

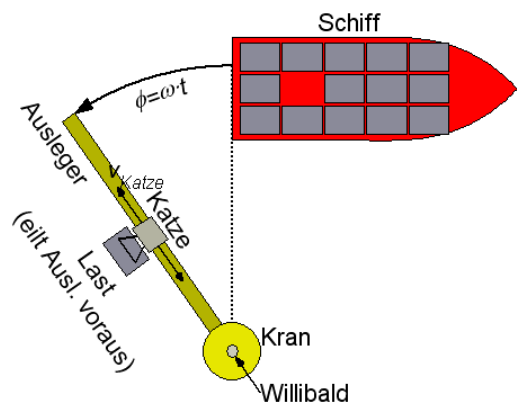
Rechenübungen zur Physik 1 im WS 2011/2012

10. Übungsblatt

Aufgabe 60) Rotierendes Bezugssystem

Der Kranführer Willibald be- und entlädt im Hamburger Hafen Containerschiffe. Ihm kommt es oft so vor, als ob die Last der Drehung seines Auslegers vorausseilen würde. Das verwirrt ihn sehr. Wann könnte dieses Phänomen auftreten?

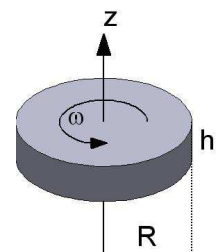
- Wenn der Kran sich (wie die Erde) entgegen dem Uhrzeigersinn dreht
- Wenn der Kran sich im Uhrzeigersinn dreht
- Wenn ein Schiff beladen wird
- Wenn ein Schiff entladen wird



- Geben Sie eine anschauliche Begründung für das Phänomen
- Bestimmen Sie Betrag und Richtung der Coriolis-Kraft und lesen Sie aus den Formeln ab, unter welchen Bedingungen die Last dem Ausleger in der Drehung vorausseilt

Aufgabe 61) Schwungradmotor

Ein Spielzeugauto hat einen so genannten Schwungradmotor. Dieser besteht aus einer Eisenscheibe, die in Rotation versetzt und deren Energie zum Antrieb verwendet wird. Die Scheibe hat die Höhe h und den Radius R . Das Material hat die homogene Dichte ρ_0 . Als Rotationsachse eignet sich die z -Achse



- Bestimmen Sie die z -Komponente des Trägheitstensors der Scheibe um die Rotationsachse

$$I_{zz} = \int \rho_0 (x^2 + y^2) dV \quad (10-1)$$

- Zeigen Sie am Beispiel

$$I_{yz} = \int \rho_0 (-yz) dV \quad (10-2)$$

dass die mit der z -Richtung verbundenen Nebendiagonalelemente des Trägheitstensors verschwinden

- Im Skript wird der Zusammenhang zwischen Trägheitsmoment und Rotationsenergie mit

$$T_{rot} = \frac{1}{2} I_{\omega} \omega^2 \quad \text{mit} \quad I_{\omega} = I_{zz} \quad (10-3)$$

angegeben. Vergleichen Sie diesen Ausdruck mit einer direkten Berechnung der Rotationsenergie über die Formel

$$T = \frac{1}{2} \int \rho_0 \vec{v}^2 dV \quad (10-4)$$

d) Wie schnell muss sich die Scheibe drehen, damit ein Spielzeugauto mit der Masse M_{Auto} aus dem Stand auf $1m/s$ beschleunigt werden kann, und welchen Anteil am Gewicht hat die Schwungscheibe? Die Konstanten sind

$$\rho_0 = 7.8 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}, \quad h = 2\text{mm}, \quad R = 1\text{cm}, \quad M_{Auto} = 10\text{g} \quad (10-5)$$

Anmerkung: Bei der Beschleunigung soll die Rotationsenergie der Scheibe vollständig in die Bewegungsenergie des Autos umgesetzt werden

Aufgabe 62) Satz von Steiner

a) Das Trägheitsmoment (TM) I_ω eines starren Körpers um eine Drehachse \hat{e}_ω lässt sich zerlegen.

$$\text{Steinerscher Satz: } I_\omega = I_\omega^{SP} + Mb^2 \quad (10-6)$$

mit I_ω^{SP} : TM um $\hat{e}_{0\omega}$ -Achse durch Körperschwerpunkt parallel zu \hat{e}_ω

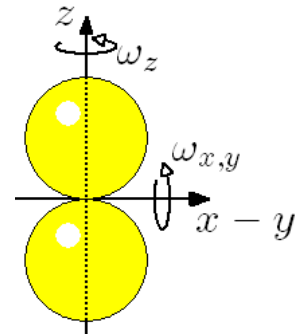
M : Körpermasse

b : Abstand der Drehachsen \hat{e}_ω und $\hat{e}_{0\omega}$

Beweisen Sie den Satz von Steiner. Drücken Sie dazu die Koordinaten der einzelnen Massen \vec{r}_α durch den Körperschwerpunkt \vec{R} und die Koordinaten relativ zum Schwerpunkt $\vec{\rho}_\alpha \equiv \vec{r}_\alpha - \vec{R}$ aus. (Siehe auch Skript!)

b) Als Anwendung betrachten wir zwei Kugeln. Sie haben den gleichen Radius R , eine homogene Massendichte $\rho = M_{Kugel} / V_{Kugel}$ und sind entsprechend der Abbildung zusammengesweißt.

Berechnen Sie die Trägheitsmomente I_{ω_z} und $I_{\omega_x} = I_{\omega_y}$



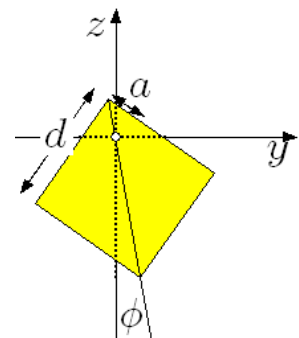
Aufgabe 63) Physikalisches Pendel

Ein physikalisches Pendel besteht aus einem homogenen Würfel der Masse M und Kantenlänge d . Es ist reibungsfrei um eine horizontale Drehachse gelagert (siehe Abbildung, a : Abstand Achse - Kante)

a) Bestimmen Sie das Trägheitsmoment bezüglich der Drehachse mit Hilfe des Satzes von Steiner

b) Bestimmen Sie das Drehmoment des Pendels für kleine Auslenkungen ϕ aus der Ruhelage

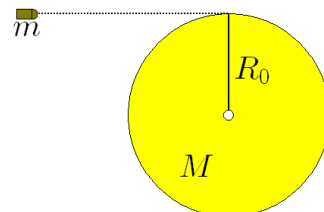
c) Geben Sie die Bewegungsgleichung für kleine Auslenkungen ϕ des Pendels aus der Ruhelage und die Schwingungsdauer T an



Ergänzungsaufgaben (nicht schriftlich abgeben)

Aufgabe 64) Kugel und Zylinderrad

Eine Kugel mit Masse m bewegt sich mit der Geschwindigkeit v . Sie trifft den Rand eines Zylinders und bleibt darin stecken. Der Zylinder hat die homogen verteilte Masse M , den Radius R_0 und seine ortsfeste Drehachse steht senkrecht zur Flugbahn der Kugel.



Am Anfang ist der Zylinder in Ruhe, er beginnt sich jedoch nach Einschlag der Kugel zu drehen.

- Wie groß ist die Winkelgeschwindigkeit des Zylinders, wenn Reibung keine Rolle spielt?
- Wie viel Energie wird bei dem inelastischen Stoß zwischen Kugel und Zylinder in Wärme- und Deformationsenergie umgewandelt?

Aufgabe 65) Coriolis-Kraft in Florenz

Eine Bleikugel wird vertikal von einem 110m hohen Turm in Florenz, Italien (Breitengrad 44°) fallen gelassen. Wie weit vom Fuß des Turmes wird sie durch die Corioliskraft abgelenkt? In welcher Richtung findet die Ablenkung statt?

