

Diplomvorprüfung zur Vorlesung Experimentalphysik I

Prof. Dr. M. Stutzmann, 09.09. 2004

Bearbeitungszeit: 90 min
Umfang: 7 Aufgaben
Gesamtpunktzahl: 45

Erklärung:

Ich erkläre mich damit einverstanden, dass mein Prüfungsergebnis zusammen mit meiner Matrikelnummer (ohne Namen) zur Vereinfachung des Informationsflusses im Internet einsehbar ist.

Garching, den 09.09.2004

Name (in Druckschrift):

Matrikelnummer:

Unterschrift:

Nützliche Integrale (evtl. wird eins benötigt):

$$\int \sin^4 x dx = \frac{3}{8}x - \frac{1}{4}\sin 2x + \frac{1}{32}\sin 4x$$

$$\int \frac{1}{\sin^4 x} dx = \frac{1}{3} \frac{\cos x}{\sin^3 x} - \frac{2}{3} \cot x$$

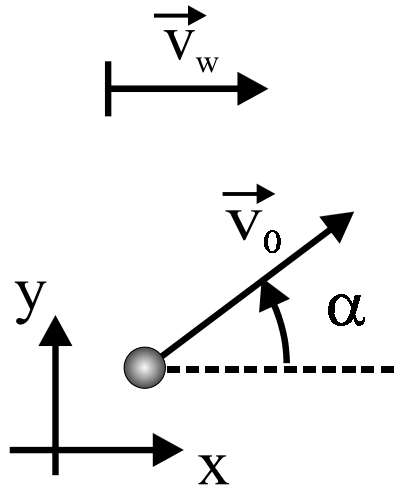
$$\int \cos^4 x dx = \frac{3}{8}x + \frac{1}{4}\sin 2x + \frac{1}{32}\sin 4x$$

$$\int \frac{1}{\cos^4 x} dx = \frac{1}{3} \frac{\sin x}{\cos^3 x} + \frac{2}{3} \tan x$$

Aufgabe 1: Steinschleuder (6 Punkte)

Ein Stein wird unter einem Winkel α gegen die Horizontale und einer Geschwindigkeit \vec{v}_0 abgeschossen. In x -Richtung weht ein konstanter Wind der Geschwindigkeit $\vec{v}_w = 0.5 \cdot \vec{v}_0$ (siehe Skizze). Im Folgenden soll von Stokes'scher Reibung ausgegangen werden (Reibungskoeffizient β).

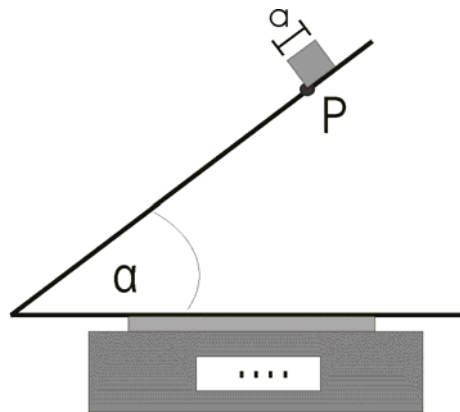
- Welcher Wert muss für den Winkel α gewählt werden, damit der Stein eine reibungsfreie Bewegung in x -Richtung ausführt?
- Stellen Sie die Bewegungsgleichung in y -Richtung auf (berücksichtigen Sie hierbei die Reibung) und lösen Sie diese! Zum Zeitpunkt $t = 0$ befinde sich der Stein im Koordinatenursprung.
- Welche Bewegung führt der Stein qualitativ in einem Koordinatensystem aus, das sich mit dem Wind mitbewegt?



Aufgabe 2: Schiefe Ebene (4 Punkte)

Eine schiefe Ebene mit Neigungswinkel $\alpha = 60^\circ$ ist fest auf einer Waage montiert. Ein Holzstück der Masse m wird zunächst durch eine Verankerung am Punkt P auf der schiefen Ebene fixiert. Die Waage wird so einjustiert, dass sie gerade die Masse des Holzstückes anzeigt.

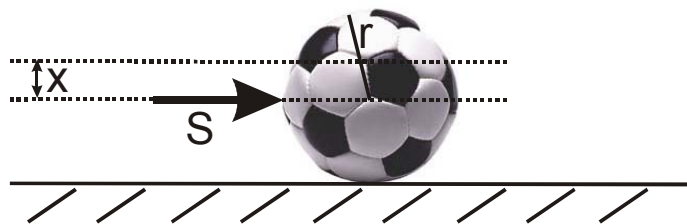
Nun wird die Verankerung gelöst und das Holzstück gleitet reibungsfrei die schiefe Ebene hinunter. Welchen Wert zeigt die Waage nach dem Lösen der Verankerung an (die Masse der Verankerung sei zu vernachlässigen)?



Aufgabe 3: Fußball (9 Punkte)

Eine ruhender Fußball (Masse m , Radius r) wird horizontal sehr kurz gestoßen, wobei der Kraftstoß S übertragen wird. Der stoßende Fußballschuh trifft den Fußball zentral. Betrachten Sie den Fußball als ideale Hohlkugel.

- Welche Translations- und welche Rotationsgeschwindigkeit besitzt der Fußball unmittelbar nach dem Stoß?
- Wie ändern sich Translations- und Rotationsgeschwindigkeit mit der Zeit, wenn der Gleitreibungskoeffizient zwischen Fußball und Boden gleich μ_g ist?
- Welche Zeit nach dem Stoß setzt reine Rollreibung ein?
- In welcher Höhe x über dem Mittelpunkt muss der Fußball – wieder bei horizontaler Stoßrichtung – getroffen werden, damit er von Anfang an nur rollt?



Das Trägheitsmoment einer Hohlkugel mit Masse m beträgt $\Theta = \frac{2}{3}mr^2$.

Aufgabe 4: Morse Potential (6 Punkte)

Das Morse Potential ist ein empirisches Potential, das das interatomare Potential in Molekülen beschreibt. Es ist durch den folgenden Ausdruck gegeben:

$$U(r) = D \cdot \left(1 - e^{-\alpha(r-r_i)}\right)^2$$

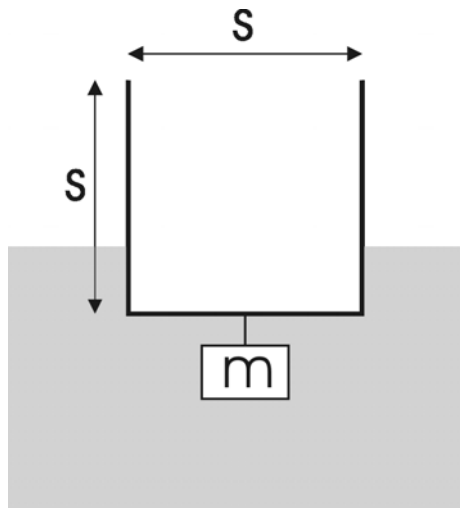
Dabei ist r_i der Gleichgewichtsabstand, α und D sind Konstanten.

- a) Entwickeln Sie $U(r)$ um $r = r_i$ bis zum quadratischen Glied. Vergleichen Sie mit dem Potential eines harmonischen Oszillators.
- b) Bestimmen Sie die Grenzwerte von $U(r)$ für $r \rightarrow \infty$ und für $r \rightarrow 0$ und skizzieren Sie die Form des Potentials. Warum sind die Grenzwerte unterschiedlich? Was ist die Bedeutung des Grenzwertes $r \rightarrow 0$?
- c) Ein Teilchen mit der maximalen kinetischen Energie E oszilliere im oben angegebenen Potential $U(r)$. Was passiert für den Fall $E \rightarrow D$ und was bedeutet das für das durch $U(r)$ beschriebene Molekül?

Aufgabe 5: Sinkendes Schiff (8 Punkte)

Ein idealisiertes Schiff besteht aus einem oben offenen, dünnwandigen Würfel mit den Seitenlängen $s = 1\text{ m}$. Damit es auf dem Wasser stabil schwimmt, wird an seinem Boden eine Kielmasse $m = 10\text{ kg}$ angebracht. Vernachlässigen Sie im Folgenden die Masse des Schiffes und den Auftrieb der Kielmasse. Das Wasser soll als ideale (reibungsfreie) Flüssigkeit behandelt werden ($\rho_{\text{Wasser}} = 1000\text{ kg/m}^3$).

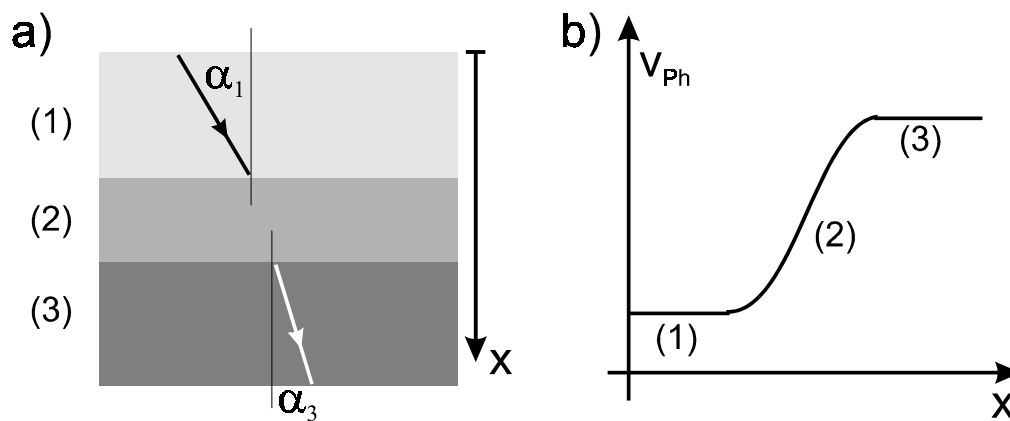
- Wie tief taucht das Schiff ins Wasser ein?
- Nun wird am Boden des Schiffes ein Loch mit einem Durchmesser $d = 2\text{ cm}$ geöffnet, so dass dieses beginnt vollzulaufen. Wie groß ist die Druckdifferenz am Boden des Schiffes, die das Wasser durch das Loch drückt und wie ändert sich diese mit der Zeit während des Vollaufens?
- Wie lange dauert es, bis das Schiff vollständig eintaucht und zu sinken beginnt?



Aufgabe 6: Signalübertragung (4 Punkte)

Ein Signal (z.B. Licht, Schallwelle) breitet sich von Medium (1) durch ein Medium (2) in ein Medium (3) aus. Die Ausbreitungsrichtung in Medium (1) schließt hierbei einen Winkel α_1 mit der Flächennormalen ein (Bild a). Die Phasengeschwindigkeiten des Signals in den Medien verhalten sich zueinander wie $v_{Ph}(1) < v_{Ph}(2) < v_{Ph}(3)$.

- Welchen Einfluss hat Medium (2) auf den Austrittswinkel α_3 ? Begründen Sie Ihre Antwort.
- Wie groß ist der Austrittswinkel α_3 , wenn die Phasengeschwindigkeit in Medium (2) nicht konstant ist (siehe Bild b)?



Aufgabe 7: Invertiertes Jojo

Ein Jojo (siehe Skizze a) bestehe aus drei Kreisscheiben gleicher Dichte ρ , gleichen Radien R , jedoch unterschiedlichen Dicken h_1 und h_2 , die so gewählt sind, dass die Massen M der drei Einzelteile gleich sind. Eine Kreisscheibe befindet sich zwischen den beiden anderen, wobei die äußeren Scheiben jeweils einen quadratischen Ausschnitt der Kantenlänge R besitzen.

- Berechnen Sie das Trägheitsmoment **einer** Kreisscheibe mit einem solchen Ausschnitt in Abhängigkeit von M und R .
- Ermitteln Sie das gesamte Trägheitsmoment des Jojos.

Entlang seiner Symmetrieachse wird das Jojo an (masselose) Drähte (Torsionfeder) mit der Winkelrichtgröße D fixiert. Die Winkelrichtgröße ist die Proportionalitätskonstante zwischen Drehmoment und Auslenkwinkel. Die beiden anderen Enden der Drähte werden an Halterungen befestigt. Um den Umfang des Jojos ist ein (masseloser) Faden gewickelt, an dessen Ende eine weitere Masse M aufgehängt ist (siehe Skizze b).

- Nun wird das Jojo um seine Symmetrieachse ausgelenkt (der Draht verdrillt sich hierbei) und zum Schwingen gebracht. Stellen Sie die Bewegungsgleichung dieser Schwingung auf.
- Mit welcher Kreisfrequenz ω schwingt die angehängte Masse M ?

