Technische Universität München
Fakultät für Physik

Ferienkurs

Experimentalphysik 1

WS 2017/18

Aufgabenblatt 2

Annika Altwein
Maximilian Ries

Inhaltsverzeichnis

1 Aufgabe 1(zentraler Stoß elastisch, unelastisch)

Wir betrachten im Folgenden Zusammenstöße einer weißen Billardkugel mit einer schwarzen Billardkugel. Die schwarze Billardkugel befindet sich am Anfang aller Teilaufgaben in Ruhe. Beide Kugeln haben die gleiche Masse. Sie können Komplikationen durch Reibung und „Spin“ vernachlässigen.

a) Zunächst betrachten wir den Fall, dass beide Kugeln zentral stoßen, sodass die Bewegung vor und nach dem Stoß auf einer geraden Linie (die wir als x-Achse nehmen) liegt. Für den Fall, dass die weiße Kugel vor dem Stoß die Geschwindigkeit $v_{\text{vorher}} = (5\,,\,0)$m/s hat und der Stoß vollkommen elastisch ist, was sind die Geschwindigkeiten der weißen und der schwarzen Kugel nach dem Stoß?
b) Jetzt gehen wir von den gleichen Anfangsbedingungen aus wie in Teilaufgabe a, nur dass die weiße Kugel plötzlich aus einem Material besteht, das sich durch den Stoß verklebt, sodass der Stoß vollkommen inelastisch ist und die beiden Kugeln nachher als gemeinsame Kugel doppelter Masse weiterlaufen. Was ist die Geschwindigkeit der neuen schwarz-weißen Kugel? Zeigen Sie, dass bei dem Stoß die kinetische Energie nicht erhalten wird.
c) Jetzt gehen wir wieder von einem vollkommen elastischen Stoß aus, betrachten aber den Fall, dass die Kugeln nicht zentral stoßen. Die Geschwindigkeit der weißen Kugel vor dem Stoß sei wieder $v_{\text{vorher}} = (5\,,\,0)$m/s, die Geschwindigkeit der weißen Kugel nach dem Stoß $v_{\text{nachher}} = (1\,,\,2)$m/s. Was ist die Geschwindigkeit der schwarzen Kugel nach dem Stoß?
d) Zeigen Sie, dass bei dem Stoß aus der letzten Teilaufgabe die kinetische Energie erhalten bleibt.

2 Aufgabe 2 (Impulserhaltung)

Das Borisotop ^9B ist instabil und zerfällt in ein Proton und zwei Alphateilchen. Dabei werden $4,4 \times 10^{14}$J als kinetische Energie der Zerfallsprodukte frei. Bei einem solchen Zerfall wird die Geschwindigkeit des Protons mit $6,0 \times 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ gemessen, wenn der Borkern anfangs in Ruhe ist. Nehmen Sie an, dass beide Alphateilchen gleiche Energien haben. Berechnen Sie, wie schnell und in welche Richtungen bezüglich der Richtung des Protons sich die beiden Alphateilchen bewegen.

3 Aufgabe 3 (dezentraler Stoß)

Ein Puck der Masse $m = 5,0$kg und der Geschwindigkeit $v = 2,0\frac{\text{m}}{\text{s}}$ stößt auf einen identischen Puck, der auf einer reibungsfreien Eisfläche liegt. Nach dem Stoß entfernt sich der erste Puck mit der Geschwindigkeit v_1 im Winkel von 30 zu seiner

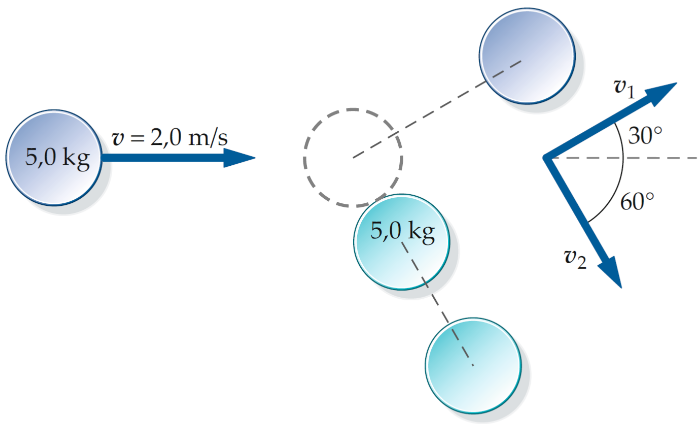

Abbildung 1: Skizze Aufgabe 3

ursprünglichen Richtung; der zweite Puck entfernt sich mit v_2 im Winkel von 60° (Abb. 1).
a) Berechnen Sie die Geschwindigkeiten v_1 und v_2.
b) War der Stoß elastisch?

4 Aufgabe 4 (zentraler elastischer Stoß)

Ein Neutron der Masse m_n stößt zentral elastisch mit einem ruhenden Atomkern der Masse m_K zusammen.
a) Zeigen Sie, dass für die kinetische Energie des Kerns $E_{kin,K} = \left(\frac{4m_n m_K}{(m_n+m_K)^2}\right) E_{kin,n}$ gilt, wobei $E_{kin,n}$ die kinetische Anfangsenergie des Neutrons angibt.
b) Zeigen Sie, dass für den anteiligen Energieverlust des Neutrons bei diesem Stoß gilt:

$$\frac{-\Delta E_{kin,n}}{E_{kin,n}} = \frac{4\frac{m_n}{m_K}}{\left(1+\frac{m_n}{m_K}\right)^2} \tag{1}$$

c) Zeigen Sie, dass dieser Ausdruck sowohl für $m_n << m_K$ als auch für $m_n = m_K$ plausible Ergebnisse liefert. Welche Art von ruhenden Kernen sollte man verwenden, wenn es das Ziel ist, dass die Neutronen bei dem Stoß möglichst viel ihrer kinetischen Energie verlieren?
Die Masse eines Kohlenstoffkerns ist etwa zwölfmal so groß wie die eines Neutrons.
d) Verwenden Sie das Ergebnis aus Aufgabenteil b), um zu zeigen, dass die kinetische Energie eines Neutrons nach n zentralen Stößen mit einem ruhenden Kohlenstoffkern nur noch etwa $0,716^n$ seiner anfänglichen kinetischen Energie $E_{kin,0}$ beträgt.

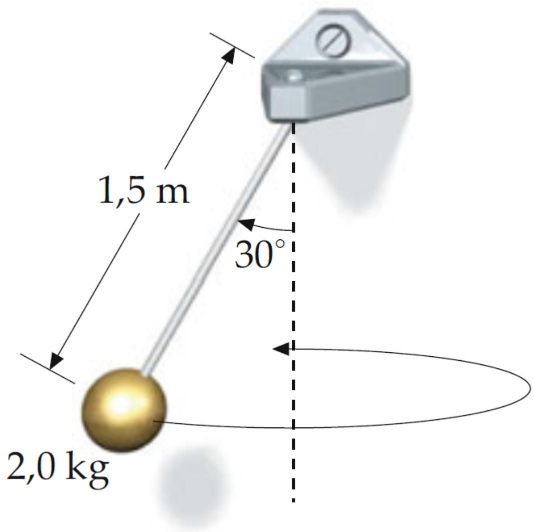

Abbildung 2: Skizze Aufgabe 5

Die Neutronen, die bei der Spaltung eines Urankerns frei werden, haben eine kinetische Energie von etwa $E_{kin,0} = 2,0\mathrm{MeV}$. Damit ein solches Neutron in einem Reaktor einen weiteren Urankern spalten kann, muss seine kinetische Energie auf etwa $0,020\mathrm{eV}$ verringert werden.
e) Wie viele zentrale Stöße mit ruhenden Kohlenstoffkernen braucht man für diesen Energieverlust?

5 Aufgabe 5 (Rotation)

Eine Kugel von $m = 2,0\mathrm{kg}$ ist an einer Schnur der Länge $l = 1,5\mathrm{m}$ befestigt und bewegt sich von oben gesehen gegen den Uhrzeigersinn auf einer horizontalen Kreisbahn. Eine solche Anordnung nennt man konisches Pendel (Abbildung 2). Die Schnur bildet mit der Vertikalen einen Winkel $\theta = 30°$.
a) Bestimmen Sie die horizontale und die vertikale Komponente des Drehimpulses L der Kugel bezüglich der Aufhängung im Punkt P.
b) Berechnen Sie den Betrag von $\frac{dL}{dt}$ und zeigen Sie, dass er genauso groß ist wie der Betrag des Drehmoments, das durch die Schwerkraft bezüglich des Aufhängungspunkts ausgeübt wird.

6 Aufgabe 6 (Rotation)

Ein drehbares Serviertablett besteht aus einem schweren Kunststoffzylinder, der sich reibungsfrei um seine senkrecht stehende Symmetrieachse drehen kann. Der Zylinder hat einen Radius von $r_{Zyl} = 15$cm und eine Masse von $m_0 = 0,25$kg. Auf dem Tablett befindet sich $8,0$cm von der Achse entfernt eine Küchenschabe ($m_{Schabe} = 0,015$kg). Sowohl das Tablett als auch die Schabe sind anfangs in Ruhe. Dann beginnt die Schabe auf einem Kreis mit dem Radius $r_{Schabe} = 8,0$cm zu laufen. Der Mittelpunkt der Kreisbahn liegt auf der Drehachse des Tabletts. Die Geschwindigkeit der Schabe bezüglich des Tabletts ist $v_{Schabe,Teller} = 0,010\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$. Wie hoch ist dann die Geschwindigkeit der Schabe bezüglich des Raums?

7 Aufgabe 7 (Rotation & Translation)

Berechnen Sie die Rotationsenergie der Erde bezüglich ihrer Drehachse und vergleichen Sie diesen Wert mit der kinetischen Energie aufgrund der Bahnbewegung des Massenmittelpunkts der Erde um die Sonne. Betrachten Sie hierfür die Erde als eine gleichförmige Kugel mit einer Masse von $M = 6,0\text{x}10^{24}$kg und einem Radius von $r_E = 6,4\text{x}10^6$m. Der Radius der als kreisförmig angenommenen Erdbahn beträgt $r_B = 1,5\text{x}10^{11}$m.

8 Aufgabe 8 (Rotation, Trägheit)

Ein 90kg schwerer Professor steigt auf einen reibungsfreien Drehstuhl. Der Professor kann als homogener Zylinder mit einem Radius von 20cm genähert werden. Das Trägheitsmoment eines Vollzylinders ist allgemein durch $I = \frac{1}{2}mr^2$ gegeben, das eines Hohlzylinders durch $I = mr^2$, wobei m die Masse und r der Radius des Zylinders sind.
a)In jeder Hand hat er eine Hantel mit (jeweils) $m_H 02,5$kg, die er anfänglich mit symmetrisch ausgestreckten Armen auf einem Abstand von (jeweils) $l_A 01m$ von seiner Drehachse hält. Ein Student gibt ihm Schwung, so dass er sich mit einer Umdrehung pro Sekunde dreht. Was ist seine Drehgeschwindigkeit, wenn er die Arme an seinen Körper (auf $l_K = 0,2$m) heranzieht? Sie können zunächst die Masse der Arme vernachlässigen.
b) Wie ändert sich das Ergebnis von a) qualitativ, wenn die Masse der Arme berücksichtigt wird?
c) Nach dem er von einem freundlichen Studenten wieder abgebremst wurde, legt der Professor die Hanteln weg und nimmt stattdessen ein bleiverstärktes Rad zur Hand. Das Rad hat eine Masse von 5 kg, einen Radius von 0,5 m und seine Masse sei vollständig in einem dünnen Rand lokalisiert. Zunächst setzt sich der Professor

auf den in Ruhe befindlichen Drehstuhl und hält das sich mit 4 Umdrehungen pro Sekunde drehende Rad so, dass die Radachse vertikal steht und sich das Rad (von oben gesehen) gegen den Uhrzeigersinn dreht. Nun dreht der Professor das Rad um 180°, d.h. so dass sich das Rad um eine vertikale Achse im Uhrzeigersinn dreht. Was passiert mit dem Professor? (Hinweis: Zeichnen sie den Drehimpuls vor und nach der Drehung der Radachse.) Sie können davon ausgehen, dass das System aus Professor und Rad ein Gesamtträgheitmoment von $I_{\mathrm{P+R}} = 5\mathrm{kgm}^2$ hat.