



Ferienkurs

# Experimentalphysik 1

WS 2016/17

## Übung 2

Ronja Berg (ronja.berg@ph.tum.de)  
Katharina Scheidt (katharina.scheidt@tum.de)

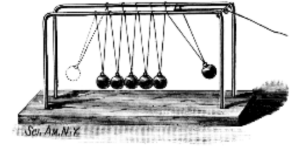
### Inhaltsverzeichnis

<b>A. Aufgaben</b>	<b>1</b>
A.1. Stoßpendelkette . . . . .	1
A.2. Güterwaggon-Crash . . . . .	1
A.3. Personenimpulserhaltung . . . . .	1
A.4. Nicht-zentraler Stoß von Billiardkugeln . . . . .	2
A.5. Rangierender Waggon . . . . .	2
A.6. Elipsoid-Präzession . . . . .	2
A.7. Kugelrennen und Rotation . . . . .	2
A.8. JoJo - Translation und Rotation . . . . .	3
A.9. Kreisbewegungen/Corioliskraft . . . . .	3

## A. Aufgaben

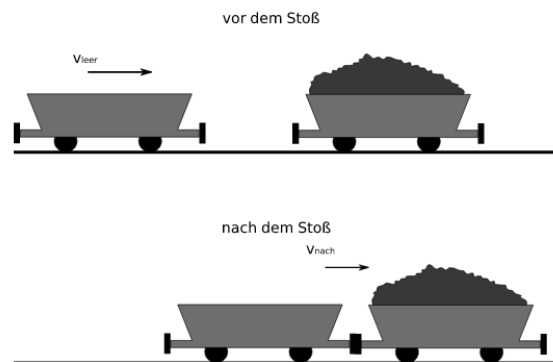
### A.1. Stoßpendelkette

An einer Stoßpendelkette sind 6 Kugeln gleicher Massen aufgehängt, so dass sie sich gerade berühren. Eine bestimmte Anzahl von Kugeln wird angehoben und losgelassen. Der erfolgende Stoß soll als elastisch, eindimensional und zentral genähert werden. Was passiert? Warum? Begründe anhand einer kleinen Rechnung.



### A.2. Güterwaggon-Crash

An einer Bahnstrecke stößt ein leerer Güterwaggon mit einem identischen aber beladenen Güterwaggon zusammen. Der leere Waggon  $m_l = 10\text{ t}$  hat eine Geschwindigkeit von  $v_l = 14,4 \frac{\text{km}}{\text{h}}$  und prallt auf den stehenden Waggon. Bei diesem Zusammenstoß koppeln die beiden Waggonen zusammen und bewegen sich nach dem Stoß mit der Geschwindigkeit  $v' = 2,52 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ .



- Um welche Art des Stoßprozesses handelt es sich hier? Berechne das geladene Gewicht des zweiten Waggonen.
- Vergleiche die kinetische Energie vor dem Stoß mit der kinetischen Energie nachher. Erläutere das Ergebnis.

### A.3. Personenimpulserhaltung

Zwei Personen der Massen  $m_1$  und  $m_2$  mit den Geschwindigkeiten  $v_1 = v_2 = 10 \frac{\text{km}}{\text{h}}$  rennen in der Universität auf dem Flur frontal ineinander. Beim Aufprallen halten sich die Personen aneinander fest und bewegen sich gemeinsam weiter. Wie groß ist die Geschwindigkeit der beiden Personen nach dem Stoß bei einem Massenverhältnis in folgenden Fällen und in welche Richtung bewegen sie sich jeweils?

- 1:1 (Student gegen Student)
- 2:1 (Technischer Assistent gegen Student)
- 10:1 (Sehr dicker Professor gegen Student)
- Was passiert im Fall c), wenn sich die Personen nicht aneinander festhalten (der Bauch des Professors ist perfekt elastisch). Welche Geschwindigkeit hat der Student nach dem Zusammenstoß?

#### A.4. Nicht-zentraler Stoß von Billiardkugeln

Eine Billiardkugel trifft eine zweite identische Billiardkugel und wird beim Stoß um  $45^\circ$  aus ihrer Ursprungsrichtung abgelenkt. Zeige, dass im Fall einer elastischen Kollision die zweite Billiardkugel im Winkel von  $90^\circ$  zur ersten fliegen muss.

*Hinweis:* Es handelt sich um einen nicht-zentralen Stoß.

#### A.5. Rangierender Waggon

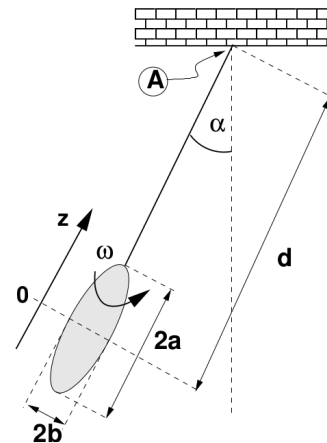
Beim Rangieren stößt ein Waggon der Masse  $m_A = m$  mit der Geschwindigkeit  $v_0$  auf zwei einzeln stehende Waggonen der Massen  $m_B = \frac{1}{2}m$  und  $m_C = \frac{3}{4}m$

- Wie viele Zusammenstöße finden insgesamt statt, wenn diese elastisch ablaufen? Mit welchen Geschwindigkeiten  $v_A$ ,  $v_B$  und  $v_C$  bewegen sich die Waggonen nach dem letzten Zusammenstoß?
- Wie ändert sich das Ergebnis, wenn die beiden stehenden Waggonen vertauscht sind?

#### A.6. Ellipsoid-Präzession

Ein Rotationsellipsoid mit homogener Dichte  $\rho$  und Halbachsen  $a$  (entlang der Symmetrieachse) und  $b$  (senkrecht dazu) wird mit Winkelgeschwindigkeit  $\omega$  um seine Symmetrieachse in Drehung versetzt und dann wie in der Skizze gezeigt an einer frei drehbaren, näherungsweise masselosen Stange aufgehängt. Der Schwerpunkt des Ellipsoids ist dabei eine Strecke  $d$  von Aufhängepunkt A der Stange entfernt.

- Der Ellipsoidradius als Funktion des Abstandes  $z$  vom Mittelpunkt ist durch  $r^2 = b^2(1 - (z/a)^2)$  gegeben. Zeige durch geeignete Integrationen, dass die Ellipsoidmasse  $M = \rho \cdot 4\pi ab^2/3$  ist und das Massenträgheitsmoment  $I = 0.4Mb^2$  beträgt. *Hinweis:* Das Trägheitsmoment einer infinitesimal dünnen Zylinderscheibe mit Radius  $r$  und Masse  $dm$  beträgt  $dI = r^2 \cdot dm/2$ .
- Wie lauten Betrag und Richtung des Drehimpulses des Ellipsoids und des durch die Gewichtskraft erzeugten Drehmoments bzgl. des Aufhängepunkts A der Stange.
- Leite die Winkelgeschwindigkeit  $\Omega$  her, mit der Ellipsoid und Stange unter dem Einfluss der Gewichtskraft um die senkrechte Achse präzessieren.



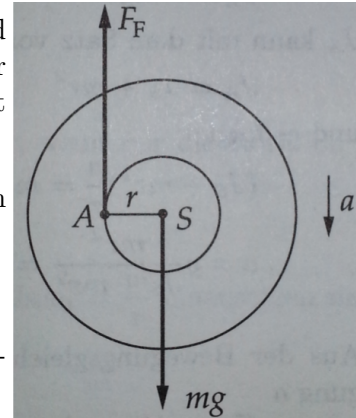
#### A.7. Kugelrennen und Rotation

Zum Experimentieren gibt es zwei Kugeln, die den gleichen Radius  $R$  haben und die gleiche Masse  $M$ . Leider ist nicht bekannt, welches die Hohlkugel ist und welches die Vollkugel ist. Um dies herauszufinden lässt man beide Kugeln eine schiefe Ebene herunter rollen. Welche Kugel kommt zuerst unten an und warum? Gegebenen Falles kann eine Rechnung hilfreich sein.

### A.8. JoJo - Translation und Rotation

Ein JoJo besteht aus einer Rolle mit der Masse  $m = 135 \text{ g}$  und dem Trägheitsmoment  $J_S = 140 \text{ g} \cdot \text{cm}^2$ , auf die ein Faden der Länge  $l = 83 \text{ cm}$  aufgewickelt ist. Der Radius der Trommel ist  $r = 12,5 \text{ mm}$ .

- Mit welcher Beschleunigung  $a$  bewegt sich die Rolle nach dem Loslassen nach unten?
- Wie groß ist die Fadenkraft  $F_F$ ?
- Welche Sinkgeschwindigkeit  $v_1$  hat die Rolle, wenn der Faden vollständig abgewickelt ist?



### A.9. Kreisbewegungen/Corioliskraft

In einer ringförmigen Raumstation will man durch Rotation ein künstliches Schwerfeld erzeugen.

- Mit welcher Kreisfrequenz  $\omega$  müssen die im Radius  $R=1\text{km}$  angelegten Mannschaftsräume um die Ringachse rotieren, damit sich die dort untergebrachte Besatzung heimisch fühlt, d.h. eine Beschleunigung von  $g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$  erfährt?
- Mit welcher Geschwindigkeit und in welcher Richtung muss ein Astronaut den Ringkorridor entlang rennen, wenn er die künstliche Schwerkraft (i) um 10% verringern und (ii) um 10% vergrößern will?
- Mangels Sicht nach außen weiß der Astronaut nicht, mit welchem Drehsinn die Raumstation rotiert. Wie kann er dies mit Hilfe eines Fadens, eines Gewichts und einer Stahlkugel herausfinden?