Lösungen zur Prüfung Physik 2 für CIB/BTB, SS 2016

Autor: Dipl.-Phys. Marc Güßmann

Aufgabe 1: (28 P)

a)

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{m}{D}} \text{ mit } m = 10\,\text{kg} + m_{\text{Astronaut}}$$

$$\Rightarrow m_{\text{Astronaut}} = \frac{D \cdot T^2}{4\pi^2} - 10\,\text{kg} = \frac{15000\,\text{Nm}^{-1} \cdot (0{,}5\text{s})^2}{4\pi^2} - 10\,\text{kg} = 85\,\text{kg}$$

(4 P)

b) Abstand von Knoten zu Knoten entspricht einer halben Wellenlänge, also

$$c = \lambda \cdot f = 2 \cdot 0{,}21\,\text{m} \cdot 800\,\text{Hz} = 336\,\text{ms}^{-1}$$

(4 P)

c) Gangunterschied entspricht dem Sechstel einer Wellenlänge,

$$5\,\text{mm} = \frac{\lambda}{6} \Rightarrow \Delta\varphi = 2\pi \cdot \frac{1}{6} = \frac{\pi}{3} \Rightarrow \hat{y} = \sqrt{\hat{y}_1^2 + \hat{y}_2^2 + 2\hat{y}_1\hat{y}_2 \cdot \cos\Delta\varphi}$$

$$= \sqrt{(1\,\text{mm})^2 + (1\,\text{mm})^2 + 2 \cdot 1\,\text{mm} \cdot 1\text{mm} \cdot \cos\left(\frac{\pi}{3}\right)} = \sqrt{3\,\text{mm}^2} \approx 1{,}7\,\text{mm}$$

(4 P)

d) Gitterkonstante $g = \frac{10^{-3}\,\text{m}}{570} = 1{,}75 \cdot 10^{-6}\,\text{m}$

Bedingung für konstruktive Interferenz zum ersten Maximum (k=1):

$$\sin\alpha_1 = \frac{1 \cdot \lambda}{g} = \frac{6{,}33 \cdot 10^{-7}\,\text{m}}{1{,}75 \cdot 10^{-5}\,\text{m}} \Rightarrow \alpha_1 = 21{,}2°$$

$$\Rightarrow d_1 = a \cdot \tan\alpha_1 = 2\,\text{m} \cdot \tan 21{,}2° = 0{,}776\,\text{m}$$

Abstand beider Maxima erster Ordnung voneinander
(symmetrisch zum 0. Hauptmaximum): $2 \cdot 0{,}776\,\text{m} = 1{,}55\,\text{m}$

Anzahl der beobachtbaren Maxima:

$$\sin\alpha_k = \frac{k \cdot \lambda}{g} \le 1 \Rightarrow k \le \frac{g}{\lambda} \Rightarrow k \le 2{,}76 \text{ mit } k \in \mathrm{N} \quad \text{folgt } k_{\max} = 2$$

Es lassen sich also 5 Maxima auf dem Schirm beobachten: $k = 0, \pm 1, \pm 2$

(8 P)

e) Gesetz von Snellius:

$$\frac{\sin\alpha}{\sin\beta}=\frac{n_2}{n_1}\Rightarrow\frac{\sin 60°}{\sin\beta}=\frac{1{,}3}{1}\Rightarrow\beta=\arcsin\left(\frac{\sin 60°}{1{,}3}\right)=41{,}8°$$

Phasengeschwindigkeit in Wasser: $c=\frac{c_0}{n}=\frac{3\cdot10^8\ \mathrm{ms^{-1}}}{1{,}3}=2{,}3\cdot10^8\ \mathrm{ms^{-1}}$

(4 P)

f) Totalreflexion ist nur möglich für den Übergang eines Lichtstrahls vom optisch dichteren zum optisch dünneren Medium (hier also von Glas → Wasser), da nur hier der Brechungswinkel größer ist als der Einfallswinkel. Im Grenzfall (Brechungswinkel 90°) folgt aus dem Gesetz von Snellius:

$$\sin\beta_T=\frac{n_1}{n_2}=\frac{1{,}3}{1{,}5}\Rightarrow\beta_T=\arcsin\left(\frac{1{,}3}{1{,}5}\right)=60°$$

(4 P)

Aufgabe 2: (34 P)

a)

$$T_0=2\pi\cdot\sqrt{\frac{l}{g}}=2\pi\cdot\sqrt{\frac{60\ \mathrm{m}}{9{,}81\,\mathrm{ms^{-2}}}}=15{,}5\ \mathrm{s}\Rightarrow \mathrm{f}_0=\frac{1}{T_0}=0{,}06\ \mathrm{Hz}\Rightarrow\omega_0=2\pi\cdot f_0=0{,}4\frac{\mathrm{rad}}{\mathrm{s}}$$

(6 P)

b)

Pythagoras: $h=l-\sqrt{l^2-x^2}=60\ \mathrm{m}-\sqrt{(60\ \mathrm{m})^2-(2\ \mathrm{m})^2}=0{,}033\ \mathrm{m}=3{,}3\ \mathrm{cm}$

(4 P)

c)

$\hat{v}=\hat{x}\cdot\omega_0=2\ \mathrm{m}\cdot0{,}4\ \mathrm{s^{-1}}=0{,}8\ \mathrm{ms^{-1}}$ alternativ EES: $\frac{1}{2}m\hat{v}^2=mgh\Rightarrow\hat{v}=\sqrt{2gh}$

(4 P)

d)

$$v(t)=\frac{dx(t)}{dt}=\frac{d}{dt}\left(\hat{x}\cdot\cos(\omega_0\cdot t)\right)=-\hat{x}\omega_0\cdot\sin(\omega_0\cdot t)$$

$$\Rightarrow\sin(\omega_0\cdot t)=\frac{1}{2}\Rightarrow t=\frac{1}{\omega_0}\cdot\arcsin\left(\frac{1}{2}\right)=1{,}31\ \mathrm{s}$$

(4 P)

e) Durch die Verringerung der Temperatur würde sich die Länge des Pendels verkürzen, somit würde sich die Periodendauer verkleinern bzw. die Frequenz vergrößern.

(4 P)

f) Im Folgenden nehmen wir aufgrund der schwachen Dämpfung vereinfachend an: $T_d \approx T_0$

$$\hat{x}(t) = \hat{x}_0 \cdot e^{-\delta \cdot t} \Rightarrow \hat{x}(t = 50\,T_0) = \hat{x}_0 \cdot e^{-\delta \cdot 50 \cdot T_0} = 0{,}6 \cdot \hat{x}_0$$

$$\Rightarrow -\delta \cdot 50 \cdot T_0 = \ln 0{,}6$$

$$\Rightarrow \delta = -\frac{\ln 0{,}6}{50 \cdot T_0} = -\frac{\ln 0{,}6}{50 \cdot 15{,}5\,\mathrm{s}} = 6{,}6 \cdot 10^{-4}\,\mathrm{s}^{-1} \quad \text{(Abklingkonstante)}$$

$$D = \frac{\delta}{\omega_0} = \frac{6{,}6 \cdot 10^{-4}\,\mathrm{s}^{-1}}{0{,}4\,\mathrm{s}^{-1}} = 1{,}65 \cdot 10^{-3} \quad \text{(Dämpfungsgrad)}$$

$$\Lambda = \delta \cdot \mathrm{T}_0 = 6{,}6 \cdot 10^{-4}\,\mathrm{s}^{-1} \cdot 15{,}5\,\mathrm{s} = 0{,}01 \quad \text{(Logarithmisches Dekrement)}$$

(8 P)

g)

$E \sim \hat{x}^2 \Rightarrow 0{,}6^2 = 0{,}36 = 36\%$, d.h. es sind noch 36 % der anfänglichen Energie vorhanden, sprich 64 % der Energie wurde bislang in Reibungswärme umgewandelt.

(4 P)

Aufgabe 3: (30 P)

a)

$$c = \sqrt{\frac{F}{A \cdot \rho}} = \sqrt{\frac{m \cdot g}{\pi \cdot r^2 \cdot \rho}} = \sqrt{\frac{0{,}1\,\mathrm{kg} \cdot 9{,}81\,\mathrm{ms}^{-2}}{\pi \cdot \left(1{,}75 \cdot 10^{-4}\,\mathrm{m}\right)^2 \cdot 7800\,\mathrm{kg\,m}^{-3}}} = 36{,}16\,\mathrm{ms}^{-1}$$

(6 P)

b)

$$f_0 = \frac{c}{\lambda_0} = \frac{c}{2 \cdot L} = \frac{36{,}16\,\mathrm{ms}^{-1}}{2 \cdot 0{,}6\,\mathrm{m}} = 30{,}1\,\mathrm{Hz}$$

(4 P)

c)

$$f_1 = 2 \cdot f_0 = 60{,}2\,\mathrm{Hz} \qquad f_2 = 3 \cdot f_0 = 90{,}3\,\mathrm{Hz} \qquad f_3 = 4 \cdot f_0 = 120{,}4\,\mathrm{Hz}$$

(4 P)

d)

Der Magnet muss dort positioniert werden, wo sich erwartungsgemäß ein Bauch bilden wird. Je nach auftretender Oberschwingung befinden sich die Bäuche jedoch an verschiedenen Orten.

(4 P)

e)

Sobald der glühende Eisendraht in Form einer stehenden Welle zu schwingen beginnt, kühlen sich die Bäuche aufgrund der schnellen Bewegung an der Luft ab, während die Knoten weiterhin glühen.

(4 P)

f)

2. Harmonische bzw. 1. Oberschwingung:

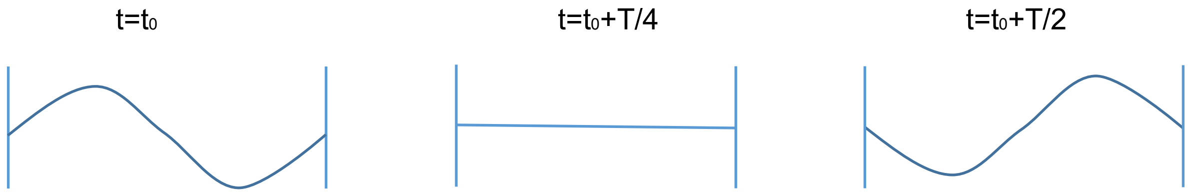
$$f_1 = 60{,}2\ \mathrm{Hz}$$

$$\Rightarrow \omega_1 = 2\pi \cdot f_1 = 377\ \mathrm{s}^{-1} \quad \text{und} \quad k_1 = \frac{2\pi}{\lambda_1} = \frac{2\pi}{0{,}6\ \mathrm{m}} = 10{,}5\ \mathrm{m}^{-1} \qquad (\hat{y}\ \text{unbekannt})$$

$$\Rightarrow y(x,t) = \hat{y} \cdot \cos\left(10{,}5\ \mathrm{m}^{-1} \cdot x\right) \cdot \sin\left(377\ \mathrm{s}^{-1} \cdot t\right)$$

Da weder räumliche Randbedingungen noch zeitliche Anfangsbedingungen spezifiziert sind, ist die Wahl der trigonometrischen Funktionen beliebig.

Skizze:



(8 P)

Aufgabe 4: (28 P)

a)

$$f = 10\,\frac{1}{\mathrm{min}} = 0{,}17\ \mathrm{Hz} \qquad T = 6\ \mathrm{s} \qquad \omega = 2\pi \cdot f = 1{,}05\,\frac{\mathrm{rad}}{\mathrm{s}}$$

$$\Rightarrow v = r \cdot \omega = 25\ \mathrm{m} \cdot 1{,}05\ \mathrm{s}^{-1} = 26{,}2\ \mathrm{ms}^{-1}$$

(6 P)

b)

$$F_Z = \frac{mv^2}{r} = \frac{90\ \mathrm{kg} \cdot \left(26{,}2\ \mathrm{ms}^{-1}\right)^2}{25\ \mathrm{m}} = 2376\ \mathrm{N}$$

(4 P)

Lösungen zur Prüfung Physik 2 für CIB/BTB, SS 2016

Autor: Dipl.-Phys. Marc Güßmann

c)

(i) höchster Punkt: $F = F_Z - F_G \Rightarrow a = \frac{v^2}{r} - g = 1{,}6\,g$

(ii) tiefster Punkt: $F = F_Z + F_G \Rightarrow a = \frac{v^2}{r} + g = 3{,}6\,g$

(i) halbe Höhe: $F = \sqrt{F_Z^2 + F_G^2} \Rightarrow a = \sqrt{\left(\frac{v^2}{r}\right)^2 + g^2} = 2{,}8\,g$

(10 P)

d)

waagrechter Wurf:

Flugzeit: $h = \frac{1}{2} g \cdot t^2 \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 55\,\mathrm{m}}{9{,}81\,\mathrm{ms}^{-2}}} = 3{,}35\,\mathrm{s}$

Horizontale Geschwindigkeit: $v_0 = v_x = 26{,}2\,\mathrm{ms}^{-1}$

Zurückgelegte Strecke in x-Richtung: $x = v_0 \cdot t = 26{,}2\,\mathrm{ms}^{-1} \cdot 3{,}35\,\mathrm{s} = 87{,}8\,\mathrm{m}$

(8 P)