Lösungen Experimentalphysik – WS06 – Version FZB1B

Lösungsvorschlag zu Aufgabe 1:

Gravitationsgesetz: $F = \gamma \frac{m_1 m_2}{r^2}$

Aus dem Vergleich mit $F = m_2 a \Rightarrow g = \gamma \frac{m_1}{r^2}$

Für $h = 0$: $g_0 = \gamma \frac{m_1}{r_E^2} = \left(6.67 \times 10^{-11} \frac{Nm^2}{kg}\right) \frac{(5.97 \times 10^{24} kg)}{(6370 \times 10^3 m)^2}$

$g_0 = 9.813 \frac{m}{s^2}$

$h = 2963 m$: $g_1 = \gamma \frac{m_1}{(r_E + 2963 m)^2} = \ldots = 9.804 \frac{m}{s^2}$

$\Rightarrow \boxed{\Delta g = 0.009 \frac{m}{s^2}}$ und $\boxed{\frac{g_0}{g_1} = 1.0009} \hat{=} 0.1\,\%$ Abw.

bzw. $\frac{g_1}{g_0} = 0.9991$

Lösungsvorschlag zu Aufgabe 2:

$T = 24 h = 8.64 \times 10^4 s$ (Zeit für eine Umdrehung)

$\Rightarrow$ Winkelgeschwindigkeit der Erde

$\omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} = \frac{2\pi \text{ rad}}{T} = \frac{2\pi \text{ rad}}{8.64 \times 10^4 s} \approx 7.27 \times 10^{-5} \frac{rad}{s}$

$\Rightarrow$ Zentripetalbeschleunigung mit $v = \omega r$

$a_z = \frac{v^2}{r} = r\omega^2 = (6.37 \times 10^6 m)\left(7.27 \times 10^{-5} \frac{rad}{s}\right)^2$

$\boxed{a_z = 0.0337 \frac{m}{s^2} = \Delta g}$

$\Rightarrow$ verminderter g-Wert:

$g^* = g_0 - a_z = 9.813 \frac{m}{s^2} - 0.0337 \frac{m}{s^2} = 9.779 \frac{m}{s^2}$

$\Rightarrow \frac{g_0}{g^*} = \frac{9.813 \frac{m}{s^2}}{9.779 \frac{m}{s^2}}$ Also: $\boxed{\frac{g_0}{g^*} = 1.0035} \hat{=} 0.35\,\%$!

Lösungsvorschlag zu Aufgabe 3:

Geg.: $m = 950\ kg$, $\Delta E = 1.4 \times 10^9\ J$

$\mu = 0.03$, $\eta = 0.42$ (Wirkungsgrad)

a) Reibkraft zwischen Auto und Straße:

$F_s = \mu N = \mu m g = (0.03)(950\ kg)(9.81\ \frac{m}{s^2})$

$F_s \approx 280\ N$

Die von der Reibkraft verrichtete Arbeit

$W = F_s s \Rightarrow s = \frac{W}{F_s}$ Mit $W = \eta \Delta E$

$\Rightarrow s = \frac{\eta \Delta E}{F_s} = \frac{(0.42)(1.4 \times 10^9\ J)}{280\ N}$

$\boxed{s = 2103\ km}$

b) Kommt zusätzlich noch die Reibkraft zwischen Luft und Auto dazu:

$F_{neu} = F_s + F_L$

Mit $F_L = (0.3\ \frac{kg}{m})\, v^2 = (0.3\ \frac{kg}{m})(\frac{160}{3.6}\ \frac{m}{s})^2$

$F_L = 593\ N$

$\Rightarrow F_{neu} = 280\ N + 593\ N = 873\ N$

$\Rightarrow S_{neu} = \frac{\eta \Delta E}{F_{neu}} = \ldots$

Also $\boxed{S_{neu} = 674\ km}$

Lösungvorschlag zu Aufgabe 4:

$m = 5\,\mathrm{kg}$, $\vec{v}_0 = \begin{pmatrix}5\\0\end{pmatrix}\frac{m}{s}$, $\vec{v}_1 = \begin{pmatrix}2\\-4\end{pmatrix}\frac{m}{s}$

$t_0 = 0\,s$, $t_1 = 2.5\,s$

a) Die mittlere Kraft $\vec{F}_{avg} = \frac{\Delta\vec{p}}{\Delta t}$

average

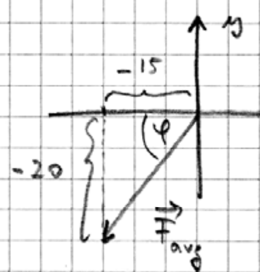
Mit $\Delta\vec{p} = \vec{p}_1 - \vec{p}_0 = m\,(\vec{v}_1 - \vec{v}_0) = (5\,\mathrm{kg})\left[\begin{pmatrix}2\\-4\end{pmatrix} - \begin{pmatrix}5\\0\end{pmatrix}\right]\frac{m}{s}$

$\Delta\vec{p} = \begin{pmatrix}-15\\-20\end{pmatrix}\mathrm{kg}\,\frac{m}{s}$

$\Rightarrow |\Delta\vec{p}| = \sqrt{15^2 + 20^2}\;\mathrm{kg}\,\frac{m}{s} = 25\;\mathrm{kg}\,\frac{m}{s}$

$\Rightarrow |\vec{F}_{avg}| = \frac{|\Delta\vec{p}|}{\Delta t} = \frac{25\,\mathrm{kg}\,\frac{m}{s}}{2.5\,s}$ Also: $\boxed{|\vec{F}_{avg}| = 10\,N}$

Richtung:



$\tan\varphi = \frac{F_y}{F_x} = \frac{-20\,N}{-15\,N}$

$\tan\varphi = 1.\overline{3}$

$\Rightarrow \boxed{\varphi = 53.1^\circ}$

b) Ja, weil sich die Tangentialgeschwindigkeit geändert hat!

$|\vec{v}_0| = 5\,\frac{m}{s}$, $|\vec{v}_1| = \sqrt{2^2 + (-4)^2}\;\frac{m}{s} = 4.47\,\frac{m}{s}$

$\Rightarrow$ Verzögerung in Bahnrichtung!

Lösungvorschlag zu Aufgabe 5:

a.) Für eine konstante Winkelbeschleunigung gilt

$$\varphi(t) = \underbrace{\cancel{\varphi_0}}_{=0} + \underbrace{\cancel{\omega_0} t}_{=0} + \frac{1}{2}\alpha t^2$$

$$\Rightarrow \quad \alpha = \frac{2\varphi_E}{t^2} = \frac{2[n\, 2\pi]}{t^2} = \frac{2[20\,(2\pi)]}{(0.5\,s)^2}$$

$$\boxed{\alpha \approx 1005 \frac{rad}{s^2}}$$

b) $$\omega(t) = \underbrace{\cancel{\omega_0}}_{=0} + \alpha t = \left(1005 \frac{rad}{s^2}\right)(0.5\,s)$$

$$\boxed{\omega_E = 503 \frac{rad}{s}}$$

c.) Drehmoment $\vec{M} = \vec{r} \times \vec{F}$

hier: $M = r F = (0.003\,m)(3\,N)$

$$\boxed{M = 9 \times 10^{-3}\,Nm}$$

d.) Arbeit: $W = \int M\, d\varphi$

hier: $W = M \varphi_E$, weil $M = const$

$$W = (9 \times 10^{-3}\,Nm)\,(\underbrace{20\,(2\pi\,rad)}_{126\,rad})$$

$$\boxed{W = 1.13\,J}$$

e.) Newton II: $M = J\alpha$

$\Rightarrow$ Massenträgheitsmoment $J = \frac{M}{\alpha}$

$$J = \frac{9 \times 10^{-3}\,Nm}{1005 \frac{rad}{s^2}} \Rightarrow \boxed{J = 8.96 \times 10^{-6}\,kg\,m^2}$$

<u>Lösungvorschlag zu Aufgabe 6:</u>

a) Drehimpuls : $\vec{\ell} = \vec{r} \times \vec{p}$

Mit $\vec{r} \perp \vec{p}$ $\Rightarrow$ $\ell = r p = r m v$

$= (1.5\,m)(55\,kg)(1.4\,\frac{m}{s})$

$\ell = 115.5\,kg\,\frac{m^2}{s}$

Da $\ell_1 = \ell_2 = \ell$ und $L = \ell_1 + \ell_2 = 2\ell$

$\Rightarrow$ $\boxed{L = 231\,kg\,\frac{m^2}{s}}$

b) 2 Punktmassen auf dem Kreis : $J = 2mr^2$

Mit $L_1 = J_1\,\omega_1$ $\Rightarrow$ $\omega_1 = \frac{L_1}{J_1} = \frac{L_1}{2mr^2}$

$= \frac{231\,kg\,m^2/s}{2\,(55\,kg)(1.5\,m)^2}$

$\boxed{\omega_1 \approx 0.933\,\frac{rad}{s}}$

c) DIE : $L_1 = L_2$

$J_1\,\omega_1 = J_2\,\omega_2$

$\Rightarrow$ $\omega_2 = \frac{J_1}{J_2}\,\omega_1 = \frac{r_1^2}{r_2^2}\,\omega_1 = \underbrace{\left(\frac{1.5\,m}{0.6\,m}\right)^2}_{2.5^2}\left(0.933\,\frac{rad}{s}\right)$

$\boxed{\omega_2 = 5.83\,\frac{rad}{s}}$

d) $E_{kin,1} = \frac{1}{2}\,J_1\,\omega_1^2 = \frac{1}{2}\,(2 m r_1^2)\,\omega_1^2 =$

$= \frac{1}{2}\,(248\,kgm^2)\left(0.933\,\frac{rad}{s}\right)^2$

$\boxed{E_{kin,1} = 108\,J}$

$E_{kin,2} = \frac{1}{2}\,J_2\,\omega_2^2 = \frac{1}{2}\,(39.6\,kgm^2)\left(5.83\,\frac{rad}{s}\right)^2$

$\boxed{E_{kin,2} = 673\,J}$

Die Eisläufer müssen sich gegen die Zentrifugalkräfte nach innen ziehen und Arbeit leisten. $W = \Delta E_{kin}$!

Lösungvorschlag zu Aufgabe 7:

Geg: $T = 9.8\,s$, $c = 37\,\frac{N}{m}$, $A = 32\,m$

a) $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{c}} \Rightarrow m = \frac{T^2}{4\pi^2}c = \frac{(9.8\,s)^2}{4\pi^2}\,37\,\frac{N}{m}$

$$\boxed{m = 90.0\,kg}$$

b) Der Bungeespringer erreicht seine maximale Geschwindigkeit im "neuen" Nulldurchgang. In diesem Punkt gleicht die Gewichtskraft die Federkraft aus.

Mit $y(t) = A\cos(\omega t + \phi)$

$\Rightarrow \dot{y}(t) = -\underbrace{A\omega}_{v_{max}}\sin(\omega t + \phi)$, wobei $\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{9.8\,s} = 0.641\,\frac{rad}{s}$

$\Rightarrow \boxed{v_{max} = A\omega = (32\,m)(0.641\,\frac{rad}{s}) \approx 20.5\,\frac{m}{s}}$

Außerdem gilt: $F_{Feder} = mg$

$c\,\Delta y = mg$

$\Rightarrow \Delta y = \frac{mg}{c} = \frac{(90.0\,kg)(9.81\,m/s^2)}{37\,N/m}$

$$\boxed{\Delta y \approx 23.9\,m}$$

c) EES: $\frac{1}{2}c(A + \Delta y)^2 = mgh$

$\Rightarrow h = \frac{c(A+\Delta y)^2}{2mg} = \frac{(37\,N/m)(32\,m + 23.9\,m)^2}{2(90\,kg)(9.81\,m/s^2)}$

$$\boxed{h \approx 65.5\,m}$$

Ursprungslänge des Seils: $L_0 = h - A - \Delta y$

$= 65.5\,m - 32\,m - 23.9\,m$

$$\boxed{L_0 \approx 9.6\,m}$$

d) $b = 10.8\,\frac{kg}{s} \Rightarrow \delta = \frac{b}{2m} = \frac{10.8\,\frac{kg}{s}}{2(90\,kg)} \approx 0.06\,\frac{1}{s}$

Mit $A(t) = A_0\,e^{-\delta t}$

$\Rightarrow t = -\frac{1}{\delta}\ln\frac{A(t)}{A_0} = -\frac{1}{0.06\,\frac{1}{s}}\ln\frac{2\,m}{32\,m}$

$t \approx 46.2\,s \Rightarrow \boxed{n = \frac{t}{T} = \frac{64.2\,s}{9.8\,s} \approx 4.72}$