Klausur zur Experimentalphysik 1

Prof. Dr. F. Simmel
Wintersemester 2011/2012
16. Februar 2012

Zugelassene Hilfsmittel:

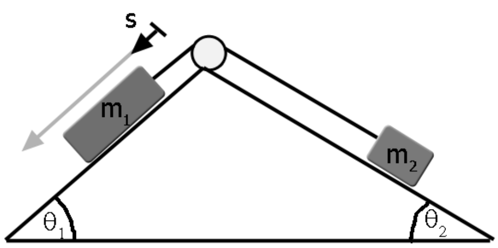
- 1 beidseitig hand- oder computerbeschriebenes DIN A4 Blatt
- 1 nichtprogrammierbarer Taschenrechner

Bearbeitungszeit 90 Minuten. Es müssen nicht alle Aufgaben vollständig gelöst sein, um die Note 1,0 zu erhalten. Gesamtpunktzahl: 42

Konstanten: $g = 9,81\frac{m}{s^2}$; $1bar = 10^5 Pa$, $\rho_{Wasser} = 1000\frac{kg}{m^3}$

Aufgabe 1 (5 Punkte)

Zwei Blöcke mit Masse m_1 und m_2 liegen auf gegenüberliegenden, reibungsfreien schiefen Ebenen eines Keils und sind durch ein masseloses Seil über eine reibungsfreie Umlenkung verbunden. Die Ebenen haben die Neigungswinkel θ_1 und θ_2. Der Keil ist fixiert. Es wirkt die Erdbeschleunigung g.



1. Formulieren Sie die Gleichgewichtsbedingung für die Massen in Abhängigkeit von den Neigungswinkeln θ_1 und θ_2 für den Fall, dass die Massen in Ruhe sind.
2. Bestimmen Sie die wirkenden Kräfte für das Massensystem im Nichtgleichgewicht und stellen Sie ein Gleichung für $s(t)$ auf für den Fall, dass die Masse m_1 im Abstand null von der Rolle und in Ruhe startet.

   Hinweis: Wählen Sie als Koordinate den Abstand s der Masse m_1 von der Rolle.
3. Wie lange braucht die Masse m_1, um aus der Ruhelage eine Strecke $s = 1\text{m}$ zu rutschen, wenn $m_1 = 2\text{kg}, m_2 = 1\text{kg}, \theta_1 = 60°, \theta_2 = 30°$ ist? ($g = 9,81\text{m/s}^2$)

Aufgabe 2 (4 Punkte)

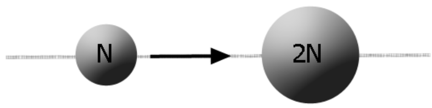
Ein Teilchen der Masse m bewege sich im Potenzial $U(\vec{r}) = \frac{k}{2}\vec{r}^2$, wobei k eine positive Konstante ist.

1. Berechnen Sie die Kraft, die auf das Teilchen im Potenzial wirkt.
2. Ist der Bahndrehimpuls bezüglich des Ursprungs erhalten? Begründen Sie die Antwort (1 Satz oder eine 1 Formel).
3. Zeigen Sie, dass die Flächengeschwindigkeit konstant ist. (Die Fläche, die der Bahnvektor pro Zeit überstreicht ist konstant)

Aufgabe 3 (7 Punkte)

Ein Neutron mit Masse m_N und Impuls p_N stößt zentral und elastisch auf einen im Laborsystem ruhenden Deuterium-Kern der Masse $2m_N$.

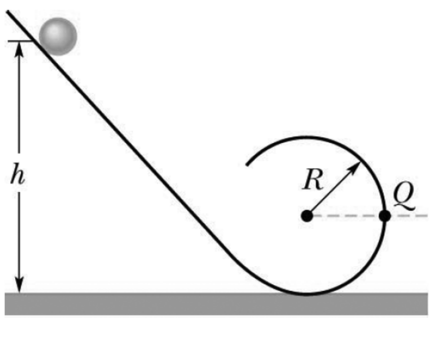
Hinweis: Rechnen Sie in den Teilaufgaben 3.1 - 3.3 klassisch/nicht-relativistisch.



1. Wie groß ist die Geschwindigkeit des Neutrons nach dem Stoß?
2. Bestimmen Sie die Geschwindigkeit des Schwerpunktes des Gesamtsystems.
3. Welche Geschwindigkeit hat das Neutron im Schwerpunktsystem vor und nach dem Stoß?
4. Wie lautet der relativistische Ausdruck für den Impuls des Neutrons vor dem Stoß im Laborsystem (nur Formel)?

Aufgabe 4 (7 Punkte)

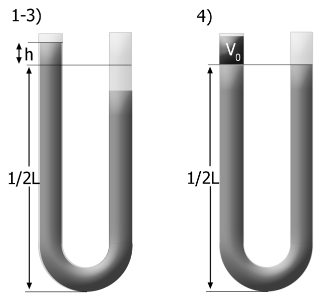
Eine massive Kugel mit Masse m, Radius r und Trägheitsmoment $\theta = \frac{2}{5}mr^2$ **rollt** die in der Abbildung gezeigte Bahn hinunter. Die Kugel wird auf der Höhe h losgelassen.



1. Von welcher Höhe h muss die Kugel losgelassen werden, damit die Kugel am oberen Punkt des Loopings nicht die Bahn verlässt, also den Looping gerade noch schafft (man nehme $R \gg r$ an.)
2. Nun wird die Kugel von der Höhe $h = 6R$ losgelassen. Welche horizontale Kraftkomponente wirkt auf die Kugel im Punkt Q?

Aufgabe 5 (7 Punkte)

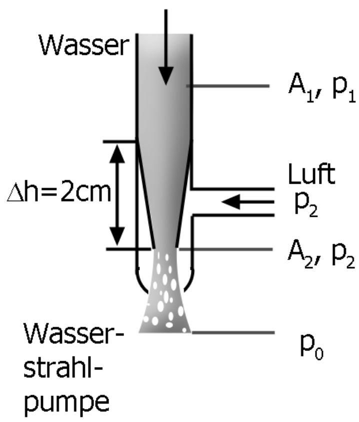
In einem U-Rohr steht eine Flüssigkeitssäule. Ihre Gesamtlänge sei L, die Dichte der Flüssigkeit ρ und der Rohrquerschnitt A. Die Flüssigkeit bewegt sich reibungsfrei. Sie kann somit eine ungedämpfte Schwingung ausführen, wenn sie aus ihrer Ruhelage ausgelenkt wird. Die Biegung am unteren Ende des U-Rohres werde vernachlässigt.



1. Wie hängt die rücktreibende Kraft von der Höhe h des Flüssigkeitsstandes über der Ruhelage in einem der beiden Schenkel ab?
2. Wie groß ist die Kreisfrequenz ω der Schwingung?
3. Welche Länge l müsste ein Fadenpendel haben, um mit der gleichen Frequenz zu schwingen?
4. Jetzt befinde sich die Flüssigkeit in Ruhe. Es werde zum Zeitpunkt $t = 0$ auf einer Seite das zusätzliche Flüssigkeitsvolumen V_0 (gleiche Dichte ρ) eingefüllt. Die geschehe instantan und der Umfüllvorgang werde vernachlässigt. Lösen Sie Bewegungsgleichung für die neue Situation und die konkreten Randbedingungen der Situation.

Aufgabe 6 (6 Punkte)

Das Wasser einer Wasserstrahlpumpe hat am Eingang einen Druck von $p_1 = 2$ bar und eine Geschwindigkeit von 2m/s. Der Rohrquerschnitt verringert sich auf einer Strecke von nur 2cm von A_1 auf $A_2 = \frac{A_1}{9}$. Außen gilt $p_0 = 1$ bar.



1. Stellen Sie eine Formel für den Druck auf.
2. Nähern Sie die Formel wegen des geringen Höhenunterschiedes an und bestimmen Sie einen Zahlenwert für den Unterdruck bei p_2. Zeigen Sie durch Rechnung, dass der Druck auf Grund des Höhenunterschiedes nicht relevant ist und deshalb die Näherung gerechtfertigt ist.

Aufgabe 7 (6 Punkte)

Eine Schallwelle der Frequenz $f_1 = 677Hz$ breitet sich in Luft mit der Schallgeschwindigkeit $c = 340\frac{m}{s}$ aus:

$$\xi_1 = \xi_m \cos\left(2\pi\left(f_1 t - \frac{x}{\lambda_1}\right)\right) \tag{1}$$

In gleicher Ausbreitungsrichtung überlagert sich ihr eine zweite Schallwelle mit geringfügig höherer Frequenz $f_2 = f_1 + \Delta f, \Delta f = 6,8Hz$, aber gleicher Amplitude:

$$\xi_2 = \xi_m \cos\left(2\pi\left(f_2 t - \frac{x}{\lambda_2}\right)\right) \tag{2}$$

1. Welche resultierende Wellenfunktion $\xi(t,x) = \xi_1 + \xi_2$ ergibt sich?

   (*Hinweis:* $\cos\alpha + \cos\beta = 2\cos\frac{\alpha+\beta}{2}\cos\frac{\alpha-\beta}{2}$.)
2. Wie groß ist die Frequenz des sich aus der Überlagerung ergebenden Tons sowie die hörbare Periodendauer seines An- und Abschwellens? In welche Richtung breitet(en) sich die Welle(n) aus?