UNIVERSITÄT DUISBURG ESSEN

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

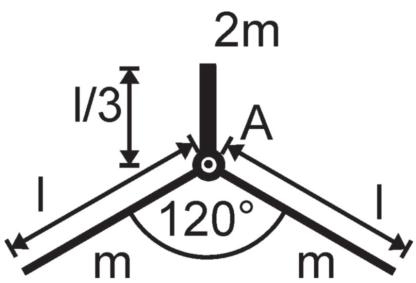
Übungen zu "Grundlagen der Physik Ia" — Blatt 12

WS 2006/2007 — Abgabe bis Montag, den 05.02.2007, **14:00Uhr**

Abgabebox im Kern MF, 2. Etage

Aufgabe 1:

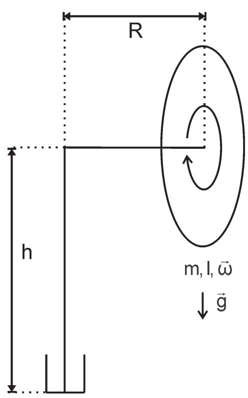
Ein „Stern" besteht aus drei homogenen Stäben, die jeweils miteinander den Winkel 120° einschließen. Zwei Stäbe haben die Länge l und die Masse m, der dritte Stab hat die Länge $l/3$ und die Masse $2m$. Der „Stern" wird im gemeinsamen Verbindungspunkt A der Stäbe im Schwerefeld der Erde aufgehängt und als physikalisches Pendel benutzt (d.h. A ist der Punkt, um den das Pendel schwingt). Berechnen Sie die Kreisfrequenz ω der Pendelschwingungen für kleine Amplituden, falls $l = 25$ cm und $g = 10\ \frac{\mathrm{m}}{s^2}$ ist!



Aufgabe 2:

Eine Scheibe mit der Masse m und dem Trägheitsmoment I rotiert reibungsfrei mit der Winkelgeschwindigkeit $\vec{\omega}$ auf einer horizontalen Achse, die in der Höhe h mit einer vertikalen Achse fest verbunden ist. Beide Achsen sind masselos. Die Scheibe hat den Abstand R von der vertikalen Achse, die an ihrem unteren Ende gelagert ist.
Das Gewicht der Scheibe wirkt mit dem Drehmoment auf diese Anordnung (=Kreisel), so dass es zu einer Präzissionsbewegung kommt: Die horizontale Achse präzidiert mit der Winkelgeschwindigkeit Ω um die Vertikale.
Wie groß ist Ω? Ausgangspunkt der Berechnung von Ω ist die Bewegungsgleichung

$$\vec{D} = \dot{\vec{L}}$$



a) Berechnen Sie zunächst einen Näherungswert von Ω, indem Sie den Drehimpuls der Präzessionsbewegung vernachlässigen.

(*)b) Verzichtet man auf diese Vereinfachung, erhält man eine quadratische Gleichung für Ω. Welche Bedingung muss erfüllt sein, damit die Näherungslösung aus Teil a) brauchbar ist? Wie groß muss ω mindestens sein, damit es zu einer Präzessionsbewegung kommt?

Hinweis zu Aufgabe 2: s. nächste Seite!!!

Bitte Wenden!

Hinweise zu Aufgabe 2:
Da sich der Scheibenschwerpunkt infolge der Präzession bewegt, eignet er sich nicht als Bezugspunkt für die Berechnung von Drehimpuls und Drehmoment. Man muss also einen Bezugspunkt (=Ursprung) außerhalb des Schwerpunktes wählen, z.B. das untere Ende der vertikalen Achse.
Für den Drehimpuls gilt dann (s. Vorlesung):

$$\vec{L} = m\vec{r}_{\mathrm{s}} \times \vec{v}_{\mathrm{s}} + \vec{L}_{\mathrm{s}}$$

Dabei ist $\vec{L}_{\mathrm{s}}$ der Drehimpuls, bezogen auf den Schwerpunkt und $\vec{r}_{\mathrm{s}}, \vec{v}_{\mathrm{s}}$ sind Orts-, bzw. Geschwindigkeitsvektor des Schwerpunktes.
In Aufgabenteil a) soll der erste Summand auf der rechten Seite vernachlässigt werden, nicht aber in Aufgabenteil b).

Aufgabe 3:

Ein Würfel aus einer elastischen Substanz (Elastizitätsmodul E, Poissonzahl μ) werde durch anlegen einer Zugspannung σ parallel zu einer Kantenrichtung gedehnt. Infolge der Querkontraktion ändern sich auch die Kantenlängen in den beiden anderen Richtungen.
Berechnen Sie die relative Volumenänderung $\frac{\Delta V}{V}$ des Würfels als Funktion von $E, \mu,$ und σ (in niedrigster nichtverschwindender Näherung).

Aufgabe 4:

Wenn ein Körper ganz oder teilweise in eine Flüssigkeit eintaucht, erfährt er außer seiner Gewichtskraft $\vec{F}_G$ eine nach oben gerichtete Auftriebskraft $\vec{F}_A$. Bekanntlich ist die Auftriebskraft gleich der negativen Gewichtskraft der vom eintauchenden Körper verdrängten Flüssigkeitsmenge.
Berechnen Sie $\vec{F}_A + \vec{F}_G$

a) für einen Zylinder (Länge l, Radius r, Dichte ρ),

b) für eine Kugel (Radius r, Dichte ρ)

in Wasser (Dichte ρ_W) als Funktion der Eintauchtiefe z.
Bei welcher Eintauchtiefe z_0 ist die Summe beider Kräfte Null, falls $\rho_W = 1$ g/cm^3, $\rho = 0{,}7$ g/cm^3?

Hinweis: Zur Berechnung von z_0 sind nummerische Rechnungen erforderlich. Setzen Sie $z_0 = u \cdot r$ und versuchen Sie mit Hilfe eines systematischen Verfahrens (Probieren mit dem Taschenrechner, Newton- oder andere Iterationsverfahren, ...), u auf sechs Dezimalen genau zu bestimmen.