

## Übungen zu Klassische Experimentalphysik I Wintersemester 2021/22

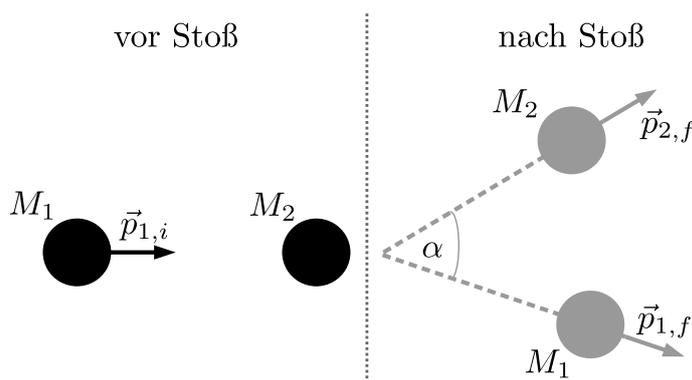
### Übungsblatt Nr. 7

Abgabe bis 13.12.2021, 12:00

#### Aufgabe 1: Air Hockey

6 Punkt(e)

Eine Scheibe der Masse  $M_1$  und Impuls  $\vec{p}_{1,i}$  stoße elastisch mit einer ruhenden Scheibe der Masse  $M_2$ . Nach dem Stoß bewegen sich beide Scheiben mit den Impulsen  $\vec{p}_{1,f}$  und  $\vec{p}_{2,f}$  unter dem Winkel  $\alpha$ , wie in der Zeichnung skizziert, voneinander weg.



Beschreiben Sie den Stoß im Laborsystem (Scheibe 2 ruht).

**Hinweis:** Rechnen Sie mit Vektoren.

- a) Erläutern Sie kurz, warum sich die Scheiben unter einem Winkel voneinander wegbewegen können. Denken Sie daran, dass die Scheiben eine räumliche Ausdehnung haben.
- b) Unter welchen Bedingungen für die beiden Massen  $M_1$  und  $M_2$  ist der Winkel  $\alpha$  zwischen den Scheiben nach dem Stoß  $\alpha > 90^\circ$ ,  $\alpha = 90^\circ$  oder  $\alpha < 90^\circ$ ? Zeigen Sie dies mathematisch.
- c) Zeigen Sie, dass das Verhältnis der Beträge der beiden finalen Impulse  $|\vec{p}_{2,f}|/|\vec{p}_{1,f}|$ 
  - sowohl für  $M_1 > M_2$  als auch für  $M_1 < M_2$  bei einem zentralen Stoß maximal wird.

- für  $M_1 \gg M_2$  gegen null strebt, d.h. der relative Impulsübertrag minimal wird.
  - für  $M_1 \ll M_2$  gegen maximal zwei streben kann, was einer Reflektion entspricht.
- d) Im Falle  $M_1 = M_2$  gilt, wie in Aufgabenteil b) gezeigt,  $\alpha = 90^\circ$ . Wie Sie sich schnell überlegen können, gibt es jedoch viele Konfigurationen von finalen Impulsen, welche einen Öffnungswinkel von  $90^\circ$  haben und Impulserhaltung garantieren. Welcher hier nicht betrachtete Parameter beeinflusst welche Konfiguration schließlich auftritt?

### Aufgabe 2: Elastischer Stoß

5 Punkt(e)

Drei gleich große Kugeln der Massen  $m_1$ ,  $m_2$  und  $m_3$  liegen in Ruhe in einer glatten, reibungsfreien Rille ohne sich dabei zu berühren. Dann wird die erste Kugel mit einer konstanten Geschwindigkeit  $v_1$  entlang der Rille bewegt und stößt vollkommen elastisch die zweite Kugel. Die zweite Kugel stößt ihrerseits elastisch die dritte Kugel. Wie muss (bei gegebenen  $m_1$  und  $m_3$  mit  $m_1 \neq m_3$ ) die Masse  $m_2$  gewählt werden, damit die dritte Kugel nach dem Stoß maximale Geschwindigkeit erreicht?

### Aufgabe 3: Erde und Sonne

6 Punkt(e)

Wir betrachten im Folgenden das System aus Sonne und Erde unter deren gegenseitigem gravitativen Einfluss. Die Masse der Sonne bzw. Erde beträgt in etwa  $m_S = 2 \cdot 10^{30}$  kg bzw.  $m_E = 6 \cdot 10^{24}$  kg. Es gilt also  $m_S \gg m_E$ . Sonne und Erde werden hier als perfekte Kugeln betrachtet und es gelte als bekannt, dass der Schwerpunkt einer Kugel im Zentrum der Kugel ist.

- Zeigen Sie, dass sich der Schwerpunkt des Systems in sehr guter Näherung im Zentrum der Sonne befindet.
- Welche Art von Bewegung, z.B. gleichförmig oder beschleunigt, führt der Schwerpunkt des Systems aus? Begründen Sie Ihre Antwort kurz.
- Berechnen Sie die zweite zeitliche Ableitung des Verbindungsvektors des Schwerpunkts der Sonne und des Schwerpunkts der Erde  $\frac{d^2 \vec{r}}{dt^2}$  mit  $\vec{r} = \vec{r}_E - \vec{r}_S$ .
- Formen Sie die in Aufgabenteil c) erhaltene Gleichung in eine zu Newtons zweitem Gesetz ähnliche Form

$$\mu \frac{d^2 \vec{r}}{dt^2} = \vec{F} \quad (1)$$

um, wobei  $\vec{F}$  hier allgemein für die rechte Seite der Gleichung steht. Hierbei hat  $\mu$  die Einheit einer Masse und  $\vec{F}$  die Einheit einer Kraft. Geben Sie  $\mu$  explizit an. Nähern Sie  $\mu$  auch unter Verwendung der Massenverhältnisse von  $m_S$  und  $m_E$ .

- e) Interpretieren Sie die in Aufgabenteil c) und d) erhaltenen Ergebnisse für die Bewegung des Verbindungsvektors  $\vec{r}$ .

#### Aufgabe 4: Schraubenschlüssel

3 Punkt(e)

Eine Mechanikerin zieht eine Sechskantschraube an. Um die Schraube festzuziehen, wird ein gesamtes Drehmoment von 90 Nm benötigt. Der Schraubenschlüssel hat eine Länge von 26 cm. Die Mechanikerin übt die Kraft in einem rechten Winkel auf den Schraubenschlüssel aus. Nehmen Sie an, dass der Kraftübertrag auf die Schraube nur an ihren sechs Ecken stattfindet.

**Einschub:** Die zur Kraft analoge Größe im Rahmen der Beschreibung von Drehbewegungen ist das Drehmoment  $\vec{M}$ . Ein Drehmoment  $\vec{M}$ , analog zu einer Kraft, ändert den Bewegungszustand einer Rotationsbewegung, z.B. wird die Winkelgeschwindigkeit einer Scheibe, welche um ihr Zentrum rotiert, durch ein aufgebrachtes Drehmoment entweder erhöht (Winkelbeschleunigung größer 0) oder abgebremst (Winkelbeschleunigung kleiner 0). Das Drehmoment ist definiert durch

$$\vec{M} = \vec{r} \times \vec{F}.$$

Hierbei ist  $\vec{r}$  der Ortsvektor, ausgehend von einem definierten Bezugspunkt, zu jenem Punkt, auf welchen die Kraft  $\vec{F}$  wirkt. Der Vektor  $\vec{r}$  wird oft auch Hebelarm genannt. In dieser Aufgabe ist es zweckmäßig den Bezugspunkt in das Zentrum der Schraube zu setzen.

- Warum ist es vorteilhaft die Kraft im rechten Winkel auf den Schraubenschlüssel bzw. Hebelarm auszuüben?
- Berechnen Sie die Kraft, welche die Mechanikerin am Ende des Schraubenschlüssels aufbringen muss, um das notwendige Drehmoment zu erreichen. Welcher Masse entspräche eine äquivalente Gewichtskraft auf der Erde?
- Berechnen Sie die Kraft, welche auf eine Ecke der Sechskantschraube wirkt. Der Abstand der Schraubenecken vom Rotationszentrum der Schraube beträgt 7,5 mm. Welcher Masse entspräche eine äquivalente Gewichtskraft auf der Erde?