2. Probeklausur in Experimentalphysik 1

Prof. Dr. C. Back
Wintersemester 2021/22
25. Januar 2022

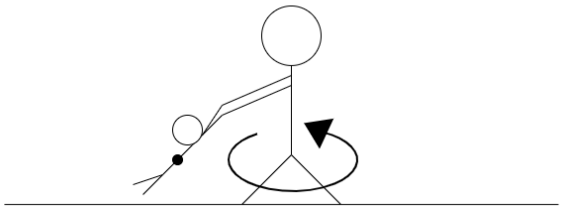
Zugelassene Hilfsmittel:

- 1 Doppelseitig handbeschriebenes DIN A4 Blatt
- 1 nichtprogrammierbarer Taschenrechner

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

Aufgabe 1 (8 Punkte)

Ein Mann steht am Rand eines Wasserbeckens in einem Freibad und wirbelt sein Kind, wie unten gezeigt, im Kreis herum. Der Schwerpunkt des Kindes ist $r = 86\,\mathrm{cm}$ senkrecht von der Drehachse entfernt und eine Umdrehung dauert $T = 1.5\,\mathrm{s}$. Betrachten Sie das Kind im folgenden vereinfacht als punktförmiges Teilchen.



(a) Zum Zeitpunkt $t_0 = 0$ lässt der Vater das Kind los. Berechnen Sie die horizontale Flugweite des Kindes bis zum Auftreffen auf der Wasseroberfläche, wenn sich diese $3\,\mathrm{m}$ unterhalb des Beckenrandes befindet.

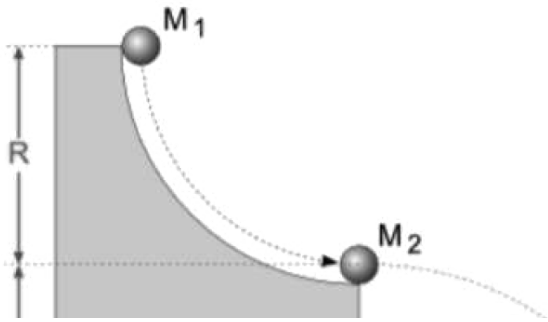
(b) Nehmen Sie an, dass das Kind bei $1\,\mathrm{m}$ Eintauchtiefe vollständig abgebremst ist. Nehmen sie an, dass im Wasser keine Graviation auf das Kind wirkt (Kind hat die gleiche Dichte wie Wasser). Wie stark ist die konstante Gesamtbeschleunigung, die das Wasser auf das Kind ausübt (in Einheiten von g).

Aufgabe 2 (13 Punkte)

Die oben liegende Kugel mit Masse M_1 folgt der Bahn und stößt mit der Masse M_2, siehe Abbildung. Die Massen sind Punktmassen.

(a) Gehen Sie zunächst vom zentralen elastischen Stoß aus. Welche Erhaltungsgrößen gelten? Leiten Sie her, dass die zweite Kugel direkt nach dem Stoß die Geschwindigkeit $v_2' = \sqrt{8gR} \cdot \frac{M_1}{M_1+M_2}$ besitzt.

(b) Wie groß muss das Massenverhältnis $\frac{M_1}{M_2}$ sein, um die erste Kugel bis auf ihre halbe Anfangshöhe zurückgleiten zu lassen?



(c) Rechnen Sie nun mit dem zentralen (total) inelastischen Stoß. Wie schnell ist die Kugel jetzt beim Abflug?

(d) Wie viel Energie ΔE geht in diesem Fall beim Stoß verloren?

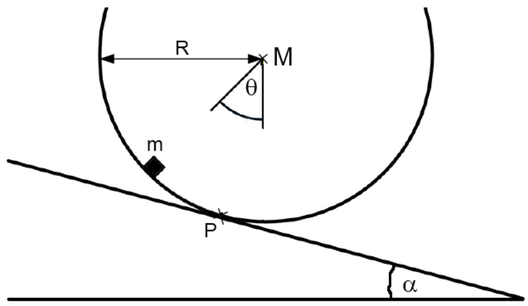
Aufgabe 3 (12 Punkte)

Auf einer schiefen Ebene mit Neigungswinkel α liegt ein Hohlzylinder mit Masse M und Radius R. In diesem Zylinder befindet sich ein ortsfester Block der Masse m (siehe Abbildung). Der Zylinder kann nur auf der Ebene rollen und nicht rutschen.

(a) Fertigen Sie eine Zeichnung an, in der Sie die wirkenden Kräfte und Hebelarme für die Drehmomente einzeichnen, wenn sich der Zylinder um den Auflagepunkt P drehen kann.

(b) Stellen Sie vektoriell die Kräfte $\vec{F}_i$ und Hebelarme $\vec{r}_i$ auf und bestimmen Sie daraus die um den Auflagepunkt wirkenden Drehmomente $\vec{D}_i$.

(c) Die Masse m sei so groß gewählt, dass der Zylinder die Ebene hinaufrollt. Bestimmen Sie den Winkel θ zur Vertikalen (siehe Abbildung) bei dem der Zylinder in Ruhe liegen bleibt (in Abhängigkeit von α, M und m).



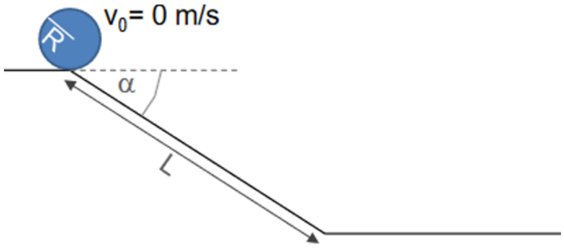
Aufgabe 4 (4 Punkte)

Ein 1000 m breiter Fluss fließt mit einer Geschwindigkeit von $2\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ in einer geographischen Breite von 55° (Nord) von Süd nach Nord. Wie groß ist der Pegelunterschied zwischen dem westlichen und dem östlichen Ufer?

Hinweis: Die Flussoberfläche stellt sich so ein, dass sie senkrecht zur wirkenden Gesamtkraft steht.

Aufgabe 5 (12 Punkte)

Ein leeres Bierfass mit Masse $m = 12\,\text{kg}$ und Radius $R = 18\,\text{cm}$ wird oberhalb einer Rampe, die $\alpha = 30°$ geneigt ist und eine Länge von $L = 5\,\text{m}$ hat (siehe Bild), aus dem Stand losgelassen und rollt die Rampe hinunter. Der Rollreibungskoeffizient $\mu_{\text{Roll}} = 0.02$ gilt auf allen Flächen.



(a) Welchen Geschwindigkeitsbetrag $|\vec{v}_1|$ hat das Fass am Ende der Rampe (Rollreibung muss berücksichtigt werden)?

(b) Welche Strecke L_2 rollt das Fass vom Ende der Rampe bis zum Stillstand?

(c) Würde ein mit Flüssigkeit der Masse $m_2 = 50\,\text{kg}$ gefülltes Fass weiter, gleich weit oder weniger weit rollen? Gehen Sie davon aus, dass sich das Wasser im Fass nicht mitdreht und keine Reibung im Fass herrscht. Begründen Sie über Rechnung.

Aufgabe 6 (4 Punkte)

Zwei homogene Zylinderscheiben (m, r_1, ω_1 und m, r_2, ω_2) rotieren parallel zueinander um dieselbe Achse. Nun werden die beiden Scheiben entlang der Achse aneinander geschoben, bis sie sich berühren und durch Reibung ihre Winkelgeschwindigkeiten komplett angleichen.

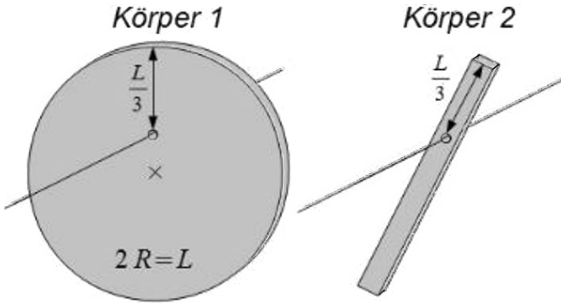
(a) Wie groß ist dann die neue Winkelgeschwindigkeit ω?

(b) Welcher Bruchteil der Anfangsenergie geht verloren?

Tipp: Was ist hier eine Erhaltungsgröße?

Aufgabe 7 (12 Punkte)

Im Folgenden sind verschiedene flache, homogene Körper drehbar an einer Achse im Schwerefeld mit Erdbeschleunigung g aufgehängt.



(a) Stellen Sie die Differentialgleichung für den Auslenkungswinkel eines beliebigen aufgehängten starren Körpers mit Masse M und Trägheitsmoment I_A bezüglich der Drehachse auf. Lösen Sie die Differentialgleichung in der Kleinwinkelnäherung mit Hilfe eines Exponentialansatzes und leiten Sie die Kreisfrequenz $\omega = \sqrt{\frac{Mgd_s}{I}}$ her, wobei d_s der Abstand des Aufhängepunkts vom Schwerpunkt sei.

(b) Berechnen Sie das Trägheitsmoment I_1 einer Scheibe ($I_S = \frac{1}{8}ML^2$ bzgl. ihres Schwerpunktes) bezüglich einer Drehachse, die $\frac{1}{3}L$ vom Rand entfernt ist. Geben Sie die Schwingungsdauer T des Scheibenpendels an.

(c) Berechnen Sie explizit durch Integration das Trägheitsmoment I_2 eines Stabes der Länge L und Masse M (Körper 2) bezüglich der Drehachse, die $\frac{1}{3}L$ von einem Ende entfernt ist. Geben Sie die Schwingungsdauer T des Stangenpendels an.

Aufgabe 8 (11 Punkte)

Ein waagrecht fliegendes Projektil mit Masse m dringe mit Geschwindigkeit v_0 in ein mit Flüssigkeit gefülltes Gefäß ein. In diesem Gefäß wirkt eine Reibungskraft, die entweder proportional zum Betrag der Geschwindigkeit v ist (Stokes-Reibung) oder proportional zum Quadrat der Geschwindigkeit v^2 ist (Newton-Reibung).

(a) Stellen Sie in beiden Fällen die Bewegungsgleichung auf und bestimmen daraus eine Differentialgleichung für v.

(b) Lösen Sie jeweils die Differentialgleichung für v.

(c) Wie weit dringt das Projektil jeweils maximal in das Gefäß ein?