Sommersemester **Wintersemester**	2010/11	**Zahl der Blätter:** 6 **Blatt Nr.** 1
Fachbereich:	Wirtschaftsingenieurwesen	**Semester:** IWB2
Prüfungsfach:	Physik 2	**Fachnummer:** 2071
Hilfsmittel:	Manuskript, Literatur, Taschenrechner	**Zeit:** 90 min

Aufgabe 1:

Eine Kugel der Masse m = 2 kg wird über eine Feder mit der Federkonstante k = 10 N/m mit einer festen Wand verbunden. Das System wird nun mit der Kraft F = 1 N ausgelenkt und zum Zeitpunkt t = 0 losgelassen. Dann beginnt das System zu schwingen.

a) Bestimmen Sie alle relevanten Größen der Bewegung und geben Sie damit die Gleichungen für $x(t)$, $v(t)$ und $a(t)$ an.

$$F = k \cdot \hat{x} \;\Rightarrow\; \hat{x} \;=\; \frac{F}{k} \;=\; \frac{1\,\text{N}}{10\,\text{N/m}} \;=\; 0{,}1\,\text{m}$$

$$\omega \;=\; \sqrt{\frac{k}{m}} \;=\; \sqrt{\frac{10\;\text{N/m}}{2\;\text{kg}}} \;=\; 2{,}24\,\text{s}^{-1}$$

$\varphi = 0$ bei cos, da t_0 = 0.

$$x(t) = \hat{x} \cdot \cos(\omega t + \varphi) \;=\; 0{,}1\,\text{m} \cdot \cos(2{,}24\;\text{s}^{-1} \cdot t + 0)$$
$$v(t) = -\hat{x}\omega \cdot \sin(\omega t + \varphi) \;=\; -0{,}224\,\text{ms}^{-1} \cdot \sin(2{,}24\;\text{s}^{-1} \cdot t + 0)$$
$$a(t) = -\hat{x}\omega^2 \cdot \cos(\omega t + \varphi) \;=\; -0{,}52\,\text{ms}^{-2} \cdot \cos(2{,}24\;\text{s}^{-1} \cdot t + 0)$$

b) An welchem Ort ist die Beschleunigung a = 0 (mit Begründung / Herleitung)?

$$a(t) = 0{,}52\,ms^{-2} \cdot \cos(2{,}24\,\text{s}^{-1} \cdot t + 0) \;=\; 0 \;\Rightarrow\; 2{,}24\,\text{s}^{-1} \cdot t = \frac{\pi}{2} \;\Rightarrow\; t = \frac{\pi}{2 \cdot 2{,}24\;\text{s}^{-1}} = 0{,}7\;\text{s}$$

$$2.\,\text{Lösung}: \Rightarrow\; 2{,}24\,\text{s}^{-1} \cdot t = \frac{3\pi}{2} \;\Rightarrow\; t = \frac{\pi}{2 \cdot 2{,}24\;\text{s}^{-1}} = 2{,}1\;\text{s}$$

$$x(t = 0{,}7\,\text{s}) = 0{,}1\,\text{m} \cdot \cos(2{,}24\,\text{s}^{-1} \cdot 0{,}7\,\text{s}) = 0$$
$$x(t = 2{,}1\,\text{s}) = 0{,}1\,\text{m} \cdot \cos(2{,}24\,\text{s}^{-1} \cdot 2{,}1\,\text{s}) = 0$$

Das ist der Nulldurchgang (einmal vorwärts durch, einmal rückwärts durch).

Semester:	WS 2010/11	**Blatt Nr. :** 2
Fachbereich:	Wirtschaftsingenieurwesen	**Semester:** IWB2
Prüfungsfach:	Physik 2	**Fachnummer:** 2071

Die Kugel reibt nun während ihrer Bewegung an einer rauhen Oberfläche. Dies erzeugt eine geschwindigkeitsabhängige, schwache Reibungskraft. Die Amplitude der Einhüllenden fällt deshalb innerhalb von $t_{1/2}$ = 5 s auf die Hälfte ab. Die Änderung der Schwingungsfrequenz soll dabei vernachlässigt werden.

c) Wie groß sind Abklingkonstante und Dämpfungsgrad?

$$x(t_{1/2}) = \hat{x} \cdot e^{-\delta \cdot t_{1/2}}$$

$$\frac{1}{2}\hat{x} = \hat{x} \cdot e^{-\delta \cdot 5\text{s}}$$

$$\Rightarrow \delta = \frac{\ln(0{,}5)}{-5\text{ s}} = 0{,}14\text{ s}^{-1}$$

$$\vartheta = \frac{\delta}{\omega} = \frac{0{,}14\text{ s}^{-1}}{2{,}24\text{ s}^{-1}} = 0{,}0625$$

d) Zeigen Sie, dass die Annahme, dass die Änderung der Schwingungsfrequenz vernachlässigt werden sollte, gerechtfertigt ist.

$$\frac{\omega_d}{\omega_0} = \sqrt{1-\vartheta^2} = \sqrt{1-0{,}0625^2} = 0{,}998 \quad \Rightarrow \text{ gerechtfertigt}$$

Nun wird die Kugel zu einer erzwungenen Schwingung angeregt.

e) Wie groß ist die minimale Kraftamplitude, mit der Sie eine Schwingungsamplitude von y_{res} = 10 cm erzeugen können?

Resonanzfall:

$$\hat{y}_{res} = \frac{\hat{F}_E}{k}\frac{1}{2\vartheta\sqrt{1-\vartheta^2}}$$

$$\Rightarrow \hat{F}_E = k \cdot \hat{y}_{res} \cdot 2\vartheta\sqrt{1-\vartheta^2} = 10\text{ N/m} \cdot 0{,}1\text{ m} \cdot 2 \cdot 0{,}0625 \cdot \sqrt{1-0{,}0625^2} = 0{,}125\text{ N}$$

Semester:	WS 2010/11	**Blatt Nr. :** 3
Fachbereich:	Wirtschaftsingenieurwesen	**Semester:** IWB2
Prüfungsfach:	Physik 2	**Fachnummer:** 2071

Aufgabe 2:

Um die Geschwindigkeit eines Autos zu bestimmen wird meist eine Radaranlage verwendet. Sie möchten nun demonstrieren, dass eine solche Geschwindigkeitsmessung auch mit Ultraschall möglich ist (Ausbreitungsgeschwindigkeit in Luft: c = 340 m/s). Als Schallgeber verwenden Sie eine Ultraschall-Pfeife.

a) Im Abstand von einem Meter von der Pfeife messen Sie einen Schallintensitätspegel von L_I = 50 dB. Welcher Intensität entspricht dies?

$$L_I = 10\lg\left(\frac{I_1}{I_0}\right)\text{dB} \qquad I_0 = 10^{-12}\,\frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

$$\Rightarrow\ I_1 = 10^{\frac{L_I}{10\,\text{dB}}}\cdot I_0 \quad = \quad 10^5\cdot 10^{-12}\,\frac{\text{W}}{\text{m}^2} \quad = \quad 10^{-7}\,\frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

b) Der Fahrer eines Autos hat seinen Schäferhund dabei. Im Gegensatz zum Menschen kann er denn Ultraschall hören. Seine Hörschwelle liegt im Ultraschall bei L_H = 10 dB. Wie nah muss Ihnen das Auto kommen, damit der Hund die Pfeife hören kann? (Die Frequenzverschiebung soll hierfür vernachlässigt werden.)

$$L_H = 10\lg\left(\frac{I_2}{I_0}\right)\text{dB} \qquad I_0 = 10^{-12}\,\frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

$$\Rightarrow\ I_1 = 10^{\frac{L_H}{10\,\text{dB}}}\cdot I_0 \quad = \quad 10^1\cdot 10^{-12}\,\frac{\text{W}}{\text{m}^2} \quad = \quad 10^{-11}\,\frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

$$I_1 = \frac{P}{4\pi\, r_1^2} \qquad I_2 = \frac{P}{4\pi\, r_2^2}$$

$$I_1\cdot 4\pi\, r_1^2 = I_2\cdot 4\pi\, r_2^2$$

$$r_2 = \sqrt{\frac{I_1}{I_2}}\cdot r_1 = \sqrt{\frac{10^{-7}}{10^{-11}}}\cdot 1\,\text{m} = 100\,\text{m}$$

⇨ Entfernung des Autos: 100 m

Semester:	WS 2010/11	**Blatt Nr. :** 4
Fachbereich:	Wirtschaftsingenieurwesen	**Semester:** IWB2
Prüfungsfach:	Physik 2	**Fachnummer:** 2071

c) Bei der Ultraschallpfeife handelt es sich um eine Pfeife, welche an beiden Enden offen ist. Wie lang muss die Pfeife sein, wenn die Grundschwingung als Schallgeber mit der Frequenz f = 25 kHz verwendet wird (der Durchmesser der Pfeife soll gegenüber der Länge vernachlässigbar sein)? Welche Frequenz hat dann die erste Oberschwingung?

$$f_0 = \frac{c}{2L} \quad \Rightarrow \quad L = \frac{c}{2\,f_0} = \frac{340\ \text{m/s}}{2 \cdot 25000/\text{s}} = 6{,}8\ \text{mm}$$

$$f_1 = 2\,f_0 = 50\ \text{kHz}$$

d) Wie schnell muss ein Auto von Ihnen wegfahren, damit der Fahrer den Grundton hören kann? (der Hörbereich des menschlichen Ohres beträgt 20 Hz – 20 kHz; die Lautstärke soll vernachlässigt werden.)

$$f_B = f_Q\left(1 - \frac{v_B}{c}\right) \quad \Rightarrow \quad \left(1 - \frac{v_B}{c}\right) = \frac{f_B}{f_Q}$$

$$\Rightarrow \quad v_B = \left(1 - \frac{f_B}{f_Q}\right) \cdot c = \left(1 - \frac{20\ \text{kHz}}{25\ \text{kHz}}\right) \cdot 340\,\frac{\text{m}}{\text{s}} \ = \ 68\,\frac{\text{m}}{\text{s}} \ = \ 244{,}8\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$$

e) Neben Ihnen befindet sich ein kleiner See (Durchmesser d = 600 m). Die Luft darüber ist deutlich kühler als in der Umgebung, was zu einer anderen Schallgeschwindigkeit führt (der Schall soll sich nicht durch das Wasser ausbreiten). Auf der anderen Seite des Sees befindet sich ein gut abgerichteter Hund, der jeweils T = 1,8 s nach einem Pfiff in Ihre Pfeife sein Pfötchen hebt (die Reaktionszeit des Hundes soll vernachlässigt werden). Wie groß ist die Wellenlänge der Ultraschallwelle über dem See?

$$c = \frac{d}{T} = \frac{600\ \text{m}}{1{,}8\ \text{s}} = 333\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$c = \lambda \cdot f \quad \Rightarrow \quad \lambda = \frac{c}{f} = \frac{333\ \text{m/s}}{25\ \text{kHz}} = 1{,}33\ \text{cm}$$

Semester:	WS 2010/11	**Blatt Nr. :** 5
Fachbereich:	Wirtschaftsingenieurwesen	**Semester:** IWB2
Prüfungsfach:	Physik 2	**Fachnummer:** 2071

Aufgabe 3:

Sie möchten mit einem Beamer einen Film anschauen. Die Auflösung beträgt 1920x1080 pixel. Die Leistung der Lampe beträgt P = 200 W; die Hälfte davon geht durch Wärme verloren. Da sich hinter der Lampe ein Parabolspiegel befindet können alle Lichtteilchen genutzt werden.

a) Wie viele Photonen werden pro Sekunde an die Leinwand geworfen, wenn Sie zur Vereinfachung eine einheitliche Wellenlänge von λ = 550 nm annehmen und keine Photonen für die Erzeugung des Bildes absorbiert werden?

$$E_{Photon} = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6{,}63 \cdot 10^{-34}\ \text{Js} \cdot 3 \cdot 10^{8}\ \text{m/s}}{550 \cdot 10^{-9}\ \text{m}} = 3{,}62 \cdot 10^{-19}\ \text{J}$$

$$\dot{n} = \frac{P}{E_{Photon}} = \frac{100\ \text{J/s}}{3{,}62 \cdot 10^{-19}\ \text{J}} = 2{,}77 \cdot 10^{20}\ \text{s}^{-1}$$

b) Welche Impulskraft üben die Photonen auf die Leinwand aus?

$$p_{Photon} = \frac{h}{\lambda} = \frac{6{,}63 \cdot 10^{-34}\ \text{Js}}{550 \cdot 10^{-9}\ \text{m}} = 1{,}21 \cdot 10^{-27}\ \text{Ns}$$

$$F = \dot{n} \cdot p_{Photon} = 2{,}77 \cdot 10^{20}\ \text{s}^{-1} \cdot 1{,}21 \cdot 10^{-27}\ \text{Ns} = 3{,}33 \cdot 10^{-7}\ \text{N}$$

Ein Pixel im Display (=Gegenstand der Abbildung) des Beamers hat eine Größe von 0,05 mm x 0,05 mm. Sie möchten nun auf der Leinwand ein Bild von der Größe 3,84 m x 2,16 m erzeugen.

c) Bestimmen Sie die Vergrößerung!

$$B = \frac{3{,}84\ \text{m}}{1920\ \text{pixel}} = 2\ \text{mm/pixel}$$

$$V = \frac{B}{G} = \frac{2\ \text{mm/pixel}}{0{,}05\ \text{mm/pixel}} = 40$$

Alternativ: die Gegenstandsgröße mit $G = 1920\ \text{pixel} \cdot 0{,}05\ \text{mm/pixel}$ berechnen.

Semester:	WS 2010/11	**Blatt Nr. :** 6
Fachbereich:	Wirtschaftsingenieurwesen	**Semester:** IWB2
Prüfungsfach:	Physik 2	**Fachnummer:** 2071

d) Die Bildweite soll 4 m betragen. Welche Brennweite muss die Linse für eine scharfe Abbildung haben?

$$\frac{1}{g}+\frac{1}{b}=\frac{1}{f}$$

$$V=\frac{B}{G}=\frac{b}{g}\Rightarrow g=\frac{b}{V}$$

$$\Rightarrow \frac{V}{b}+\frac{1}{b}=\frac{1}{f}$$

$$\Rightarrow f=\frac{b}{V+1}=\frac{4\text{ m}}{41}=97{,}5\text{ mm}$$

Da Ihnen das Bild Ihres Beamers nicht hell genug erscheint, möchten Sie die Helligkeit nachmessen. Dafür verwenden Sie einen Photowiderstand aus Silizium, welcher mit Arsen-Atomen dotiert wurde. Der Photowiderstand hat eine Länge von l = 10 mm (entlang des elektrischen Stroms), eine Breite von b = 1 mm und eine Höhe von h = 0,5 mm.

e) Um den Widerstand vor der Messung der Lichtintensität zu kalibrieren legen Sie eine Spannung von U = 1 V an und messen einen Strom von I = 200 mA. Verwenden Sie die Beweglichkeit der Elektronen (μ_n = 1080 cm^2/Vs) um hieraus die Dotierungsdichte des Photowiderstands zu bestimmen!

$$R=\rho\frac{l}{b\cdot h}=\frac{U}{I}\quad\Rightarrow\quad\rho=\frac{U}{I}\cdot\frac{b\cdot h}{l}=\frac{1\text{ V}}{0{,}2\text{ A}}\cdot\frac{10^{-3}\text{ m}\cdot 0{,}5\cdot 10^{-3}\text{ m}}{10\cdot 10^{-3}\text{ m}}=2{,}5\cdot 10^{-4}\ \Omega\text{m}$$

$$\rho=\frac{1}{e\cdot n_D\cdot\mu_n}$$

$$\Rightarrow\quad n_D=\frac{1}{e\cdot\rho\cdot\mu_n}=\frac{\text{Vs}}{1{,}6\cdot 10^{-19}\text{ As}\cdot 2{,}5\cdot 10^{-4}\ \Omega\text{m}\cdot 1080\cdot 10^{-4}\text{m}^2}=2{,}31\cdot 10^{23}\text{m}^{-3}=2{,}31\cdot 10^{17}\text{cm}^{-3}$$