

Maturprüfung 2023

Physik

Klasse / Kurs: 4a / Dr. Markus Stähelin

Anzahl Seiten
(ohne Deckblatt): 8

Inhalt: 8 Aufgaben

**Anweisungen/
Erläuterungen:** Für jede Aufgabe ist ein neues Blatt zu verwenden

Hilfsmittel:

- Taschenrechner TI 84 (grafikfähig), alle Speicher gelöscht
- Gelbe Formelsammlung DMK
- Hauseigene Formelsammlung («die kleine Grüne»)

Bewertung: Es können insgesamt 54 Punkte erzielt werden.
Für 46 Punkte wird die ungerundete Note 6 vergeben.

Bevor Sie mit dem Lösen der Aufgaben beginnen, kontrollieren Sie bitte, ob die Prüfung gemäss obiger Aufstellung vollständig ist. Sollten Sie der Meinung sein, dass etwas fehlt, melden Sie dies bitte **umgehend** der Aufsicht.

1) Der Solar-Bag (2+2+2 = 6 Punkte)

Der Solar-Bag ist eine Art "fliegender Kübelsack": Eine schwarze, dünne Plastikfolie ($m = 400\text{ g}$) bildet einen 15 m langen Schlauch mit 90 cm Durchmesser. Wenn sich die im Schlauch eingeschlossene Luft genügend erwärmt, steigt die Riesenwurst weit hinauf. Die Aussentemperatur sei 22°C , der Luftdruck beträgt 1013 mbar . Zu Anfang wird der Schlauch nur zu 90% des maximal möglichen Volumens mit Umgebungsluft gefüllt, bevor er zugeknötet wird. Dies, damit die sich ausdehnende Luft genügend Platz darin hat.



Hinweis: Die Molmasse für Luft beträgt $m_{\text{Luft}} = 29.0\text{ g/mol}$

- Wie gross ist die Masse der eingeschlossenen Luft?
- Die Temperatur der eingeschlossenen Luft erhöht sich auf 28°C . Der Solar-Bag erhebt sich vom Boden. Wie gross ist dabei die Auftriebskraft?
- Wie heiss muss die Luft im Innern mindestens werden, damit der Flugkörper abhebt?

2) Die DART-Mission (2+4 = 6 Punkte)

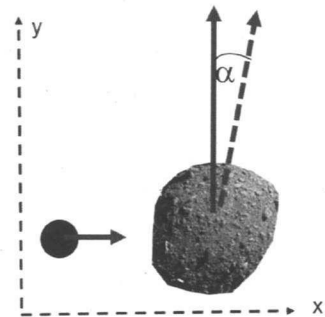
Am 27. September 2022 gelang es erstmals, mit einem Geschoss einen Asteroiden abzulenkten. Im Rahmen der DART - Mission von der NASA schlug ein 600 Kilogramm schwerer, nur wenige Meter grosser Raumflugkörper mit 6.6 km/s den Asteroiden Dimorphos ($5 \cdot 10^9$ kg) ein, welcher sich mit einer Geschwindigkeit von 0.174 m/s bewegt.

- a) In einer Zeitung hiess es „Der Raumflugkörper ist mit der Gewalt eines Airbus 380 auf Dimorphos eingeschlagen“. Auf welche physikalische Grösse bezieht sich die Formulierung „Gewalt“? Beantworten Sie diese Frage mit einem zahlenmässigen Vergleich.

Hinweis: Ein Airbus 380 hat rund 420 t Masse und ist mit rund 900 km/h unterwegs.

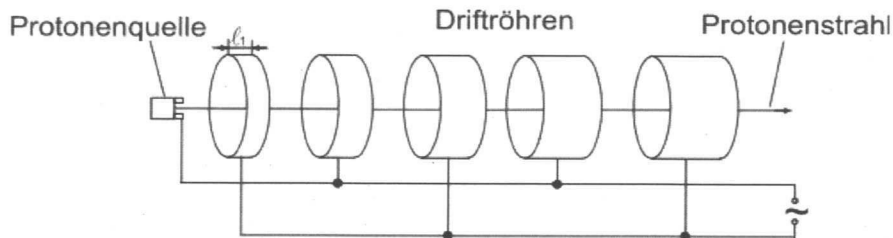
Der Einfachheit halber wird im Folgenden angenommen, dass der Asteroid sich in y-Richtung bewegt und der Raumflugkörper zentral und senkrecht auf den Asteroiden einschlägt (siehe Skizze). Nach dem Aufprall bleiben beide Körper verhaftet (inelastischer Stoss).

- b) Um welchen Winkel α wird der Asteroid abgelenkt?



3) Der Linearbeschleuniger (2+2+3 = 7 Punkte)

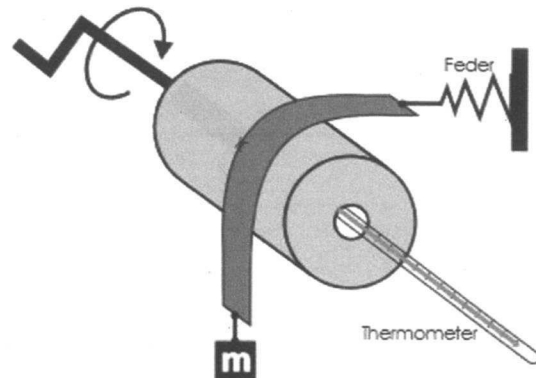
Linearbeschleuniger werden unter anderem zur Beschleunigung von Protonen eingesetzt, bevor diese in einen Kreisbeschleuniger gelangen. Im Bild ist der prinzipielle Aufbau eines Linearbeschleunigers dargestellt.



- a. Erklären Sie die Funktionsweise des Linearbeschleunigers mithilfe der Abbildung. Verlangt werden 2 – 4 gehaltreiche Sätze.
- b. Protonen mit vernachlässigbarer Anfangsgeschwindigkeit sollen durch einen Linearbeschleuniger auf die Energie $E = 50 \text{ MeV}$ beschleunigt werden. Die Frequenz der beschleunigenden Wechselspannung beträgt $f = 200 \text{ MHz}$, die Spannung zwischen den Driftröhren während des Beschleunigungsvorgangs wird zur Vereinfachung als konstant mit $U_B = 400 \text{ kV}$ angenommen. T sei die Zeit, die vom Eintritt in eine Driftröhre bis zum Eintritt in die nächstfolgende Driftröhre verstreicht, ℓ_1 sei die Länge der 1. Driftröhre.
 - b1) Berechnen Sie die erforderliche Anzahl von Driftröhren.
 - b2) Berechnen Sie die Länge der Driftröhre nach dem ersten Beschleunigungs-Vorgang (ℓ_1) und nach dem zehnten Beschleunigungsvorgang (ℓ_{10}), wenn man annimmt, dass die Protonen die Zeit $t = 0.5 T$ zum Durchlaufen einer Driftröhre benötigen

4) Bestimmung der Wärmekapazität (2+2+2 = 6 Punkte)

Mit der abgebildeten Anordnung kann die Wärmekapazität c eines zylinderförmigen Körpers bestimmt werden. Dazu wird der Körper mit einer Kurbel in Rotation versetzt. Ein Band, das durch die Wirkung einer Feder und einer Zugmasse straff an den Zylinder anliegt, reibt am Zylinder. Bei geeignet gewählter Drehzahl und Drehrichtung entspannt sich die Feder vollständig.



Der Körper hat zu Anfang Umgebungstemperatur. Im Experiment wird dann die Kurbel n – mal gedreht und mit einem Thermometer wird anschliessend die Temperaturerhöhung ΔT gemessen. r sei der Radius des Zylinders, M die Masse des zylinderförmigen Körpers, m die Masse der Zugmasse.

- Leiten Sie eine Formel für die Wärmekapazität c in Abhängigkeit von den Grössen n , ΔT , r , M und m her.
- Durch den Wärmeaustausch mit der Umgebung kommt es zu einem systematischen Fehler. Wird dann der Messwert für c eher zu hoch oder eher zu klein? Begründen Sie die Antwort.
- Bei Messing weicht der Messwert in der Regel stärker vom Tabellenwert ab als bei Kupfer. Was könnte der Grund sein?

5) Myonen vom Himmel (2+1+3 = 6 Punkte)

Die kosmische Strahlung erzeugt durch die Wechselwirkung mit den Atomen der oberen Atmosphäre in ca. 10 km Höhe energiereiche Teilchen. Sie werden Myonen genannt und leben nur während sehr kurzer Zeit (Halbwertszeit im Ruhesystem des Myons $1.52 \mu\text{s}$). Obwohl sie sich annähernd mit Lichtgeschwindigkeit fortbewegen, würden klassisch gesehen auf dem Weg zum Erdboden praktisch alle Myonen zerfallen. Tatsächlich aber werden, z.B. am

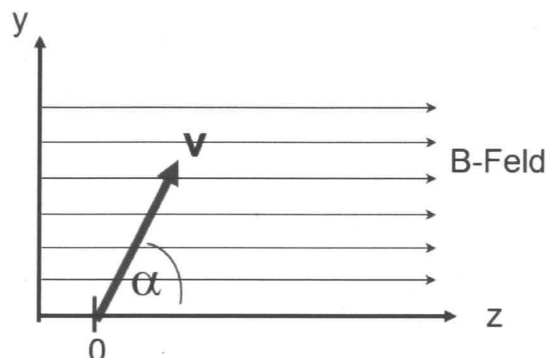


Südpol - mit einem riesigen Messgerät, das sich in einem Bohrloch bis 2000 m unter der Eisoberfläche befindet - diese Teilchen in grösserer Zahl nachgewiesen!

- a) Nach welcher Strecke auf dem Weg zum Erdboden wären nach klassischer Rechnung gesehen die Teilchen bereits zur Hälfte zerfallen? Wie viel Prozent der Myonen würden es bis zum Erdboden schaffen?
- b) Vom ruhenden Messgerät am Südpol aus gesehen vergrößert sich Halbwertszeit der Myonen wegen der relativistischen Zeitdilatation um den Faktor 8.
 - b1) Wie viel Prozent der Myonen schaffen es dann bis zum Erdboden?
 - b2) Mit welchem Prozentsatz der Lichtgeschwindigkeit bewegen sich somit die Myonen?

6) Teilchen auf der Kurve (2+2+2+1 = 7 Punkte)

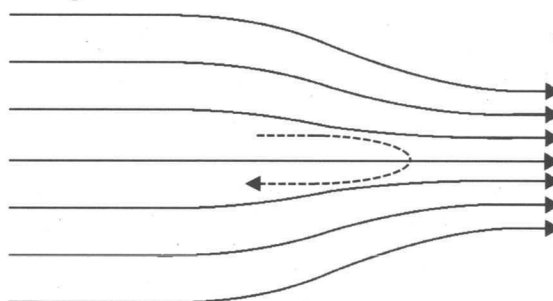
Ein geladenes Teilchen (Ladung Q , Masse m) wird bei der Stelle $z = 0$ mit der Geschwindigkeit v unter dem Winkel α zu den Feldlinien ein homogenes Magnetfeld der Stärke B eingeschossen. Die Feldlinien verlaufen in Richtung der z -Achse (siehe Skizze).



- Bei Einschuss senkrecht zu den Feldlinien ($\alpha = 90^\circ$) bewegt sich das Teilchen auf einer Kreisbahn. Leiten Sie aus einer Kräftebetrachtung die Formeln für Bahnradius $R = \frac{m \cdot v}{Q \cdot B}$ und Umlaufzeit $T = 2\pi \frac{m}{Q \cdot B}$ her.
- Das Teilchen wird jetzt schräg unter einem Winkel $\alpha < 90^\circ$ in das Magnetfeld eingeschossen. Zum Zeitpunkt $t = 0$ befindet sich das Teilchen bei der Stelle 0 auf der z -Achse. Bei welcher Stelle auf der z -Achse berührt das Teilchen das erste Mal wieder die z -Achse?

- Wir betrachten nun ein inhomogenes Magnetfeld, so wie es in der Skizze rechts dargestellt wird. Unter gewissen Bedingungen können Teilchen, die sich auf einer spiralförmigen Bahn nach rechts bewegen, zur Umkehr gezwungen werden.

Magnetfeldlinien



- Erklären Sie dies mit Hilfe der Lorentzkraft in einer Skizze und 1-2 Sätzen.

- Wie (falls überhaupt) verändert sich dabei die Geschwindigkeit der Teilchen? Begründen Sie ihre Antwort mit 1-2 Sätzen.

7) Spielplatz – Karussell (2+2+2+2 = 8 Punkte)

Auf dem scheibenförmigen Drehteller sitzt ein Mädchen. Der Bub möchte das Karussell in Bewegung setzen.

Annahmen:

- Scheibenförmiger Drehteller mit Masse $M = 120 \text{ kg}$ und Durchmesser $d = 2 \text{ m}$, Drehachse verläuft senkrecht zum Boden.
- Der Mittelpunkt der Masse des Mädchens ($m = 65 \text{ kg}$) befindet sich in 80 Zentimeter Abstand zur Scheibenmitte.
- Während der Zeit $t = 1.5 \text{ Sekunden}$ wirkt der Bub an der Aussenkante mit einer tangential wirkenden Kraft $F = 80 \text{ N}$



a) Berechnen Sie das gesamte Trägheitsmoment I von Scheibe und Mädchen. Die Massenverteilung des Mädchens soll durch einen Zylinder mit senkrecht verlaufender Zylinderachse angenähert werden, welcher einen Radius von 20 Zentimetern hat.

(Falls Sie a) nicht lösen konnten, rechnen Sie mit $I = 100 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$ weiter)

b) Um wieviel Grad hat sich der Drehteller nach 1.5 Sekunden Anschieben gedreht?

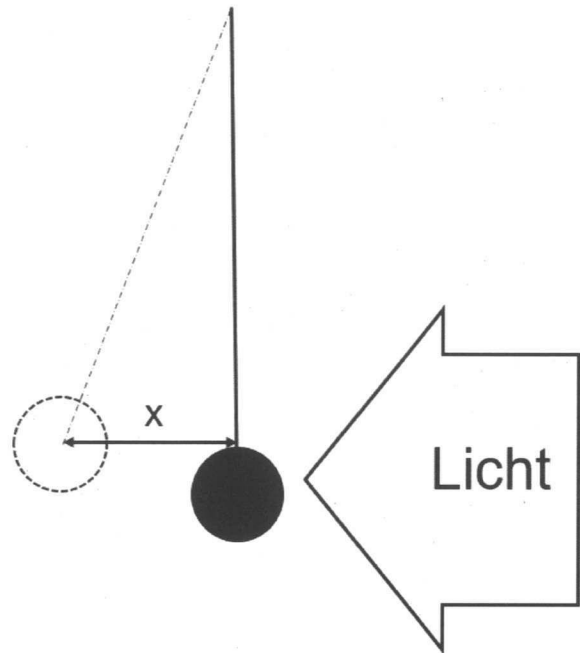
c) Der Bub hat nach dem Anschieben den Drehteller losgelassen, das Mädchen rotiert nun mit einer gewissen Umlauffrequenz. Jetzt rutscht das Mädchen auf dem Teller mehr gegen die Mitte hin.

c1) Warum verändert sich dann die Umlauffrequenz?

c2) Wenn das Mädchen den Abstand zur Scheibenmitte auf 40 cm verkleinert: Um welchen Faktor verändert sich dann die Umlauffrequenz?

8) Sonne drückt gegen Pendel (3 + 3 + 2) = 8 Punkte)

Die Skizze (nicht massstabsgetreu) zeigt ein Experiment zum Nachweis des Strahlungsdrucks der Sonne. Eine schwarze Styroporkugel mit 10 cm Durchmesser hängt an einem langen Faden. Der Abstand vom Kugelmittelpunkt bis zum Aufhängepunkt beträgt 2 Meter. Die Kugel wird in horizontaler Richtung von rechts mit Sonnenlicht bestrahlt. Das Licht hat die Intensität $I = 1000 \text{ W/m}^2$. Das Styropor hat die Dichte $\rho = 30 \text{ kg/m}^3$. Damit Luftströmungen nicht stören, findet das Ganze im luftleeren Raum statt. Mit geeigneten Methoden wie z.B. der Laser-Interferometrie lassen sich dann Verschiebungen im Mikrometerbereich messen.



a) Mit welcher Kraft F wirken die Photonen auf die Kugel? Verwenden Sie eine mittlere Wellenlänge von $\lambda = 550 \text{ nm}$.

(Falls Sie a) nicht lösen konnten, rechnen Sie mit $F = 20 \text{ nN}$ weiter)

b) Wie gross ist die Verschiebung x , welche sich bei der Bestrahlung im Kraftgleichgewicht einstellt?

c) Wenn die Styroporkugel nicht schwarz, sondern perfekt verspiegelt wäre: Wie – falls überhaupt – würde sich die Krafteinwirkung auf die Kugel verändern? Argumentieren Sie mit einer Skizze und 2-4 gehaltvollen Sätzen. Eine Rechnung wird nicht erwartet.