KIT-Fakultät für Physik
Institut für Experimentelle Teilchenphysik
Dr. Matthias Schröder

Übungen zu Klassische Experimentalphysik I

Wintersemester 2019/20

Übungsblatt Nr. 7

Abgabe bis 2.12.2019, 10:00

Bitte geben Sie Ihre Lösungen nur zusammen mit dem ausgefüllten Deckblatt ab, welches auf der ILIAS-Kursseite bereitgestellt ist; heften oder tackern Sie die Blätter zusammen. Bitte geben Sie nicht dieses Aufgabenblatt mit ab.

Aufgabe 1: Kollision im Weltall (3)

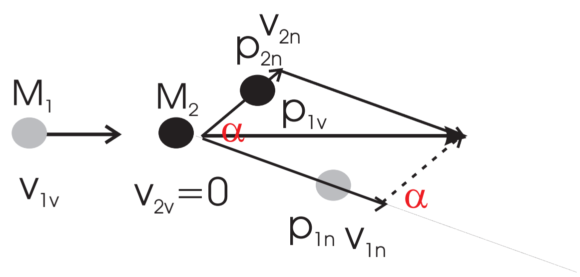
Ein kleiner Satellit ($m_1 = 1\,\mathrm{t}$, $v_1 = 30\,\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$) wird von einem Stück Weltraumschrott ($m_2 = 0{,}5\,\mathrm{t}$, $v_2 = 70\,\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$) getroffen, dessen Flugbahn genau senkrecht zur Bahn des Satelliten. Beide Objekte knautschen bei dem Stoß zu einem strukturlosen Gebilde zusammen. Der Stoß erfolgt zentral, so dass keine Drehmomente entstehen.

a) Berechnen Sie den Bewegungszustand des Klumpens nach der Kollision.

b) Wieviel Energie wird bei dem Stoß mindestens dissipiert?

Aufgabe 2: Air Hockey (4)

Eine Scheibe der Masse M_1 und Geschwindigkeit v_{1v} stoße elastisch mit einer ruhenden Scheibe der Masse M_2. Nach dem Stoß bewegen sich beide Scheiben mit den Geschwindigkeiten v_{1n} und v_{2n} unter dem Winkel α wie in der Zeichnung.



Beschreiben Sie den Stoß im Laborsystem. (*Hinweis*: Rechnen Sie mit Vektoren.)

a) Unter welchen Bedingungen ist der Winkel α zwischen den Scheiben nach dem Stoß $\alpha > 90°$, $\alpha = 90°$ oder $\alpha < 90°$?

b) Wie groß ist der Betrag des Impulsübertrags, abhängig von α und dem Verhältnis M_1/M_2? Diskutieren Sie Grenzfälle.

Aufgabe 3: Rakete (6)

Die Gesamtmasse einer Rakete beim Start betrage $m_0 = 250\,\mathrm{t}$, mit einem Treibstoffanteil von 80 %. Das Triebwerk der Rakete stoße pro Sekunde Verbrennungsgase mit einer Masse von 1000 kg (Ausströmrate $\mu = 10^3\,\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{s}}$) und einer konstanten Ausströmgeschwindigkeit von $c = 3000\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ aus.

Nehmen Sie zunächst an, dass sich die Rakete im All befinde und keine äußeren Kräfte, wie z. B. die Gravitation, wirken.

a) Zeigen Sie, dass nach dem Zünden der Triebwerke gilt

$$-c\frac{\mathrm{d}m}{\mathrm{d}t} = m\frac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t}\,,$$

wobei m die Masse und v die Geschwindigkeit der Rakete zum Zeitpunkt t bezeichne.

b) Welche Masse und welche Geschwindigkeit hat die Rakete zum Zeitpunkt t?

c) Berechnen Sie die Endgeschwindigkeit der Rakete bei Brennschluss, d. h. wenn der gesamte Treibstoff verbraucht ist.

Nehmen Sie nun an, dass die Rakete von der Erdoberfläche aus senkrecht gestartet werde. Berechnen Sie für diesen Fall

d) die Endgeschwindigkeit der Rakete bei Brennschluss,

e) die bei Brennschluss erreichte Höhe,

f) die insgesamt erreichte Höhe, und

g) die Steigzeit bis zur insgesamt erreichten Höhe.

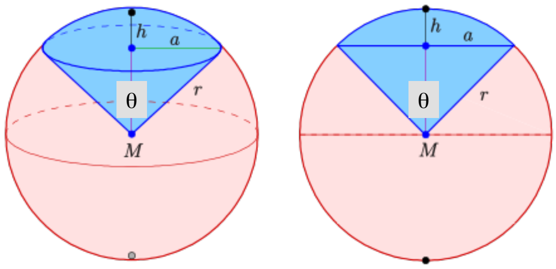
Vernachlässigen Sie dabei den Luftwiderstand und nehmen Sie an, dass die Fallbeschleunigung g über der gesamten Höhe konstant sei.

Aufgabe 4: Wettrollen (2)

Ein frisches und ein gekochtes Ei rollen eine schiefe Ebene hinab. Welches Ei ist schneller? (Keine Rechnung nötig, qualitative Begründung genügt.)

Aufgabe 5: Ausgedehnter Körper (5)

Betrachten Sie den in der Zeichnung blau gefärbten Kugelsektor K (kegelartiger Ausschnitt vom Zentrum der Kugel bis zu ihrer Oberfläche) mit Radius r, Öffnungswinkel θ und konstanter Massendichte ρ.



Bildquelle: Wikipedia

a) Bestimmen Sie das Volumen, die Masse und den Schwerpunkt von K.

b) Berechnen Sie die Trägheitsmomente von K bzgl. seiner Symmetrieachse und bzgl. einer dazu senkrechten Achse durch den Kugelmittelpunkt.

Hinweise: Berechnen Sie alle Integrale in Kugelkoordinaten (r, θ, φ) mit dem Volumenelement $\mathrm{d}V = r^2 \sin\theta \mathrm{d}r \mathrm{d}\theta \mathrm{d}\varphi$. Bei Übergang von Kugelkoordinaten in kartesische Koordinaten gelten die folgenden Transformationsgleichungen: $x = r\sin\theta\cos\varphi$, $y = r\sin\theta\sin\varphi$ und $z = r\cos\theta$.