UNIVERSITÄT DUISBURG ESSEN

Prof. Dr. M. Horn-von Hoegen
Fachbereich Physik
Universität Duisburg-Essen

Übungen zu "Grundlagen der Physik I" — Blatt 9

WS 2009/10

Abgabe bis 21. Dezember 2009, 12:00 Uhr
Abgabebox im Kern MF, 2. Etage

Aufgabe 33

Der Weihnachtsmann möchte wissen, ob sein Schlitten das ewige Auf und Ab aushält. Um dies zu simulieren, stellt er sich mit seinen $m=72{,}2\ kg$ in einem Aufzug auf einer Brückenwaage, die Waage bewegt sich also mit dem Fahrstuhl mit.

a) Was zeigt die Anzeige an der Waage an, wenn der Aufzug steht bzw. wenn er sich mit einer konstanten Geschwindigkeit von $0{,}5\ m/s$ nach oben bewegt?

b) Was zeigt die Anzeige an der Waage an, wenn der Aufzug mit 3,20 m/s^2 nach oben, bzw. nach unten beschleunigt?

c) Wie groß ist der Betrag der Gesamtkraft F_{ges}, die auf den Weihnachtsmann während der Aufwärtsbeschleunigung (Teil (c)) wirkt?
Wie groß ist dabei der Betrag der Beschleunigung des Weihnachtsmannes gemessen im Bezugsystem des Aufzugs? Stimmt in diesem Fall $\vec{F}_{ges} = m \cdot \vec{a}_{Aufzug}$?

Aufgabe 34

Sie möchten wissen, ob die einzelnen Ringe des Saturn massiv sind, oder aus vielen einzelnen Teilen bestehen, die sich jeweils auf ihrer eigenen Umlaufbahn bewegen. Sie können dies unterscheiden, indem Sie die Geschwindigkeit des innersten und des äußersten Teilrings messen. Ist der innerste Teilring langsamer als der der äußerste, dann ist der Ring massiv; trifft das Gegenteil zu, dann besteht der Teilring aus vielen Einzelteilen. Zuerst müssen Sie jedoch diese Aussage bestätigen!
Die radiale Breite eines bestimmten der (zahlreichen) Ringe ist Δr, sein mittlerer Abstand vom Mittelpunkt des Saturn ist r_m, seine mittlere Geschwindigkeit ist v_m.

a) Zeigen Sie, dass bei einem massiven Ring die Geschwindigkeitsdifferenz Δv zwischen seinem äußersten und seinem innersten Teil durch $\Delta v = v_a - v_i = v_m \cdot \Delta r / r_m$ gegeben ist. Dabei ist v_a die Geschwindigkeit des äußersten und v_i die Geschwindigkeit des innersten Ringteils.

b) Angenommen, der Ring besteht aus vielen kleinen Einzelteilen. Zeigen Sie, dass dann bei $\Delta r << r_m$ gilt: $\Delta v \approx -\frac{1}{2} v_m \cdot \Delta r / r_m$.
Hinweis: Entwickeln Sie den Wurzelausdruck in einer Binomialreihe.

Aufgabe 35

Zwei Teilchen bewegen sich in einem Zentralpotential ohne weitere Einflüsse von außen. Das eine Teilchen ist dreimal so schwer wie das Andere. Das Potential hat die Form

$V(\vec{r}_1,\vec{r}_2) = \dfrac{-\alpha}{|\vec{r}_1 - \vec{r}_2|^{3/2}}$, wobei $\vec{r}_1, \vec{r}_2$ die Orte der Teilchen darstellen und α eine Konstante ist mit $\alpha>0$.

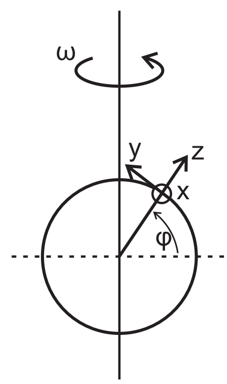
a) Warum wird durch die Voraussetzungen zwingend, dass die Bewegung der Teilchen in einer Ebene stattfindet? Überlegen Sie zur Begründung, welche Erhaltungssätze im betrachteten System gelten!

b) Man kann äquivalent zur Bewegung der beiden Teilchen mit Massen m_1 und m_2 auch die Bewegung eines hypothetischen Teilchens mit der reduzierten Masse $\mu = \dfrac{m_1 \cdot m_2}{m_1 + m_2}$ betrachten, dessen Ortsvektor $\vec{r} := \vec{r}_1 - \vec{r}_2$ der Verbindungsvektor der beiden Teilchen ist. Geben Sie die Gesamtenergie der Bewegung dieses hypothetischen Teilchens als Funktion des Abstands $r = |\vec{r}|$ und $\dot{r}$ an!

Welcher Ausdruck beschreibt das effektive Potential der Bewegung?
Anmerkung: Nutzen Sie Polarkoordinaten. Hier lässt sich die Variable φ durch die Einbeziehung des Drehimpulses eliminieren. Dessen Betrag lautet in Polarkoordinaten ausgedrückt: $L = \mu \cdot r \cdot \dot{\varphi}$.

c) Das leichte Teilchen soll sich nun in einer Kreisbahn um das zweite Teilchen bewegen. Geben Sie den Radius r_0 dieser Bewegung in Abhängigkeit von α, der Masse des leichteren Teilchens und dem Gesamtdrehimpuls an!

Aufgabe 36



Es soll der Einfluß der Coriolis-Beschleunigung der Erde aud den schiefen Wurf (im Vakuum) untersucht werden. Der Ursprung des xyz-Systems liege auf der Erdoberfläche und habe die geographische Breite φ. Die z-Achse zeige vertikal nach oben, die x-Achse nach Osten und die y-Achse nach Norden (s. Skizze).

Ein Teilchen wird im Ursprung mit der Anfangsgeschwindigkeit $\vec{v}_0 = \begin{pmatrix} 0 \\ v_{0y} \\ v_{0z} \end{pmatrix}$ abgeworfen.

a) Berechnen Sie seine Geschwindigkeit $\vec{v}(t)$ und die Flugdauer T unter Vernachlässigung der Coriolis-Beschleunigung.

b) Berechnen Sie näherungsweise die Coriolis-Beschleunigung $\vec{a}_{cor}(t) = \ddot{x}(t)\hat{e}_x$, indem Sie $\vec{v}(t)$ durch den entsprechenden Ausdruck aus Teil a) ersetzen. Berechnen Sie daraus $\dot{x}(t)$ und $x(T)$!

c) Für einen gewissen Abwurfwinkel $\alpha(\tan\alpha = v_{0z}/v_{0y})$ ist $x(T)=0$.
Berechnen Sie diesen Winkel α als Funktion von φ! Wie groß ist α, falls φ=30° ist?