
Nachklausur zur Experimentalphysik 1

Prof. Dr. F. Pfeiffer

Wintersemester 2013/2014

28. März 2014

Zugelassene Hilfsmittel:

- 1 Doppelseitig handbeschriebenes DIN A4 Blatt
- 1 nichtprogrammierbarer Taschenrechner

Bearbeitungszeit 90 Minuten. Es müssen nicht alle Aufgaben vollständig gelöst sein, um die Note 1,0 zu erhalten.

Aufgabe 1 (4 Punkte)

Eine Stahlkugel ($m_1 = 500\text{g}$) ist an einer 70cm langen Schnur befestigt. Die Schnur wird horizontal gespannt und die Kugel losgelassen. In dem Moment, in dem die Kugel senkrecht hängt, trifft sie elastisch auf einen Stahlklotz ($m_2 = 2,5\text{kg}$), der sich reibungslos auf seiner Unterlage bewegen kann.

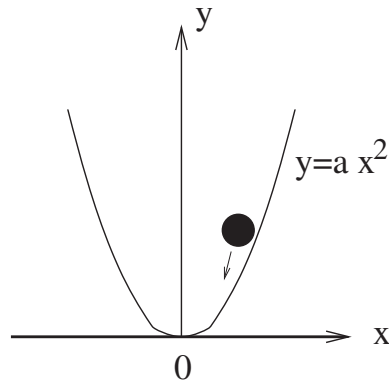
- (a) Wie groß ist die Geschwindigkeit der Kugel unmittelbar nach dem Stoß?
- (b) Wie groß ist die Geschwindigkeit des Klotzes unmittelbar nach dem Stoß?

Aufgabe 2 (4 Punkte)

Der kleine Prinz möchte auf seinem Himmelskörper häufiger einen Sonnenuntergang erleben und träumt davon, die Rotationsrate des Planetoiden zu erhöhen. Die schnellstmögliche Rotation ist dadurch gegeben, dass für einen Körper am Äquator die Gravitationsanziehung größer sein muss als die Fliehkraft, sonst wird der Planetoid zerstört.

- (a) Berechnen Sie die größtmögliche Rotationsfrequenz f als Funktion der Massendichte ρ des Planetoiden. Nehmen Sie an, dass der Planetoid eine Kugel mit konstanter Dichte ist ($V_{\text{Kugel}} = 4/3\pi r^3$).
- (b) Berechnen Sie (näherungsweise), wie viele Sonnenuntergänge der Kleine Prinz bei maximaler Rotationsfrequenz an einem Erdtag ($\approx 10^5\text{s}$) erleben könnte. (Gravitationskonstante $G \approx 2 \cdot 10^{-10}\text{m}^3/\text{kg} \cdot \text{s}^2$, homogene Dichte des Planetoiden $\rho = 3,0\text{g}/\text{cm}^3$).
- (c) Mit welcher maximalen Frequenz könnte ein Neutronenstern mit einer 10^{14} -mal größeren Dichte rotieren?

Aufgabe 3 (7 Punkte)



Eine Olive (Masse m) wird in ein parabelförmiges Glas fallen gelassen ($y = ax^2$) und beginnt reibungsfrei in x -Richtung hin- und herzuschwingen. Den Nullpunkt des Koordinatensystems liegt im tiefsten Punkt des Glases.

- (a) Wie groß ist die potentielle Energie $U(x)$ der Olive?
- (b) Berechnen Sie aus $U(x)$ die Rückstellkraft und leiten Sie die Differentialgleichung für die Bewegung der Olive in x -Richtung her.
- (c) Mit welcher Kreisfrequenz ω schwingt die Olive im Glas?
- (d) Was ist die allgemeine Lösung der Differentialgleichung?
- (e) An dem Glas fährt ein Radfahrer mit der Geschwindigkeit u vorbei und beobachtet die Schwingung der Olive. Spontan definiert er ein eigenes Koordinatensystem (x', y', z') für sein Fahrrad so, dass die jeweiligen Koordinatenachsen parallel zu (x, y, z) stehen und die Koordinatenursprünge zum Zeitpunkt $t = 0$ übereinstimmen. Welche Differentialgleichung beschreibt die Bewegung der Olive in seinem Koordinatensystem? Wie lautet die allgemeine Lösung?

Aufgabe 4 (3 Punkte)

Ein Körper hat einen *neutralen* Auftrieb, wenn seine Dichte gleich der Dichte derjenigen Flüssigkeit ist, in der er sich befindet. Das bedeutet, dass der Körper weder schwimmt noch sinkt. Ein Taucher der Masse $m = 85\text{kg}$ habe eine Dichte von $\rho_T = 0,96 \cdot 10^3\text{kg/m}^3$.

- (a) Wieviel Masse Bleigewichte ($\rho_{Pb} = 11,3 \cdot 10^3\text{kg/m}^3$) müsste er dabei haben, damit er in Wasser ($\rho_W = 1 \cdot 10^3\text{kg/m}^3$) neutralen Auftrieb erfährt?
- (b) Wie viel Fehler machen Sie durch das vernachlässigen des Volumens der Bleigewichte?

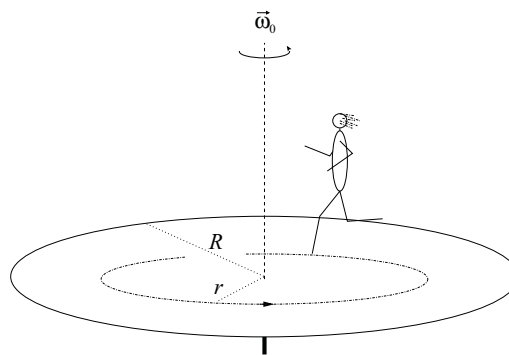
Aufgabe 5 (6 Punkte)

In einem Experiment lässt man zylinderförmige Getränkedosen mit einem Radius von 3cm eine schiefe Ebene, die einen Neigungswinkel von $\alpha = 20^\circ$ gegenüber der Horizontalen hat, eine Strecke der Länge $l = 1\text{m}$ herunter rollen.

Wie groß ist jeweils die Geschwindigkeit einer Dose nach dieser Strecke, wenn

- (a) sie (bei beliebig dünner Wandstärke, vernachlässigen Sie Deckel und Boden der Dose) leer ist und eine Masse von $m_D = 60\text{g}$ hat?
- (b) die Dose mit Wasser gefüllt ist ($m_W = 330\text{g}$, $m_D = 60\text{g}$ (Zwischen Wasser und Dosenwand soll keine Reibung auftreten, und das Wasser nicht mitrotieren))?
- (c) das Wasser in der Dose gefroren ist und somit mitrotiert?

Aufgabe 6 (7 Punkte)



Eine homogene Kreisscheibe mit dem Radius $R = 2,5\text{m}$ und der Masse $M = 100\text{kg}$ rotiert um die Achse, welche durch das Zentrum der Scheibe geht und ausserdem senkrecht zur Scheibe ist. Die Umlaufzeit beträgt $T = 8\text{s}$. Ein Junge mit $m = 30\text{kg}$ Körpergewicht steht auf der Kreisscheibe im Abstand $r = 2\text{m}$ von der Rotationsachse. Anfänglich rotiert er mit der Kreisscheibe, aber zur Zeit $t_0 = 0\text{s}$ beginnt er langsam mit tangentialer Geschwindigkeit (in Richtung der bereits vorhandenen Bewegung der Scheibe) auf einem Kreis mit Radius r zu gehen. Dadurch wird die Scheibe abgebremst. Die Beschleunigung des Jungen relativ zur Scheibe ist konstant und beträgt $a = 0,1\text{m/s}^2$. Der Junge läuft so lange, bis die Scheibe zum Zeitpunkt t_E für einen Moment nicht rotiert, dann bleibt er abrupt stehen. Der Junge wird als punktförmig angenommen.

- (a) Ist der Gesamtdrehimpuls erhalten? Begründen Sie kurz und ohne Rechnung. Woraus setzt sich hier der Gesamtdrehimpuls zusammen? Schreiben Sie diesen als Formel auf. (Hinweis: $I_{\text{Scheibe}} = \frac{1}{2}MR^2$)

- (b) Welche Geschwindigkeit v_E relativ zur Scheibe hat der Junge zum Zeitpunkt t_E ?
Hinweis: Betrachten Sie die zeitliche Änderung des Gesamtdrehimpulses des Systems aus Junge-Scheibe. Stellen Sie dann eine Beziehung zwischen der Winkelgeschwindigkeit der Scheibe und des Jungen auf.
- (c) Welche Energie musste der Junge bis zum Zeitpunkt t_E aufbringen?
- (d) Wie groß ist der Gesamtdrehimpuls des Systems Junge-Scheibe zur Zeit $t > t_E$?

Aufgabe 7 (5 Punkte)

Ein Student sitzt an einer Straße, an der ein Feuerwehrauto mit konstanter Geschwindigkeit v_f auf dem Weg zu einer Feuerwehrrübung vorbeifährt. Die Sirene des Feuerwehrautos habe die Frequenz f_f . Die vom Studenten während des Annäherns wahrgenommene Frequenz sei f_a und die beim Entfernen des Feuerwehrautos wahrgenommene Frequenz sei f_e .

- (a) Bestimmen Sie die Geschwindigkeit v_f des Feuerwehrautos in km/h und die Frequenz f_f des Sirenensignals als Funktion der Frequenzen f_a und f_e , und berechnen Sie deren Werte für $f_a = 480\text{Hz}$ und $f_e = 425\text{Hz}$. Die Schallgeschwindigkeit in Luft beträgt $v_s = 340\text{m/s}$.
- (b) Der Student folgt dem Feuerwehrauto auf seinem Fahrrad mit konstanter Geschwindigkeit $v_{St.} = 15\text{km/h}$. Dadurch ändert sich die von ihm wahrgenommene Frequenz auf den Wert f_1 . Wenig später ist das Feuerwehrauto am Übungsplatz angekommen, während der Student sich noch auf seinem Weg befindet. Nun nimmt der Student eine andere Frequenz f_2 wahr. Bestimmen Sie die Frequenzen f_1 und f_2 .

Aufgabe 8 (3 Punkte)

Wasser fließe mit 3m/s in einer horizontalen Röhre unter einem Druck von 200kPa . Die Röhre verenge sich an einer Stelle auf die Hälfte des ursprünglichen Durchmessers. Wie groß sind

- (a) die Geschwindigkeit des Wassers an der Verengung?
- (b) der Wasserdruck an der Verengung?