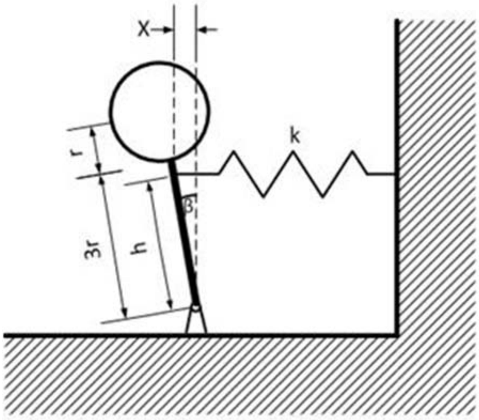
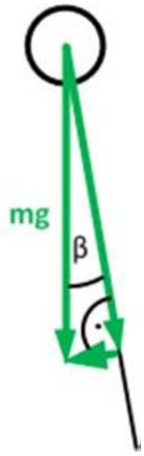
Hochschule Esslingen
University of Applied Sciences

Fakultät Grundlagen

Wintersemester	2013/2014	Blatt 1 (von 3)
Studiengang:	MBB, MAP	Semester: 3
Prüfungsfach:	TM 2, Teil 2, Schwingungslehre	Prüfungsnummer: 3012
Hilfsmittel:	Manuskript, Literatur, Taschenrechner	Zeit: 50 Minuten

Gesamtpunktzahl: 50





Lösung Aufgabe 1: Pendelstab

a.) Rücktreibendes Moment der Feder

$M_F = -k\,x\,h$

mit $x = h\,\sin\beta$

$M_F = -k\,h^2 \sin\beta \approx -\,k\,h^2\beta$ (3)

Moment durch die Gewichtskraft

$M_{G,Scheibe} = mg\sin\beta\;\;4r \approx mg\,4r\,\beta$

$M_{G,Stab} = mg\sin\beta\;\;\frac{3}{2}r \approx mg\;\frac{3}{2}r\,\beta$

$M_G = M_{G,Scheibe} + M_{G,Stab} = \frac{11}{2}mgr\beta$ (3)

Massenträgheitsmoment $J = J_{Stab} + J_{Scheibe}$

$$J = \frac{1}{12}ml^2 + m\left(\frac{l}{2}\right)^2 + \frac{1}{2}mr^2 + m\,(l+r)^2$$

$$J = \frac{1}{3}ml^2 + \frac{1}{2}mr^2 + m\,(l+r)^2$$

mit $l = 3r$ $\quad J = 3mr^2 + \frac{1}{2}mr^2 + 16\,m\,r^2 = \frac{39}{2}m\,r^2$ (4)

2\. Newton $\quad \sum M = J\,\ddot{\beta}$

$$\frac{11}{2}mgr\beta - k\,h^2\beta = \frac{39}{2}m\,r^2\,\ddot{\beta}$$

$$\ddot{\beta} + \frac{k\,h^2 - \frac{11}{2}mgr}{\frac{39}{2}m\,r^2}\beta = 0$$

$\omega_0 = \sqrt{\dfrac{k\,h^2 - \frac{11}{2}mgr}{\frac{39}{2}m\,r^2}}$ (4)

b.) $\omega_0{}^2 = \dfrac{k\,h^2 - \frac{11}{2}mgr\beta}{\frac{39}{2}m\,r^2} > 0$ $\qquad k\,h^2 > \frac{11}{2}mgr$

$h > \sqrt{\dfrac{\frac{11}{2}mgr}{k}}$ (3)

c.) von 4s bis 29 s sind 4 Perioden vergangen

$$T_d = \frac{t}{n} = \frac{25s}{4} = 6{,}25s$$

$$\omega_d = \frac{2\,\pi}{T_d} = 1{,}005\ \frac{1}{s}$$

$$\hat{\beta} = \hat{\beta}_0 e^{-\delta t} \qquad \delta = \frac{1}{t}\ln\frac{\hat{\beta}_0}{\hat{\beta}} = \frac{1}{25\,s}\ln\frac{4{,}3}{1{,}1} = 0{,}055\,\frac{1}{s}$$

$$\Lambda = \delta\, T_d = 0{,}34$$

$$D = \frac{\delta}{\omega_0} \approx \frac{\delta}{\omega_d} \approx 0{,}055$$ (5)

d.) Verloren gegangene Energie: $E_0 - E_n$
Ursprüngliche Energie: E_0
Anteil der verloren gegangenen Energie ist $\frac{E_0 - E_n}{E_0}$

mit $E_n = E_0\, e^{-2\delta n T_d}$

$$\frac{E_0 - E_n}{E_0} = \frac{E_0 - E_0\, e^{-2\delta n T_d}}{E_0} = 1 - e^{-2\delta n T_d} = 1 - e^{-2\cdot 0{,}055\frac{1}{s}\cdot 10\cdot 6{,}25 s} = 0{,}999 = 99{,}9\%$$ (3)

<u>Lösung Aufgabe 2:</u> **Erzwungene Schwingung**

a.)

$$A = y_{stat}\frac{1}{\sqrt{(1-\eta^2)^2 + (2D\eta)^2}}$$

$$\frac{y_{stat}}{A} = \sqrt{(1-\eta^2)^2 + (2D\eta)^2}$$

$$\left(\frac{y_{stat}}{A}\right)^2 = 1 - 2\eta^2 + \eta^4 + 4D^2\eta^2$$

$$0 = \eta^4 + (4D^2 - 2)\eta^2 + 1 - \left(\frac{y_{stat}}{A}\right)^2$$

mit $x = \eta^2$

$$0 = x^2 + (4D^2 - 2)x + 1 - \left(\frac{y_{stat}}{A}\right)^2$$

$$x_{1,2} = \frac{2 - 4D^2 \pm \sqrt{(4D^2-2)^2 - 4\left(1 - \left(\frac{y_{stat}}{A}\right)^2\right)}}{2}$$

mit $D = \frac{\delta}{\omega_0} = \frac{\frac{b}{2m}}{\sqrt{\frac{k}{m}}} = 0{,}01; \frac{y_{stat}}{A} = 2$

$x_1 = 2{,}9997;$ $(x_2 = -0{,}99995)$

$$\Omega = \omega_0 \eta = \sqrt{\frac{k}{m}}\,\sqrt{x_1} = 8{,}6598\,\frac{1}{s}$$ (6)

b.) Nur wenn die Anregungsfrequenz Ω höher ist als die Resonanzfrequenz kommt es zu einer kleineren Amplitude als durch die statische Auslenkung, wir befinden uns also oberhalb der Resonanzfrequenz und eine Erhöhung der Frequenz erniedrigt die Amplitude. (2)

c.) $\eta = \sqrt{x_1} = 1{,}732$ $\qquad \alpha = \pi + \arctan\frac{2D\eta}{1-\eta^2} = 3{,}124 rad = 179{,}0°$ (2)

<u>Lösung Aufgabe 3:</u> **Schallwelle**

a.) $I_A = I_0\, 10^{\frac{L_A}{10\, dB}} = 3{,}162 \cdot 10^{-7}\, \frac{W}{m^2}$

$I_K = \frac{P}{4\,\pi\, r^2} = \frac{2W}{4\,\pi\,(500m)^2} = 6{,}366 \cdot 10^{-7}\, \frac{W}{m^2}$

$I_{a+K} = I_A + I_K = 9{,}528 \cdot 10^{-7}\, \frac{W}{m^2}$

$L_{A+K} = 10dB\, \log\frac{I_{a+K}}{I_0} = 59{,}79\, dB$ (5)

b.) $I_{A+Z} = I_0\, 10^{\frac{L_{A+Z}}{10\, dB}} = 6{,}761 \cdot 10^{-6}\, \frac{W}{m^2}$

$I_Z = I_{A+Z} - I_A = 6{,}445 \cdot 10^{-6}\, \frac{W}{m^2}$

$I_Z = \frac{P}{2\pi l r}$ $\qquad r = \frac{P}{2\pi l\, I_Z} = \frac{10W}{2\pi\, 410m\; 6{,}445 \cdot 10^{-6} \frac{W}{m^2}} = 602\, m$ (5)

<u>Lösung Aufgabe 4:</u> **Seilwelle**

a.) das Bild zeigt die 2. Oberschwingung mit $\lambda_2 = \frac{2}{3} l = 1{,}6\ \mathrm{m}$

$c = \lambda_2\, f_2 = 1{,}6\ \mathrm{m} \cdot 25\ \mathrm{Hz} = 40\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ (3)

b.) $c = \lambda_0\, f_0$ $\qquad f_0 = \frac{c}{\lambda_0} = \frac{c}{2l} = 8{,}33\ \mathrm{Hz}$ (2)

c.) Für die beidseitig eingespannte Saite gilt $f_n = (n+1)\, f_0 = (n+1)\,\frac{c}{2\,l}$

$n < \frac{f_n\, 2\, l}{c} - 1 = 6{,}2$

Die 6. Oberschwingung (7. Harmonische) hat 6 Knoten (3)

d.) $c = \sqrt{\frac{F}{A \cdot \rho}}$, $\quad A = \frac{F}{c^2 \cdot \rho} = 0{,}977\ \mathrm{mm}^2$ (2)