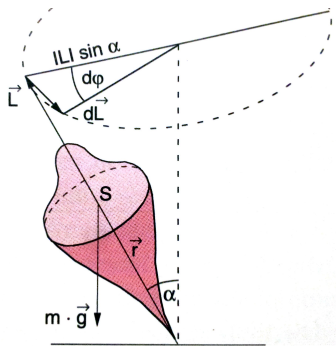
Übungen zur Experimentalphysik I — Blatt 11

Aufgabe 1: *Präzession*

2 Punkte

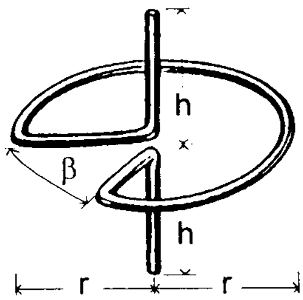
Berechnen Sie die Präzessionswinkelgeschwindigkeit $\omega_p = d\varphi/dt$ des dargestellten Kinderkreisels. Er hat das Trägheitsmoment I bezüglich seiner Symmetrieachse, um die er sich mit der Kreisfrequenz ω dreht. Diskutieren Sie, ob, und wenn ja, wie ω_p vom Neigungswinkel α abhängt.



Aufgabe 2: *Sakai-Kreisel*

8 Punkte $(3+1+1+1+2)$

Betrachten Sie den dargestellten asymmetrischen Sakai-Kreisel, der aus einem dünnen Draht besteht. Die Masse pro Längeneinheit sei ρ.



a) Für welchen Winkel β liegt der Schwerpunkt auf der Kreiselachse?

b) Für dieses β ist die Kreiselachse die Hauptträgheitsachse. Berechnen Sie das zugehörige Trägheitsmoment.

c) Bestimmen Sie mithilfe von Symmetrieüberlegungen die beiden anderen Hauptträgheitsachsen.

d) Basteln Sie einen Sakai-Kreisel und bringen Sie ihn zum Abgabetermin mit. Ab 5 Sekunden kreiseln gibt es einen Punkt.

e) Berechnen und vergleichen Sie die Trägheitsmomente zu den beiden anderen Hauptträgheitsachsen. Was fällt Ihnen auf?

Bonusfrage: Konstruieren Sie einen symmetrischen Sakai-Kreisel. Skizzieren Sie den Kreisel und berechnen Sie explizit die Trägheitsmomente I_x', I_y' und I_z' (Kreiselachse) zu allen Hauptträgheitsachsen und bestimmen Sie den/die neuen Öffnungswinkel β'. (3 Bonuspunkte)

Aufgabe 3: *Trägheitstensor und Trägheitsellipsoid*

4 Punkte

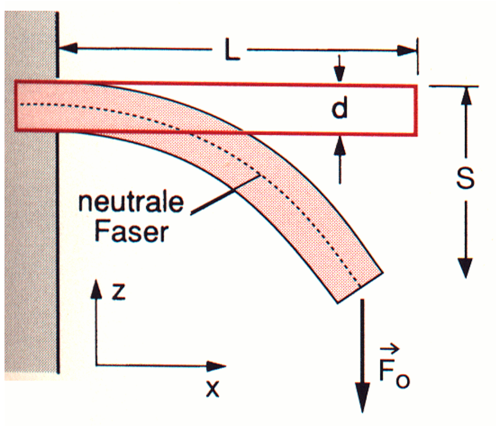
Ein homogener Würfel mit Dichte ρ und Kantenlänge a drehe sich um eine Achse durch seinen Schwerpunkt = Mittelpunkt = Ursprung des Koordinatensystems. Der Würfel erstrecke sich entlang jeder Koordinatenachse von $-a/2$ bis $+a/2$. Zeigen Sie explizit durch Berechnung des Trägheitstensors, dass das Trägheitsellipsoid eine Kugel ist. Wie groß ist das Trägheitsmoment in Bezug auf eine Achse durch den Schwerpunkt entlang der Raumdiagonalen des Würfels? (Die Formeln für die Elemente des Trägheitstensors finden Sie zum Beispiel im Lehrbuch von Wolfgang Demtröder.)

Aufgabe 4: *Biegung eines Balkens* 5 Punkte

Die Berechnung von Biegungen ausgedehnter Körper ist oft kompliziert und kann nur numerisch gelöst werden. In einfachen Fällen geht es aber auch analytisch. Im Skript Teil 9 (Abschnitt 4.1.3) wird die Biegung eines Balkens diskutiert, und ein Ausdruck für die Auslenkung S ($S \ll L$) angegeben:

$$S = 4 \cdot \frac{L^3}{E\, d^3\, b} \cdot F_0.$$

Dabei ist E das Elastizitätsmodul, d die Höhe und b die Breite des Balkens. Leiten Sie die Formel her.



Aufgabe 5: *Elastizität eines Drahtes* 6 Punkte (1 + 2 + 1 + 2)

In einem Detektor zum Nachweis von Elementarteilchen befinde sich ein Stahldraht mit rundem Querschnitt, einem Durchmesser von 50 μm und 2 m Länge. Der Elastizitätsmodul betrage $E = 1{,}6 \cdot 10^{11}$ N/m^2 und die Poissonzahl $\mu = 0{,}3$. An den senkrecht hängenden Draht werde ein Gewicht der Masse 200 g gehängt.

a) Wie ändert sich die Länge des Drahtes (absolut und relativ)? Rechnen Sie mit zwei signifikanten Stellen bei allen physikalischen Größen, nicht aber bei mathematischen Zahlen.

b) Wie ändert sich die Querschnittsfläche (absolut und relativ)? Rechnen Sie mit zwei signifikanten Stellen bei allen physikalischen Größen, nicht aber bei mathematischen Zahlen.

c) Wie ändert sich die Masse des Drahtes wenn die Gewichtskraft wirkt und damit Länge und Durchmesser verändert?

d) Physikalische Größen haben Messfehler oder Genauigkeiten. Erweitern Sie die Berechnungen der absoluten Änderungen aus a) und b) auf drei signifikante Stellen und vergrößern bzw. verkleinern Sie alle o.g. physikalischen Größen so, dass bei einer Rundung auf zwei signifikante Stellen gerade noch die alten Zahlenwerte herauskämen. Wie stark schwanken ΔL und ΔA dann nach oben und nach unten, unter Annahme der ungünstigsten Kombination aus Schwankungen der Werte der physikalischen Größen?

Allgemeiner Hinweis: Bitte rechnen Sie grundsätzlich so lange wie möglich mit den Variablen, d.h. setzen Sie die gegebenen Zahlenwerte erst ganz am Schluss ein.