

Aufgabenblatt 6, Physik A, 26./28. November 2003

1. Rollbewegung:

Ein dünnwandiger Hohlzylinder und eine Kugel rollen auf einer horizontalen Ebene mit der Geschwindigkeit $v = 5 \text{ m/s}$. Anschliessend rollen sie einen Hang hinauf.

Welche Höhe über der Ebene erreichen sie ?

$$\text{Energiesatz: } mgh = mv^2/2 + I\omega^2/2$$

Rollbewegung: $v = \omega r$, Trägheitsmomente: Hohlzylinder $I = mr^2$, Kugel: $I = 2mr^2/5$

also Hohlzylinder: $mgh = m(v^2/2 + r^2\omega^2/2) = mv^2 \implies h = v^2/g = 2.55 \text{ m}$
und Kugel: $mgh = m(v^2/2 + 0.4 \cdot r^2\omega^2/2) = 0.7 \cdot mv^2 \implies h = 0.7 \cdot v^2/g = 1.78 \text{ m}$

2. Stoss an Kreisscheibe

Eine homogene Kreisscheibe mit Masse M und Radius R ist um eine im Mittelpunkt senkrecht zur Scheibe stehende Achse drehbar. Die Scheibe wird im Stillstand von einer Masse m mit der Geschwindigkeit v tangential getroffen und die Masse klebt am Scheibenrand fest.

Wie gross ist die Rotationsperiode T des Systems Scheibe-Klebmasse nach dem Auftreffen?

Zahlenbeispiel: $M = 1 \text{ kg}$, $R = 0.2 \text{ m}$, $m = 50 \text{ g}$, $v = 2.0 \text{ m/s}$

$$\text{Drehimpuls vor dem Stoss: } L = mvR$$

$$\text{Drehimpuls nach dem Stoss: } L = \omega(I_m + I_M) = \omega(mR^2 + MR^2/2)$$

$$\text{Zahlenwerte: } L = 0.02 \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s},$$

$$I_m + I_M = 0.02 + 0.002 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 = 0.022 \text{ kg} \cdot \text{m}^2,$$

$$\omega = L/I = 0.91 \text{ s}^{-1} \implies T = 2\pi/\omega = 6.91 \text{ s}.$$

3. Schwungrad

Schwungräder werden z.B. bei Strassenbahnen als Energiespeicher eingesetzt.
<http://www.ewitt.de/download/schwungr.pdf>

Zur Vereinfachung nehmen Sie an, dass ein solches Schwungrad eine homogene Kreisscheibe mit Masse $m = 50 \text{ kg}$ und Durchmesser $d = 0.5 \text{ m}$ ist. In aufgeladenem Zustand rotiert sie mit 30 000 (!) Umdrehungen pro Minute. Wie gross ist die gespeicherte Energie ?

Das Schwungrad muss in Vakuum betrieben werden. Warum wohl ? Berechnen Sie mal die Geschwindigkeit am Scheibenrand !

$$E_{rot} = I\omega^2/2, I = mr^2/2 = 1.56 \text{ kg} \cdot \text{m}^2, \omega = 2\pi\nu = 2\pi \cdot 500 \text{ s}^{-1} = 3140 \text{ s}^{-1}$$
$$\text{also } E_{rot} = 7.7 \cdot 10^6 \text{ J} = 7.7 \text{ MWs} = 2.15 \text{ kWh}.$$

Am Rand ist $v = r\omega = 785 \text{ m/s}$, also mehr als die doppelte Schallgeschwindigkeit in Luft !