

# FERIENKURS EXPERIMENTALPHYSIK 1

## 2011

### Übung 2

#### 1. Elastischer Stoß

- Ein Teilchen der Masse  $m_1$  stößt zentral und elastisch mit einem im Laborsystem ruhenden Teilchen der Masse  $m_2$ . Wie groß ist die Geschwindigkeit des Schwerpunktsystems gegenüber dem Laborsystem?
- Berechne die Geschwindigkeit des Teilchen mit Masse  $m_2$  nach dem Stoß in Abhängigkeit der Schwerpunktsystemgeschwindigkeit aus a). Hinweis: Im Schwerpunktsystem wechselt bei elastischem Stoß einfach das Vorzeichen der Geschwindigkeiten der Teilchen.
- Wievell Energie wird bei dem Stoß übertragen? Drücke diese Energie in Abhängigkeit der Anfangsenergie von  $m_1$  aus.

#### 2. Fußball mit starren Körpern

Betrachten Sie einen Fußball vom Radius  $R$  und der Masse  $m$ , welchen Sie hier als Hohlkugel des Trägheitsmoments  $I = \frac{2}{3}mR^2$  nähern dürfen. Der Ball liegt auf einer waagrechteten Ebene ohne Reibung.

- 1. Ihm wird ein waagrechteter Stoß bei der Höhe  $h$  über dem Äquator erteilt; dies kann als Kraftwirkung gesehen werden, die auf beliebig kurze Zeitspanne konzentriert ist, wobei das Zeitintegral darüber  $p$  ist. Für welche Höhe führt der Ball eine Rollbewegung aus?
- 2. Nun wird der Ball auf dem Äquator senkrecht angestossen. Welche Schwerpunkts- und Rotationsgeschwindigkeit hat er direkt nach dem Stoß?
- 3. Wie ändern sich diese mit der Zeit, wenn zwischen Ball und Boden eine Gleitreibung mit dem Koeffizienten  $\mu$  wirkt?
- 4. Wann setzt für den Ball eine reine Rollbewegung ein? Berechnen Sie die Zeit für  $p = 9 \text{ kg m/s}$  und  $\mu = 0.4$ .

#### 3. Kugeln an Drahtseilen

Drei Metallkugeln der Massen  $m_1$ ,  $m_2$ ,  $m_3$  sind an langen Drähten so aufgehängt, dass ihre Mittelpunkte auf einer horizontalen Geraden liegen und sich die Kugeln fast berühren. Der Kugel  $m_1$  wird nun eine horizontale Geschwindigkeit  $v$  erteilt, so dass sie zentral mit der Kugel  $m_2$  stößt. Finden Sie einen Ausdruck für die kinetische Energie von  $m_3$  und skizzieren Sie diese als Funktion von  $m_2$ .

## 4. Kleine Aufgaben

- 1. Das Schaufelrad einer Flugzeugturbine wird als homogener Vollzylinder der Masse  $M$  und des Radius  $R$  vereinfacht, welcher sich um seine Symmetrieachse mit  $\omega$  dreht. Es wird nun ein Körper der Masse  $m$  am äußeren Rand des Schaufelrades befestigt. Wie groß ist die Winkelgeschwindigkeit nun?
- 2. Was ist größer, das Trägheitsmoment einer Vollkugel oder einer Kugelschale mit gleichem Radius und kleiner Wandstärke? (keine Rechnung notwendig)
- 3. Auf einem Spielplatz sitzen sich in einem kleinen Karussell zwei Kinder gegenüber. Das Karussell wird jetzt von außen angeschubst und beide Kinder stehen jetzt gleichzeitig auf und bewegen sich auf die Drehachse zu. Beschreiben Sie was passiert und begründen Sie warum.

## 5. Mehrteilchensystem

Zwei Personen  $m_1 = 60$  kg und  $m_2 = 100$  kg stehen sich auf zwei Wagen der Massen  $M_1 = 10$  kg und  $M_2 = 30$  kg gegenüber. Ihr Abstand ist zunächst  $d_0 = 50$  m. Die Person  $m_1$  hält ein Ende eines Seil fest in der Hand, die andere ( $m_2$ ) zieht kräftig am anderen Ende des Seils. Die Wagen prallen im Abstand  $d$  vom Startpunkt der Person  $m_2$  aufeinander. Berechne  $d$ .

## 6. Inhomogener Zylinder

Ein inhomogener Zylinder hat den Radius  $R = 5\text{cm}$ , die Länge  $l = 20\text{cm}$  und ein Trägheitsmoment  $I = \frac{17}{30}mR^2$

Der Zylinder ruht am Anfang auf einer schiefen Ebene mit Neigung  $\alpha = 30^\circ$  zur Horizontalen. Welche Beschleunigung entlang der Ebene erfährt er beim Herunterrollen?

## 7. Inelastischer Stoß

Ein Teilchen der Masse  $m_1$  stößt zentral und maximal inelastisch mit einem im Laborsystem ruhenden Teilchen der Masse  $m_2$  zusammen. Wieviel kinetische Energie wird dabei in innere Energie (Wärme) umgewandelt? Vergleiche diesen Betrag mit der anfänglichen kinetischen Gesamtenergie bezüglich des Schwerpunktsystems.

## 8. Karussell

Zwei Kinder (je  $m = 40\text{kg}$ ) sitzen auf einem Karussell, das aus einer Scheibe mit Radius  $r = 2\text{m}$  und einer Masse  $M = 1000\text{kg}$  besteht, die um eine Achse in der Mitte drehbar ist. Die Kinder sitzen sich diametral gegenüber am Rand der Scheibe.

- 1. Berechnen Sie das Gesamtträgheitsmoment der Scheibe mit den darauf sitzenden Kindern. Betrachten sie die Kinder dafür als Massenpunkt am Rand der Scheibe. Hinweis: Trägheitsmoment der Scheibe  $1/2Mr^2$
- 2. Ein drittes Kind will das Karussell nun am Rand anschieben. Es kann eine maxi-

male Kraft  $F = 100N$  aufbringen. Wie lange muss es mit dieser konstanten Kraft schieben, um das Karussell auf eine zehntel Umdrehung pro Sekunde zu beschleunigen?

- 3. Die Kinder auf dem Karussell haben einen Haftreibungskoeffizienten von  $\mu = 0.5$ . Bei welcher Drehfrequenz (Umdrehungen/Sekunde) fallen sie herunter?

## 9. Vertikaler Stoß

Zwei Kugeln werden gleichzeitig mit einem sehr kleinen vertikalen Abstand aus der Höhe  $h$  über der Erde fallen gelassen. Die obere Kugel habe die Masse  $m$  und die untere die Masse  $M$  mit  $M > m$ . Die Radien der Kugeln seien klein im Vergleich zu  $h$  und können vernachlässigt werden. Der Geschwindigkeitsbetrag der unteren Kugel unmittelbar bevor sie den Boden erreicht sei  $u$ . Nehmen Sie an alle Stöße seien elastisch und vernachlässige in den Rechnungen den vertikalen Abstand der Kugeln.

- a) Skizziere die Situation, wie sie im Laborsystem gesehen unmittelbar nach dem Auftreffen der unteren Kugel auf dem Boden, aber vor dem Zusammenstoß der unteren mit der oberen Kugel gesehen wird.
- b) Skizziere die gleiche Situation im Schwerpunktsystem.
- c) Zeige, dass die Geschwindigkeit der oberen Kugel im Laborsystem unmittelbar nach dem Zusammenstoß der beiden Kugeln gegeben ist durch

$$v = \frac{3M - m}{M + m}u$$

- d) Bestimme die maximale Höhe, die die obere Kugel erreicht.