Ferienkurs Experimentalphysik 1
2012

Übung 2

1. Masse am Zylinder

Ein Zylinder mit dem Radius R, der Masse M und dem Trägheitsmoment $I = \frac{1}{2}MR^2$ ist raumfest so gelagert, dass er um seine horizontal liegende Symmetrieachse rotieren und sich ansonsten nicht bewegen kann. Eine Schnur wird um den Zylinder gewickelt und die Masse m angehängt. Bestimmen Sie die lineare Beschleunigung der angehängten Masse, die Winkelbeschleunigung des Zylinders, die Spannung in der Schnurz sowie die vertikale Kraft, die den Zylinder trägt.

2. Zylinder auf ebener Unterlage

Auf einer ebenen horizontalen Unterlage kann ein Zylinder rollen ohne zu rutschen. Die Masse des Zylinders sei $m = 2kg$, sein Radius $r = 5cm$ und das Trägheitsmoment um seinen Schwerpunkt sei $I = 0,003kg\ m^2$. Der Schwerpunkt S des Zylinders befinde sich auf seiner Symmetrieachse. Nun wird die Unterlage mit der Beschleunigung $a = 1\frac{m}{s^2}$ unter dem Zylinder weggezogen (siehe Skizze).

(a) Berechnen Sie (vorzeichenrichtig!) die Winkelbeschleunigung und die Translationsbeschleunigung des Zylinders.

(b) Wie groß muss der Haftreibungskoeffizient μ_H zwischen Zylinder und Unterlage mindestens sein, damit der Zylinder tatsächlich rollt ohne zu rutschen?
Hinweis: Wenn Sie Teil (a) nicht bearbeiten, gehen Sie in Teil (b) davon aus, dass die Translationsbeschleunigung des Zylinders $0,412\frac{m}{s^2}$ beträgt (dies ist nich der wahre Wert).

3. Bruchstücke

(a) Betrachten Sie ein ruhendes Teilchen der Masse m, das in zwei Bruchstücke m_1 und m_2 zerfällt. Beim Zerfall wird die Energie Q frei, die vollständig in kinetische Energie der beiden Bruchstücke umgesetzt wird. Berechnen Sie die Geschwindigkeiten der Bruchstücke.

(b) Betrachten Sie ein Teilchen der Masse m und der Geschwindigkeit v, das in zwei Bruchstücke m_1 und m_2 zerfällt, die sich entlang derselben Geraden wie das ursprüngliche Teilen bewegen sollen. Beim Zerfall wird die Energie Q frei, die vollständig in kinetische Energie der beiden Bruchstücke umgesetzt wird. Berechnen

Sie die Geschwindigkeiten der Bruchstücke.
Hinweis: Alle Geschwindigkeiten seien so klein, dass sie nichtrelativistisch rechnen können.

4. Fallende Kugeln

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 vernachlässigen Sie in den Rechnungen den vertikalen Abstand der Kugeln.

(a) Skizzieren Sie 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) Skizzieren Sie die gleiche Situation im Schwerpunktsystem.

(c) Zeigen Sie, dass die Geschwindigkeit der oberen Kugel im Laborsystem unmittelbar nach dem Zusammenstoß der beiden Kugeln gegeben ist durch

$$v = \frac{3M - m}{M + m} u \tag{1}$$

(d) Bestimmen Sie die maximale Höhe, die die obere Kugel erreicht.

5. Trägheitsmomente

Berechnen Sie das Trägheitsmoment von

(a) Einen homogenen Vollzylinder (Masse m, Radius R, Länge l) für Rotation um eine Achse durch den Schwerpunkt senkrecht zu Symmetrieachse.
Hinweis: $\int_0^{2\pi} d\phi \cos^2(\phi) = \pi$)

(b) Einer Kugelhantel, aufgebaut aus einem Zylinder wie oben und zwei Kugeln der Radien r und Massen M am Ende für die Drehung um eine Achse durch den Schwerpunkt und senkrecht zur Symmetrieachse.

(c) Ein Diabolo der Masse m besteht aus zwei (dünnen) Halbkugelschalen der Radien R, die an ihren Scheitelpunkten verbunden sind. Wie ist das Trägheitsmoment für die Drehung um die Symmetrieachse?
Hinweis: $\int_0^{\pi} d\Theta \sin^3(\Theta) = \frac{4}{3}$

6. Rollende, stoßende Zylinder

(a) Ein homogener Zylinder von Radius r und Masse m rollte eine Rampe der Höhe h herunter. Berechnen Sie seine Geschwindigkeit am Fuß der Rampe.

Hinweis: Das Trägheitsmoment des Zylinders sei $I = \frac{mr^2}{2}$

(b) Der selbe Zylinder rollt nun auf der Ebene. Er stößt elastisch mit einem Zylinder der gleichen Masse, welcher anfangs ruhen soll. Dabei findet zwischen den Zylindern keine Reibung statt. Wie sind die Geschwindigkeiten und Rotationen unmittelbar nach dem Stoß? (Die Rollbedingung ist dabei nicht mehr erfüllt!)

(c) Bestimmen Sie nun allgemein das Verhältnis von Rotationsbeschleunigung zu Translationsbeschleunigung eines Zylinders, wenn eine beliebige Kraft $F(t)$ tangential am Mantel des Zylinders angreift.

(d) Nach einiger Zeit ist für beide Zylinder die Rollbedingung wieder erfüllt. Für welche Geschwindigkeit der Zylinder ist dies der Fall? (Verwenden Sie dazu die Aufgabe (c))

7. total inelastischer Stoß

Beim Stoß eines Teilchens mit der Masse m_1 und der Geschwindigkeit v_1 gegen ein ruhendes Teilchen Masse m_2 kann nicht die gesamte kinetische Energie in innere Energie umgewandelt werden.

(a) Welcher Bruchteil der kinetischen Energie wird bei total inelastischer Kollision umgewandelt?

(b) Zeigen Sie, dass dieser Bruchteil der kinetischen Energie gleich der anfänglichen kinetischen Energie im Schwerpunktsystem ist.

8. Student und Prof auf Wagen

Ein Professor und ein Student stehen sich im Hörsaal auf Wagen der Massen M_P und M_S gegenüber. Ihr Abstand ist zunächst d_0. Der Student hält ein Ende eines Seils fest, der Professor zieht am anderen Ende kräftig an. Die Wagen prallen im Abstand d vom Startpunkt des Professors aufeinander. Berechnen Sie die Masse m_P des Professors, wenn die Masse des Studenten $m_S = 75$ kg, der Anfangsabstand $d_0 = 30$ m, $d = 10$ m, $M_P = 100$ kg und $M_S = 25$ kg beträgt. Vernachlässigen Sie die Ausdehnung der Wagen und die Reibung.

9. Karussell

Zwei Kinder (je $m = 40$ kg) sitzen auf einem Karussell, das aus einer Scheibe mit Radius

$r = 2m$ und einer Masse $M = 1000$ kg besteht, die um eine Achse in der Mitte drehbar ist. Die Kinder sitzen sich diametral gegenüber am Rand der Scheibe.

(a) 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 $\frac{1}{2}Mr^2$

(b) Ein drittes Kind will das Karussell nun am Rand anschieben. Es kann eine maximale Kraft $F = 100$ N aufbringen. Wie lange muss es mit dieser konstanten Kraft schieben, um das Karussell auf eine zehntel Umdrehung pro Sekunde zu beschleunigen?

(c) Die Kinder auf dem Karussell haben einen Haftreibungskoeffizienten von $\mu = 0.5$. Bei welcher Drehfrequenz (Umdrehung pro Sekunde) fallen sie herunter?