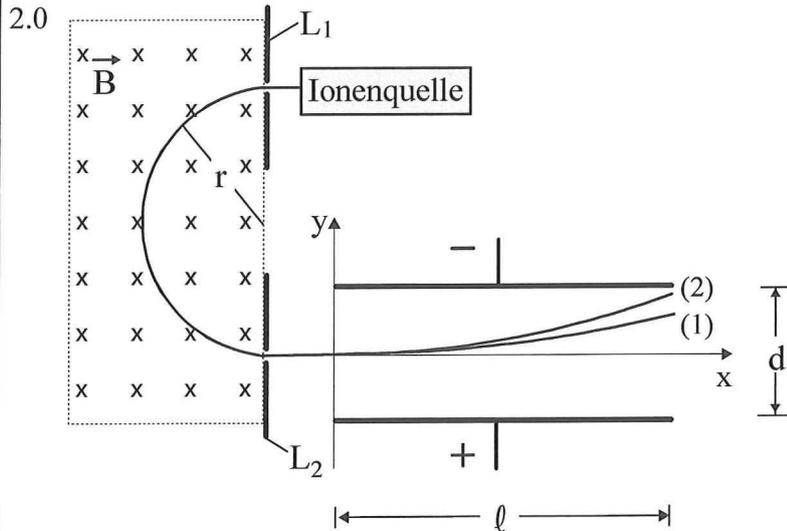
- BE 1.0 Die Raumstation ISS ist das zurzeit größte künstliche Flugobjekt im Erdorbit. Ihre mittlere Flughöhe über der Erdoberfläche beträgt $h = 350 \text{ km}$. Für die folgenden Aufgaben soll angenommen werden, dass sich ISS antriebslos auf einer Kreisbahn um die Erde bewegt. Die Erde hat die Masse $m_E = 5,977 \cdot 10^{24} \text{ kg}$ und den Radius $r_E = 6,368 \cdot 10^6 \text{ m}$.
- 5 1.1 Leiten Sie aus dem Gravitationsgesetz eine Formel her, mit der sich der Betrag v der Bahngeschwindigkeit der Raumstation ISS aus den unter 1.0 gegebenen Größen berechnen lässt. Berechnen Sie v mit dieser Formel.
- 3 1.2 Die Raumstation benötigt für einen vollen Umlauf die Zeit T . Berechnen Sie T in der Einheit Stunden.
- 4 1.3 Die Masse eines Astronauten wird auf der Erde mithilfe einer Balkenwaage gemessen. Zu den regelmäßigen medizinischen Kontrolluntersuchungen an Bord der Raumstation gehört es auch, dass immer wieder die Masse des Astronauten bestimmt wird. Erläutern Sie, warum an Bord der Raumstation die Masse des Astronauten nicht mit einer Balkenwaage bestimmt werden kann.
- 1.4.0 Die untenstehende Skizze zeigt eine Anordnung („Astronautenwaage“), mit der die Masse m eines Astronauten an Bord der Raumstation bestimmt werden kann. Der Astronaut nimmt auf einem Sitz Platz, der zwischen zwei Schraubenfedern mit der Federkonstanten $D_0 = 3,8 \cdot 10^2 \frac{\text{N}}{\text{m}}$ eingespannt ist. Jede der beiden Federn ist um 60 cm vorgedehnt. Der Astronaut, der Sitz und die beiden Federn bilden ein schwingungsfähiges System. Ein Kollege lenkt den Sitz mit dem Astronauten um $A = 46 \text{ cm}$ aus und lässt dann den Sitz zum Zeitpunkt $t_0 = 0 \text{ s}$ aus der Ruhe heraus los. Der Sitz mit dem Astronauten schwingt nun harmonisch mit der Periodendauer $T = 2,0 \text{ s}$ um die Ruhelage O hin und her. Die Reibung in den Rollenlagern und die Reibung zwischen den Rollen und den Führungsschienen sind vernachlässigbar klein. Die potenzielle Energie des schwingungsfähigen Systems sei dann gleich null, wenn sich der Sitz mit dem Astronauten in der Ruhelage O befindet.



- 5 1.4.1 Berechnen Sie anhand eines Kräfteplans den Betrag F der Kraft \vec{F} , die der Kollege ausüben muss, um dem Sitz mit dem Astronauten die Elongation $A = 46 \text{ cm}$ zu erteilen.
- 4 1.4.2 Das unter 1.4.0 beschriebene schwingungsfähige System hat die Richtgröße $D = 7,6 \cdot 10^2 \frac{\text{N}}{\text{m}}$. Der Sitz selbst besitzt die Masse $m_S = 10 \text{ kg}$. Berechnen Sie die Masse m des Astronauten.
- 3 1.4.3 Berechnen Sie die Schwingungsenergie E_S des Systems. [Ergebnis: $E_S = 80 \text{ J}$]
- 5 1.4.4 Die kinetische Energie E_{kin} und die potenzielle Energie E_{pot} des schwingungsfähigen Systems sind abhängig von der Zeit t . Stellen Sie diese Abhängigkeiten für $0 \text{ s} \leq t \leq 2,0 \text{ s}$ in einem t - E -Diagramm dar.

BE

Fortsetzung II



Aus einer Ionenquelle treten einfach positiv geladene Ionen der Lithiumisotope ${}^6_3\text{Li}$ und ${}^7_3\text{Li}$ mit unterschiedlich großen Geschwindigkeiten aus. Diese Ionen treten durch eine Lochblende L_1 in ein homogenes Magnetfeld mit der zeitlich konstanten Flussdichte \vec{B} ein. In diesem Magnetfeld werden die Ionen so abgelenkt, dass sie einen Halbkreis durchlaufen. Ionen, die durch die Lochblende L_2 gelangen, treten mittig zu den Platten und senkrecht zu den Feldlinien in das homogene elektrische Feld eines

Plattenkondensators ein und bewegen sich in diesem Feld auf der Bahn (1) oder auf der Bahn (2). Die gesamte Anordnung befindet sich im Vakuum.

Die Masse eines ${}^7_3\text{Li}^+$ -Ions ist größer als die Masse eines ${}^6_3\text{Li}^+$ -Ions.

Die auf die Ionen wirkenden Gravitationskräfte können vernachlässigt werden.

2.1.0 Nur Ionen, deren Impuls einen bestimmten Betrag p hat, passieren die Lochblende L_2 .

B sei der Betrag der magnetischen Flussdichte \vec{B} und r der Radius des Halbkreises, auf dem sich Ionen bewegen, deren Impuls den Betrag p hat.

4 2.1.1 Nennen Sie die Kraft, die ein Ion im Magnetfeld auf einen Halbkreis lenkt, und bestätigen Sie, dass gilt: $p = e \cdot B \cdot r$

2 2.1.2 Berechnen Sie p für $B = 170 \text{ mT}$ und $r = 6,0 \text{ cm}$.

2.2.0 Die Platten des Kondensators sind quadratisch und haben die Seitenlänge $\ell = 8,0 \text{ cm}$; der Plattenabstand beträgt $d = 2,0 \text{ cm}$. Am Kondensator liegt die Spannung $U = 70 \text{ V}$ an.

Ein Ion habe beim Eintritt in das elektrische Feld die Geschwindigkeit \vec{v}_0 mit dem Betrag v_0 .

5 2.2.1 Zeigen Sie, dass sich die Flugbahn dieses Ions bezüglich des in der Skizze von 2.0 angegebenen x-y-Koordinatensystems durch folgende Gleichung beschreiben lässt:

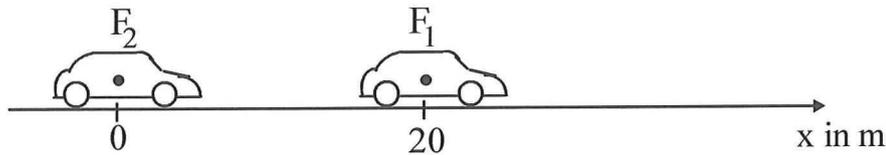
$$y = \frac{e \cdot U}{2 \cdot m \cdot d \cdot v_0^2} \cdot x^2 \quad \text{für } 0 \leq x \leq \ell$$

6 2.2.2 In das elektrische Feld des Kondensators gelangen nur diejenigen Ionen, deren Impuls \vec{p}_0 den Betrag $p_0 = 1,6 \cdot 10^{-21} \text{ Ns}$ hat. Bei der Bewegung durch das elektrische Feld werden die Ionen nach oben abgelenkt. Ionen des Lithiumisotops ${}^7_3\text{Li}$ erfahren bis zum Austritt aus dem elektrischen Feld die Ablenkung $s = 8,0 \text{ mm}$.

Berechnen Sie mithilfe des Ergebnisses von 2.2.1 die Masse m eines solchen Ions und den Betrag v_0 seiner Eintrittsgeschwindigkeit. [Teilergebnis: $m = 1,1 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$]

4 2.2.3 Begründen Sie, dass die Geschwindigkeit $\vec{v}_{0,6}$ eines Ions des Lithiumisotops ${}^6_3\text{Li}$ beim Eintritt in das elektrische Feld größer ist als die Eintrittsgeschwindigkeit $\vec{v}_{0,7}$ eines Ions des Lithiumisotops ${}^7_3\text{Li}$, und erläutern Sie, welche der Bahnen (1) und (2) welchem Lithiumisotop zugeordnet werden muss.

BE 1.0



Auf einer geradlinigen und horizontal verlaufenden Straße hat sich bei dichtem Verkehr eine Fahrzeugkolonne gebildet. Die Fahrzeuge bewegen sich mit einer konstanten Geschwindigkeit \vec{v}_0 , die den Betrag $v_0 = 90,0 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ hat.

Zum Zeitpunkt $t_0 = 0\text{s}$ befindet sich das Fahrzeug F₁ gerade am Ort mit der x-Koordinate $x_1(0\text{s}) = 20\text{m}$ und beginnt ab diesem Zeitpunkt zu bremsen. Die dabei auftretende Verzögerung \vec{a}_1 ist konstant und hat den Betrag $a_1 = 4,00 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$.

Das Fahrzeug F₂ befindet sich zum Zeitpunkt t_0 am Ort mit der x-Koordinate $x_2(0\text{s}) = 0\text{m}$. Nach einer Reaktionszeit von einer Sekunde, also ab dem Zeitpunkt $t_R = 1,0\text{s}$ betätigt der Fahrer des Fahrzeugs F₂ die Bremsen. Die Verzögerung \vec{a}_2 des Fahrzeugs F₂ ist ebenfalls konstant, hat aber den Betrag $a_2 = 5,00 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$.

Die Ortskoordinaten für die beiden Fahrzeuge beziehen sich jeweils auf die Fahrzeugmitte. Die beiden Fahrzeuge sind gleich lang; die Fahrzeuglängen betragen $\ell = 4,50\text{m}$.

Zwischen den Fahrzeugen F₁ und F₂ kommt es zu keinem Auffahrunfall.

4 1.1 Das Fahrzeug F₁ kommt zum Zeitpunkt t_1 zum Stillstand, das Fahrzeug F₂ zum Zeitpunkt t_2 . Berechnen Sie die Zeitpunkte t_1 und t_2 . [Teilergebnis: $t_2 = 6,0\text{s}$]

4 1.2 v_1 sei der Betrag der Momentangeschwindigkeit \vec{v}_1 des Fahrzeugs F₁, v_2 der Betrag der Momentangeschwindigkeit \vec{v}_2 des Fahrzeugs F₂. Stellen Sie in einem t-v-Diagramm den zeitlichen Verlauf von v_1 für $0 \leq t \leq t_1$ und den zeitlichen Verlauf von v_2 für $0 \leq t \leq t_2$ dar.

4 1.3 Zu einem Zeitpunkt t^* , zu dem sich die Fahrzeuge F₁ und F₂ noch bewegen, sind die Geschwindigkeiten \vec{v}_1 und \vec{v}_2 gleich groß. Berechnen Sie den Zeitpunkt t^* . [Ergebnis: $t^* = 5,0\text{s}$ - siehe auch t-v-Diagramm]

5 1.4.1 Berechnen Sie den Abstand d der beiden Fahrzeugmitten für den Zeitpunkt t^* . [Ergebnis: $d(t^*) = 10\text{m}$]

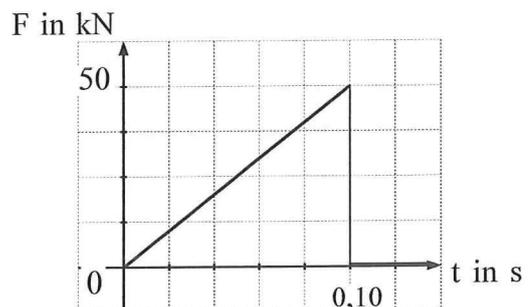
3 1.4.2 Bestätigen Sie die unter 1.0 aufgestellte Behauptung, dass das Fahrzeug F₂ nicht auf das Fahrzeug F₁ auffährt.

1.5.0 Am Ende der Fahrzeugkolonne rollt ein Auto A₂ antriebslos und stößt mit der Geschwindigkeit \vec{v}_A zentral auf das vor ihm stehende Auto A₁. Die Bremsen der beiden Fahrzeuge sind gelöst. Das Auto A₁ hat die Masse $m_1 = 1,00\text{t}$, das Auto A₂ die Masse $m_2 = 1,25\text{t}$. Reibungskräfte sind zu vernachlässigen.

Die Aufprallgeschwindigkeit \vec{v}_A hat den Betrag $v_A = 4,0 \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

Die Dauer des Stoßes beträgt $\Delta t = 0,10\text{s}$.

Die Kraft \vec{F} , die dabei das Auto A₂ auf das Auto A₁ ausübt, hat einen Betrag F, dessen zeitlicher Verlauf im nebenstehenden t-F-Diagramm dargestellt ist.



Fortsetzung siehe nächste Seite

BE Fortsetzung III

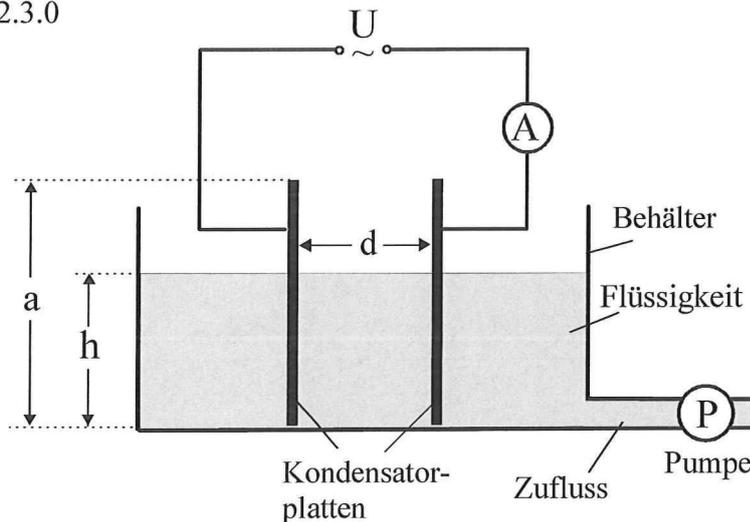
- 4 1.5.1 Das Auto A_1 wird durch den Stoß auf die Geschwindigkeit \bar{u}_1 beschleunigt. Bestätigen Sie mithilfe des unter 1.5.0 vorgegebenen t-F-Diagramms, dass die Geschwindigkeit \bar{u}_1 den Betrag $u_1 = 2,5 \frac{m}{s}$ hat.
- 4 1.5.2 Bestimmen Sie den Betrag und die Richtung der Geschwindigkeit \bar{u}_2 , die das Auto A_2 unmittelbar nach dem Stoß besitzt.

2.0 Ein Kondensator mit der Kapazität C wird an einen Sinusgenerator angeschlossen, der die Wechselspannung $U(t) = \hat{U} \cdot \sin(2\pi \cdot f \cdot t)$ mit dem Scheitelwert \hat{U} und der Frequenz f liefert. Der ohmsche Widerstand des Wechselstromkreises ist vernachlässigbar klein.

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 2.2 Zeigen Sie, dass der Effektivwert I_{eff} der Stromstärke I im Wechselstromkreis direkt proportional zur Kapazität C des Kondensators ist.

2.3.0



Die nebenstehende Skizze zeigt den prinzipiellen Aufbau einer Vorrichtung zur automatischen Füllstandsregelung. Zur Messung der Füllstandshöhe h einer nicht leitenden Flüssigkeit mit der Dielektrizitätszahl ϵ_r ($\epsilon_r > 1$) wird ein Plattenkondensator verwendet. Er besteht aus zwei vertikal aufgestellten quadratischen Metallplatten mit der Seitenlänge $a = 90,0 \text{ cm}$. Der Plattenabstand beträgt $d = 15,0 \text{ cm}$. Der Raum zwischen den Platten ist bis zur Höhe h mit der Flüssigkeit gefüllt.

Am Kondensator liegt eine sinusförmige Wechselspannung U mit dem Effektivwert $U_{\text{eff}} = 30,0 \text{ V}$ und der Frequenz $f = 200 \text{ kHz}$.

5 2.3.1 Berechnen Sie die Kapazität C_0 des Kondensators und den Effektivwert $I_{\text{eff},0}$ der Stromstärke I im Wechselstromkreis für den Fall, dass sich keine Flüssigkeit im Behälter befindet.
[Teilergebnis: $C_0 = 47,8 \text{ pF}$]

5 2.3.2 Die Kapazität C des bis zur Höhe h mit Flüssigkeit gefüllten Kondensators kann mit folgender Formel berechnet werden: $C = \frac{\epsilon_0 \cdot a}{d} \cdot [a + (\epsilon_r - 1) \cdot h]$.
Leiten Sie diese Formel her. Erläutern Sie dabei Ihre Ansatzidee.

3 2.3.3 Begründen Sie, dass der Effektivwert I_{eff} der Stromstärke I anwächst, wenn die Flüssigkeit in den Behälter eingefüllt wird.

3 2.3.4 Die Pumpe am Zufluss zum Behälter soll abgeschaltet werden, sobald die Füllhöhe h den Wert $h_{\text{max}} = 85,0 \text{ cm}$ erreicht. Die Dielektrizitätszahl der Flüssigkeit beträgt $\epsilon_r = 2,70$. Berechnen Sie für diesen Fall den Effektivwert I_{eff} der Stromstärke I .