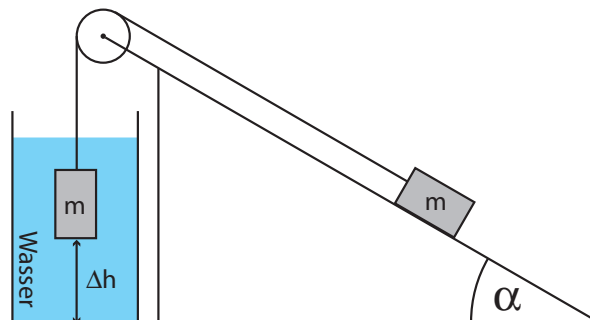


- Prüfungsdauer: 4h
- Erlaubte Hilfsmittel: Taschenrechner TI-nspire CAS
Der Rechner muss im Press-to-Test-Modus sein.
Formelsammlung
- Bemerkungen: Beginnen Sie jede Aufgabe auf einem neuen Blatt!
Die formale Lösung gehört zur Lösung dazu.
Bei jeder Aufgabe steht die maximale Punktezahl.
-

Aufgabe 1 - Schiefe Ebene - (10 Punkte)

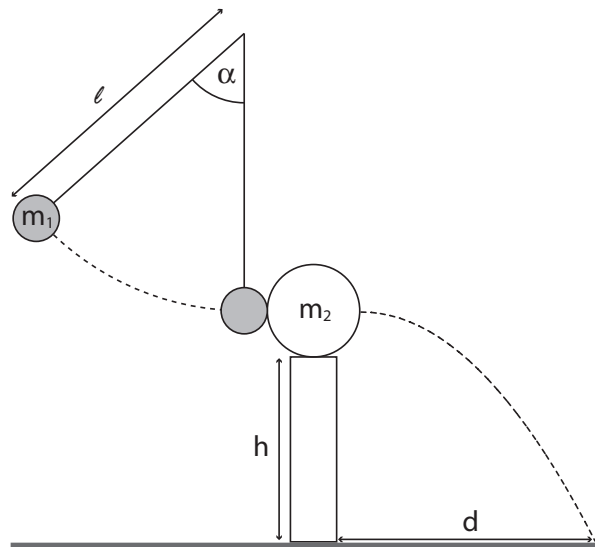
Gegeben ist die gezeichnete Anordnung mit einer schiefen Ebene, einem Wasserbehälter und zwei identischen Quadern. Die Masse und Reibung der Umlenkrolle kann vernachlässigt werden.



- a) Vernachlässigen Sie die Reibung zwischen dem Quader und der schiefen Ebene, so befindet sich die Anordnung bei einem Winkel von $\alpha = 39.1^\circ$ im Gleichgewicht. Bestimmen Sie die Dichte des Materials der beiden Quader. (3 P.)
- b) Wie verändert sich die Gleichgewichtsanordnung aus Teilaufgabe a), wenn die Reibung nicht vernachlässigt wird? Begründen Sie genau aber ohne Berechnung. (1.5 P.)
- c) Wird nun der Wasserbehälter entfernt, setzt sich die Anordnung in Bewegung. Der linke Quader befindet sich zu Beginn $\Delta h = 20.0$ cm über dem Boden. Wie lange dauert es, bis dieser Quader auf dem Boden auftrifft (ohne Berücksichtigung der Reibung)? (3 P.)
- d) Wie lange dauert es, bei gleichem Winkel α , wenn der Gleitreibungskoeffizient zwischen dem Quader und der schiefen Ebene $\mu_G = 0.200$ beträgt? (2.5 P.)

Aufgabe 2 - Pendelwurf - (10 Punkte)

Ein Pendel mit der Pendellänge $\ell = 90.0$ cm wird um den Winkel $\alpha = 60.0^\circ$ aus seiner Ruhelage ausgelenkt und aus dieser Lage ohne Anfangsgeschwindigkeit losgelassen. In der senkrechten Lage prallt die Pendelmasse $m_1 = 125$ g vollkommen elastisch auf eine Kugel der Masse $m_2 = 625$ g. Nach dem Stoss spickt das Pendel wieder zurück und erreicht eine grösste Auslenkung $\beta < \alpha$. Die Kugel fliegt waagrecht von einer vertikalen Stütze der Höhe $h = 1.10$ m herunter und landet in einer Entfernung d . Betrachten Sie die Pendelmasse und die Kugel als Massepunkte.



- Mit welcher Geschwindigkeit trifft die Pendelmasse m_1 auf die Kugel? (3 P.)
- Bestimmen Sie die Geschwindigkeiten der Pendelmasse u_1 und der Kugel u_2 nach dem Stoss. (2 P.)
- Bestimmen Sie den Winkel β nach dem Stoss. (1 P.)
- Berechnen Sie die Flugweite d der Kugel? (2 P.)
Hinweis: Konnten Sie Teilaufgabe b) nicht lösen, nutzen Sie $u_2 = 1.00$ m/s.
- Mit welcher Geschwindigkeit und unter welchem Winkel (zur Horizontalen) trifft die Kugel auf dem Boden auf? (2 P.)

Aufgabe 3 - Kreisprozess - (11 Punkte)

Im Zylinder einer Wärmekraftmaschine befindet sich 1.50 mol Sauerstoff (O_2) in einem Volumen $V_1 = 8.00 \text{ dm}^3$ bei einem Druck $p_1 = 10.0 \text{ bar}$. Das Gas wird zuerst isochor auf die halbe Temperatur abgekühlt. Danach wird das Gas über eine isotherme Kompression und eine isobare Expansion in den Anfangszustand zurückgeführt.

Pro Memoria - Für einen isothermen Prozess gilt: $\Delta Q = \Delta W = n \cdot R \cdot T \cdot \ln\left(\frac{V_E}{V_A}\right)$

- Bestimmen Sie die Temperatur T_1 im Anfangszustand. (1 P.)
- Berechnen Sie die Zustandsgrößen des Gases nach der isothermen Kompression sowie der isobaren Expansion. (3 P.)
- Zeichnen Sie das $p(V)$ -Diagramm für den ganzen Prozess. (1.5 P.)
- Berechnen Sie die Nutzarbeit, die zugeführte Wärme und den Wirkungsgrad des Kreisprozesses. (3 P.)

Das isochor abgekühlte Gas soll statt durch einen isothermen und einen isobaren Prozess durch einen adiabatischen und einen isobaren Übergang in den Anfangszustand zurückgeführt werden.

- Berechnen Sie den neuen Zwischenzustand (V_3^* , T_3^*) und skizzieren Sie diesen mit einer anderen Farbe im gezeichneten $p(V)$ -Diagramm. (2.5 P.)

Aufgabe 4 - Wechselstromschaltung - (10 Punkte)

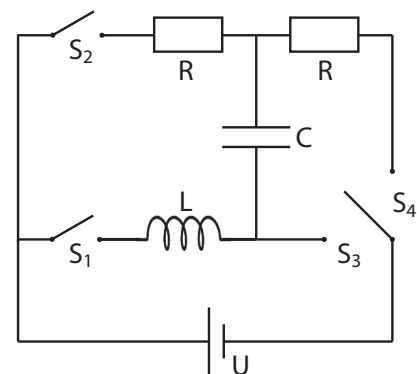
Gegeben ist die gezeichnete Schaltung mit einer idealen Spule, einem Kondensator und zwei identischen Widerständen.

Der Effektivwert der angelegten Spannung ist $U_{eff} = 18.0 \text{ V}$. Die Kapazität des Kondensators beträgt $C = 8.33 \mu\text{F}$.

Wenn nur die Schalter S_1 und S_3 geschlossen sind, beträgt die effektive Stromstärke $I_{13} = 75.0 \text{ mA}$.

Wenn nur die Schalter S_2 und S_3 geschlossen sind, beträgt die effektive Stromstärke $I_{23} = 60.0 \text{ mA}$.

Wenn nur die Schalter S_1 und S_4 geschlossen sind, beträgt die effektive Stromstärke $I_{14} = 100 \text{ mA}$.



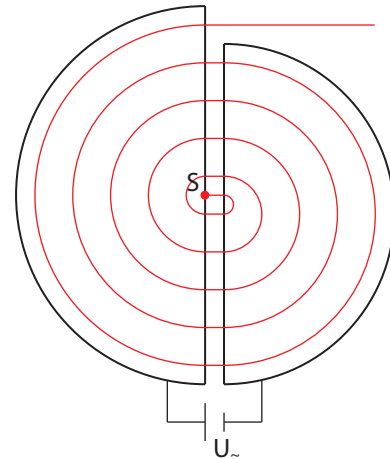
- Zeigen Sie, dass die Frequenz so gewählt ist, dass die Stromstärke I_{14} maximal ist. Berechnen Sie diese Resonanzfrequenz sowie den Widerstand R und die Induktivität L der Spule. (6 P.)

Nun werden die Schalter S_1 , S_2 und S_3 geschlossen.

- Berechnen Sie den Betrag des Wechselstromwiderstandes und die Phasenverschiebung zwischen der Stromstärke I und der Spannung U . (4 P.)

Aufgabe 5 - Zyklotron - (6 Punkte)

Ein Zyklotron (siehe Skizze) dient zur Beschleunigung geladener Teilchen auf nichtrelativistische Geschwindigkeiten. Es besteht im wesentlichen aus zwei D-förmigen Elektroden, die sich mit der flachen Seite der "D's" in geringem Abstand gegenüberliegen. Das Zyklotron wird mit einem homogenen Magnetfeld B (senkrecht zu den "D's") und einer Wechselspannung konstanter Frequenz (zwischen den "D's") betrieben. Die Teilchen werden in der Mitte durch die Teilchenquelle S emittiert und im Spalt zwischen den "D's" beschleunigt.



Im vorliegenden Zyklotron werden Protonen beschleunigt. Die Beschleunigungsspannung beträgt $U = 20.0 \text{ kV}$ und das Magnetfeld $B = 1.50 \text{ T}$.

- In welche Richtung zeigt das Magnetfeld innerhalb der "D's"? (1 P.)
- Welchen Zuwachs an kinetischer Energie (in Elektronvolt eV) erhalten die Protonen bei einem ganzen Umlauf? Wie gross ist die Geschwindigkeit nach dem ersten Umlauf? (2 P.)
- Welchen Radius muss das Zyklotron mindestens haben, damit man mit ihm Protonen auf 10.0% der Lichtgeschwindigkeit beschleunigen kann? Welche Energie (in eV) haben die Protonen dann? Wie viele Umläufe werden dafür benötigt? (3 P.)

Aufgabe 6 - Schwingende Schraubenfeder - (7 Punkte)

Hinweis: Bei Schwingungen wird die momentane Phase im Bogenmass angegeben.

An einer Schraubenfeder hängt eine schwere Pendelmasse m . Durch eine vertikal nach unten wirkende Kraft $F = 31.6 \text{ N}$ wird die Pendelmasse zunächst um die Strecke $y_0 = 8.00 \text{ cm}$ aus ihrer Gleichgewichtslage ausgelenkt. Nach dem Loslassen führt sie eine Schwingung mit der Periode $T = 0.500 \text{ s}$ aus. Es sei $t = 0$ der Zeitpunkt, zu dem sich die Pendelmasse nach oben durch die Gleichgewichtslage bewegt.

- Wie gross ist die Federkonstante der Schraubenfeder? (1 P.)
- Welche Masse hat die an der Schraubenfeder hängende Pendelmasse? (1 P.)
- Wo befindet sich die Pendelmasse zum Zeitpunkt $t = 0.200 \text{ s}$? (1 P.)
- Wie gross ist die maximale Beschleunigung der Pendelmasse? (1 P.)

Wenn die Pendelmasse ihren tiefsten Punkt erreicht hat, werde ein kleiner Kieselstein auf sie gelegt, der aber keinen Einfluss auf die Schwingung habe.

- Bei welcher Auslenkung aus der Gleichgewichtslage der Pendelmasse verliert der Kieselstein seinen Kontakt zum Körper? (3 P.)

Aufgabe 7 - Polonium 210 - (10 Punkte)

Ein radioaktives Präparat enthält Polonium ^{210}Po . Bei Polonium handelt es sich um einen Alphastrahler mit einer Halbwertszeit von 138 Tagen. Zu Beginn einer Messung beträgt die Aktivität des Präparats $2.00 \cdot 10^8 \text{ Bq}$.

- a) Wie lautet die Zerfallsgleichung von ^{210}Po ? Berechnen Sie die bei diesem Zerfall frei werdende Energie (in eV). (4 P.)
- b) Als maximale kinetische Energie der von ^{210}Po emittierten α -Teilchen wird in der Formelsammlung 5.30 MeV angegeben. Geben Sie eine mögliche Ursache für den Unterschied zur in Teilaufgabe a) berechneten Energie an. (1 P.)
- c) Wie gross ist die gesamte Masse des ^{210}Po , welche im Präparat enthalten ist? (1.5 P.)
- d) Eine Messung mit dem Präparat dauert 3 Tage. Wie viele Teilchen zerfallen während der Messdauer? (1.5 P.)
- e) Die tödliche Äquivalentdosis von inkorporiertem Polonium beträgt 10.0 Sv. Zeigen Sie, dass diese Dosis mit dem vorliegenden Präparat bei einer Person von 70.0 kg nach 3 Tagen bereits überschritten würde. (2 P.)