

---

# Ferienkurs Experimentalphysik 1

## Übungsblatt 2

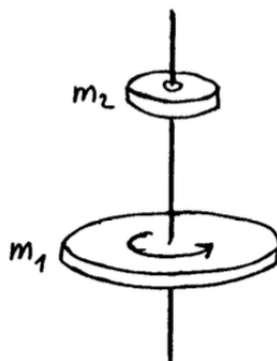
Tutoren: Elena KAISER und Gloria ISBRANDT

---

### 1 Stöße und starre Körper

#### 1.1 Zwei rotierende Scheiben

Eine kreisrunde Scheibe (Radius  $r_1$ , Masse  $m_1$ ) sei starr mit einer reibungsfrei gelagerten (masselosen) Achse verbunden und rotiere frei mit der Winkelgeschwindigkeit  $\omega_1$ . Eine zweite Scheibe (Radius  $r_2$ , Masse  $m_2$ ), die sich anfänglich in Ruhe befindet, werde nun so fallen gelassen, dass sie auf der ersten Scheibe konzentrisch liegen bleibt. Durch die auftretende Reibung rotieren beide Scheiben bald gemeinsam.



- Wie groß ist die Winkelgeschwindigkeit  $\omega$ , die sich für die beiden rotierenden Scheiben ergibt?
- Welche Analogie besteht zum inelastischen Stoß?

#### 1.2 Weltraum

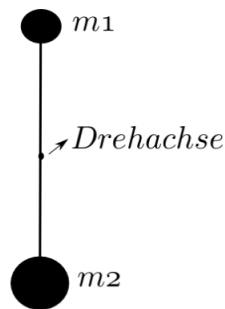
Für Kommunikation und Fernsehübertragung werden häufig geostationäre Satelliten verwendet. Dabei handelt es sich um Satelliten, die sich über dem Äquator befinden und sich in Richtung der Erdrotation bewegen. Die Umlaufdauer beträgt einen Tag. Von der Erde aus betrachtet scheint ein solcher Satellit am Himmel still zu stehen.

- Berechnen Sie den Abstand zwischen der Erdoberfläche und einen geostationären Satelliten.
- Die ISS kreist in einer Höhe von 350 km über der Erdoberfläche. Bestimmen Sie die Umlaufdauer.

- c) Wie groß ist die Erdanziehungskraft, die auf einen Astronauten mit einer Masse von 75 kg an Bord der ISS wirkt?

### 1.3 Stahlpendel mit Kugeln

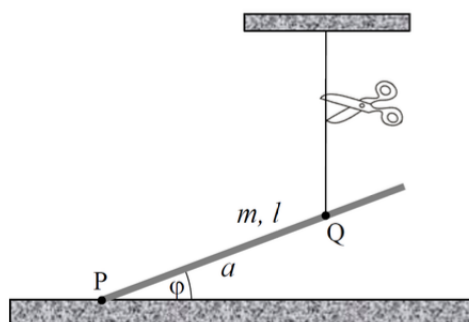
An den beiden Enden eines dünnen homogenen Stabes mit der Länge  $L = 30$  cm und Masse  $m_0 = 100$  g sind zwei homogene Kugeln aufgeklebt (siehe Skizze). Massen und Radien der Kugeln sind:  $m_1 = 100$  g,  $m_2 = 300$  g,  $r_1 = 2$  cm,  $r_2 = 3$  cm. Der Stab ist genau in seiner Mitte ( $L/2$ ) an einer horizontalen Drehachse fixiert.



- a) Berechnen Sie das Trägheitsmoment  $T_g$  des Stabes + Kugeln bezüglich der Drehachse.
- b) Wie weit von der Drehachse entfernt befindet sich der Schwerpunkt des Gesamtsystems?
- c) Der Stab wird nun ein wenig aus der Vertikalen ausgelenkt und losgelassen, sodass er in Folge Schwingungen um die Ruhelage ausführt. Berechnen Sie die Periodendauer  $T$  der Schwingung.  
Annahmen: kleine Auslenkungen, keine Reibung.

### 1.4 Eisenstange am Faden

Eine Eisenstange (Masse  $m = 0,5$  kg, Länge  $L = 80$  cm) befindet sich an der dargestellten Gleichgewichtsposition. Ihr unteres Ende liegt am Punkt P auf dem Erdboden auf, und die ist an einem Punkt Q (Strecke  $a = 60$  cm von P nach Q) zusätzlich an einem vertikalen Faden befestigt. Im Gleichgewicht bildet die Stange mit der Erdoberfläche einen Winkel von  $\varphi = 20^\circ$ . Nun wird der Faden durchgeschnitten und die Stange kippt hinunter, wobei das untere Ende immer bei P bleibt.

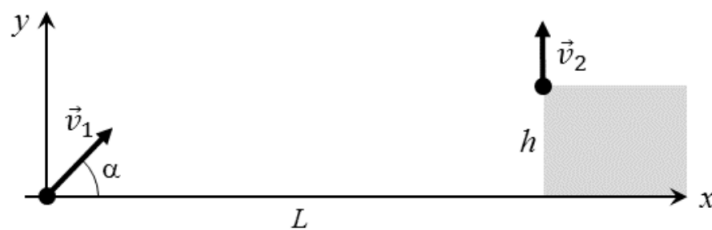


- a) Welche Spannkraft  $T$  hat der Faden in der Gleichgewichtssituation?

- b) Welche gesamte kinetische Energie hat die Stange, wenn sie auf dem Boden auftrifft?
- c) Mit welcher Winkelgeschwindigkeit  $\omega$  dreht sich die Stange beim Auftreffen auf den Boden?
- d) Welche maximale Schwerpunktergie  $v_{SP}$  erreicht die Stange kurz vor dem Aufprall?

### 1.5 Treffen Zweier Kugeln im Flug

Zwei Kugeln werden zeitgleich abgeschossen. Während die erste Kugel am Ursprung des Koordinatensystems mit der Geschwindigkeit  $v_1 = 40 \frac{m}{s}$  unter dem Anstellwinkel  $\alpha = 45^\circ$  startet, beginnt die zweite Kugel ihren Flug an einem  $L = 50 \text{ m}$  entfernten und  $h = 10 \text{ m}$  höher liegenden Punkt mit der vertikal nach oben gerichteten Anfangsgeschwindigkeit  $v_2$ . Die Kugeln stoßen während des Fluges zusammen.



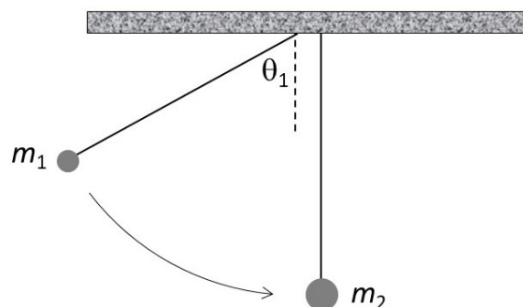
- a) Nach welcher Zeit  $t_c$  erfolgt der Zusammenstoß?
- b) Wie groß ist die Anfangsgeschwindigkeit  $v_2$  der zweiten Kugel?

Nun wird angenommen, dass die beiden Kugeln bleiben nach dem Stoß aneinander kleben bleiben. Beide Kugeln haben die gleiche Masse  $m = 100 \text{ g}$ .

- c) Mit welcher Geschwindigkeit  $\vec{v}$  bewegen sich die beiden Kugeln nach dem Stoß?
- d) Wie viel Energie wird unmittelbar während des Stoßes in Wärme umgewandelt?

### 1.6 Elastischer Stoß Zweier Pendelkörper

Zwei Fadenpendel werden so nebeneinander platziert, dass sich in der Ruhelage die beiden kugelförmigen Pendelkörper gerade berühren und sich ihre Zentren  $l = 70 \text{ cm}$  unterhalb der jeweiligen Aufhängepunkte befinden. Die erste Kugel (Masse  $m_1 = 100 \text{ g}$ ) wird nun um den Winkel  $\theta_1 = 60^\circ$  ausgelenkt und losgelassen, so dass sie kurz darauf zentral mit der zweiten Kugel (Masse  $m_2 = 300 \text{ g}$ ) zusammenstößt. Der Stoß verläuft vollständig elastisch.



- a) Welche Geschwindigkeit  $v'_1$  hat die erste Kugel kurz nach dem Stoß? Welche maximale Winkelauslenkung  $\theta'_1$  erreicht sie dann?
- b) Welche Geschwindigkeit  $v'_2$  hat die zweite Kugel kurz nach dem Stoß? Welche maximale Winkelauslenkung  $\theta'_2$  erreicht sie dann?
- c) Wie lässt sich aus einer beliebigen Anfangsauslenkung  $\theta_1$  der Winkel  $\theta'_1$  berechnen. Geben Sie hierzu den funktionalen Zusammenhang  $\theta'_1 = f(\theta_1)$  an.