Sommersemester **Wintersemester**	2011	**Zahl der Blätter:** 3 (8) **Blatt Nr.:** 1
Fachbereich:	Wirtschaftsingenieurwesen	**Semester:** IWB2
Prüfungsfach:	Physik 2	**Fachnummer:** 2071
Hilfsmittel:	Manuskript, Literatur, Taschenrechner	**Zeit:** 90 min

Bitte verwenden Sie für jede Aufgabe ein separates Blatt!

Viel Erfolg!

Aufgabe 1:

Die Masse (m_K = 25 kg) eines Foucault'schen Pendels befindet sich in Ruhe h_1 = 50 cm über dem Boden. Das Pendel wird nun nach oben gezogen, bis sich die Masse h_2 = 1,5 m über dem Boden befindet und zum Zeitpunkt t = 0 losgelassen. Nach t_x = 2,837 s erreicht das Pendel den höchsten Punkt **auf der anderen Seite**. Die Erddrehung soll vernachlässigt werden.

a) Bestimmen Sie alle relevanten Größen der Bewegung und geben Sie damit die Bewegungsgleichungen für $\beta(t)$, $\dot{\beta}(t)$ und $\ddot{\beta}(t)$ an.

$$T = 2 \cdot t_x = 2 \cdot 2{,}837\ \text{s} = 5{,}674\ \text{s}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \Rightarrow l = \frac{gT^2}{4\pi^2} = \frac{9{,}81\ \text{m/s}^2 \cdot 5{,}674^2\,\text{s}^2}{4\pi^2} = \frac{gT^2}{4\pi^2} = 8\ \text{m}$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{5{,}674\ \text{s}} = 1{,}107\ \text{s}^{-1}$$

$$y + \Delta h = l \quad ; \quad \frac{y}{l} = \cos(\hat{\beta})$$

$$\Rightarrow \hat{\beta} = \arccos\left(\frac{l - \Delta h}{l}\right) = \arccos\left(\frac{8\ \text{m} - 1\ \text{m}}{8\ \text{m}}\right) = 0{,}505 = 28{,}96°$$

$$\beta(t = 0) = \hat{\beta} = \hat{\beta} \cdot \cos(\omega \cdot 0 + \varphi) \Rightarrow \varphi = 0$$

$$\beta(t) = \hat{\beta} \cdot \cos(\omega t + \varphi) = 28{,}96° \cdot \cos(1{,}107\ \text{s}^{-1} \cdot t + 0)$$
$$\dot{\beta}(t) = \hat{\beta}\omega \cdot \cos(\omega t + \varphi) = -32{,}06°\text{s}^{-1} \cdot \sin(1{,}107\ \text{s}^{-1} \cdot t + 0)$$
$$\ddot{\beta}(t) = \hat{\beta}\omega^2 \cdot \cos(\omega t + \varphi) = -35{,}51°\text{s}^{-2} \cdot \cos(1{,}107\ \text{s}^{-1} \cdot t + 0)$$

Semester:	SS 2011	**Blatt Nr.:** 2
Fachbereich:	Wirtschaftsingenieurwesen	**Semester:** IWB2
Prüfungsfach:	Physik 2	**Fachnummer:** 2071

b) Wie schnell (in km/h) ist die Pendelmasse im tiefsten Punkt?

$$v_{\max} = \hat{\dot{\beta}} \cdot l = 0{,}505 \cdot 1{,}107\,\mathrm{s}^{-1} \cdot 8\,\mathrm{m} = 4{,}47\ \mathrm{m/s} = 16{,}11\ \mathrm{km/h}$$

Oder via EES:

$$E_{kin} = \frac{1}{2} m v_{\max}^2 = E_{pot} = mg \cdot \Delta h$$

$$\Rightarrow v_{\max} = \sqrt{2g \cdot \Delta h} = \sqrt{2 \cdot 9{,}81\,\mathrm{ms}^{-2} \cdot 1\,\mathrm{m}} = 4{,}43\ \mathrm{m/s} = 15{,}95\ \mathrm{km/h}$$

Ergebnisse nicht identisch wg. Kleinstwinkelnäherung bei der oberen Formel.

c) Nach fünf vollen Perioden ist die Amplitude des Pendels auf ¼ der Anfangsamplitude gesunken. Wie groß sind Abklingkonstante und Dämpfungsgrad?

$$\beta(t = 5T) = \hat{x} \cdot e^{-\delta \cdot 5T}$$

$$\frac{1}{4}\hat{x} = \hat{x} \cdot e^{-\delta \cdot 28{,}37\mathrm{s}}$$

$$\Rightarrow \delta = \frac{\ln(0{,}25)}{-28{,}37\ \mathrm{s}} = 0{,}0489\ \mathrm{s}^{-1}$$

$$\vartheta = \frac{\delta}{\omega} = \frac{0{,}0489\ \mathrm{s}^{-1}}{1{,}107\ \mathrm{s}^{-1}} = 0{,}0441$$

d) welche Näherung haben Sie in Aufgabenteil a) verwendet? War diese Näherung zulässig (bitte durch kurze Rechnung / Abschätzung begründen!)?

Kleinstwinkelnäherung.

$\sin(0{,}505) = 0{,}485$ => Kleinstwinkelnäherung zulässig, da nur kleine Auslenkung.

e) Hätte man Aufgabenteil a) auch mit den Formeln des Physikalischen Pendels berechnen können (mit Begründung)?

Ja, denn das mathematische Pendel ist ein Sonderfall des Physikalischen Pendels.

Semester:	SS 2011	**Blatt Nr.:** 3
Fachbereich:	Wirtschaftsingenieurwesen	**Semester:** IWB2
Prüfungsfach:	Physik 2	**Fachnummer:** 2071

Aufgabe 2:

Sie bekommen eine Gitarre in die Finger und da Sie nie gelernt haben darauf zu spielen zupfen Sie einfach mal an einer der Saiten. Sie lenken die Mitte der Saite um 3 cm aus und lassen sie los. Sie hören nun einen (Grund-)Ton mit der Frequenz f = 440 Hz. Der Resonanzkörper der Gitarre soll vernachlässigt werden. Die Saite hat eine Länge von 80 cm.

a) Wie schnell breitet sich die Welle auf der Saite aus?

$$f_0 = \frac{c}{2L} \quad \Rightarrow c = 2Lf_0 = 2 \cdot 0{,}8\ \mathrm{m} \cdot 440\ \mathrm{Hz} = 704\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$$

b) Mit welcher Zugspannung (in N/mm²) ist die Saite gespannt, wenn die Saite aus Nylon hergestellt wurde ($\rho_{\mathrm{Nylon}} = 1{,}13\ \mathrm{kg/dm^3}$)?

$$c = \sqrt{\frac{F}{\rho A}} = \sqrt{\frac{\sigma}{\rho}} \quad \Rightarrow \sigma = c^2 \rho = 704^2\ \frac{\mathrm{m}^2}{\mathrm{s}^2} \cdot 1{,}13 \cdot 10^{-3}\ \frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m} \cdot \mathrm{mm}^2} = 560\ \frac{\mathrm{N}}{\mathrm{mm}^2}$$

Semester:	SS 2011	**Blatt Nr.:** 4
Fachbereich:	Wirtschaftsingenieurwesen	**Semester:** IWB2
Prüfungsfach:	Physik 2	**Fachnummer:** 2071

Eine Gruppe Zuhörer befindet sich x = 20 m von Ihnen entfernt (also soweit, dass die Gitarre als punktförmige Schallquelle wahrgenommen wird) und nimmt einen Lautstärkepegel von L_I = 60 dB wahr.

c) Berechnen Sie die Schallintensität und die akustische Leistung.

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

$$\Rightarrow\ I_1 = 10^{\frac{L_\mathrm{I}}{10\,\mathrm{dB}}}\cdot I_0 \quad = \quad 10^6\cdot 10^{-12}\,\frac{\mathrm{W}}{\mathrm{m}^2} \quad = \quad 10^{-6}\,\frac{\mathrm{W}}{\mathrm{m}^2}$$

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

$$\Rightarrow P = I_1\cdot 4\pi\, r_1^2 = 10^{-5}\,\frac{\mathrm{W}}{\mathrm{m}^2}\cdot 4\pi\cdot 400\,\mathrm{m}^2 = 5{,}03*10^{-3}\ \mathrm{W}$$

d) Die Gruppe aus Aufgabenteil c) hört den Ton Ihrer Gitarre t = 0,058 s nachdem Sie an der Saite gezupft haben. Welche Temperatur hat es in dem Raum (in °C)?

$$c = \frac{s}{t}$$

$$c_\mathrm{Luft} = 20{,}063\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\cdot\sqrt{T/\mathrm{K}}$$

$$\Rightarrow\ T = \frac{c_\mathrm{Luft}^2}{20{,}063^2\ \mathrm{m}^2/\mathrm{s}^2}\,\mathrm{K} = \frac{s^2/t^2}{20{,}063^2\ \mathrm{m}^2/\mathrm{s}^2}\,\mathrm{K} = \frac{400\ \mathrm{m}^2/0{,}058\ \mathrm{s}^2}{20{,}063^2\ \mathrm{m}^2/\mathrm{s}^2}\,\mathrm{K} = 295{,}40\ \mathrm{K} = 22{,}24\ °\mathrm{C}$$

e) Da Sie von den Zuhörern ausgebuht werden werfen Sie die Gitarre mit der noch immer schwingenden Saite in die Menge. Dabei nehmen die Zuhörer einen Ton mit der Frequenz f_2 = 450 Hz wahr. Wie schnell fliegt die Gitarre?

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

$$\Rightarrow\quad v_Q = \left(1-\frac{f_Q}{f_B}\right)\cdot c = \left(1-\frac{440\ \mathrm{Hz}}{450\ \mathrm{Hz}}\right)\cdot 340\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} \quad = \quad 7{,}56\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} \quad = \quad 27{,}2\,\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$$

Semester:	SS 2011	**Blatt Nr.:** 5
Fachbereich:	Wirtschaftsingenieurwesen	**Semester:** IWB2
Prüfungsfach:	Physik 2	**Fachnummer:** 2071

Aufgabe 3:

a) Nennen Sie drei Methoden um das Spektrum einer unbekannten Lichtquelle zu bestimmen!

- Michelson-Interferometer
- Wadshorth-Monochromator (Prisma-Spektrometer)
- Gitter-Spektrometer

Sie haben das Objektiv Ihres Fotoapparats abgeschraubt und stattdessen Ihr neues Kepler-Fernrohrauf den Fotoapparat geschraubt. Damit sind Sie an die Ostsee gefahren und machen ein Foto eines Leuchtturms. Der Leuchtturm befindet sich in a = 1 km Entfernung und die Höhe des Leuchtturms beträgt h = 80 m. Sie haben Ihr Fernrohr so eingestellt, dass der Leuchtturm (hochkant) formatfüllend abgebildet wird. Das Objektiv ihres Fernrohrs (also die Objektiv-Linse = vordere Linse) hat einen Durchmesser von d = 100 mm und eine Brennweite von f_1 = 300 mm.

b) Berechnen Sie die Höhe des Zwischenbilds.

$$\frac{1}{a}+\frac{1}{b_{ZB}}=\frac{1}{f}$$

$$\Rightarrow b_{ZB}=\frac{f\cdot a}{a-f}=\frac{0{,}3\text{ m}\cdot 1000\text{ m}}{1000\text{ m}-0{,}3\text{ m}}=0{,}3\text{ m}$$

$$\frac{ZB}{b_{ZB}}=\frac{G}{a}$$

$$\Rightarrow ZB=\frac{G_h}{a}\cdot b_{ZB}=\frac{80\text{ m}}{1000\text{ m}}\cdot 0{,}3\text{ m}=0{,}024\text{ m}$$

Semester:	SS 2011	**Blatt Nr.:** 6
Fachbereich:	Wirtschaftsingenieurwesen	**Semester:** IWB2
Prüfungsfach:	Physik 2	**Fachnummer:** 2071

c) Der CCD-Chip ihrer Kamera hat (hochkant) eine Höhe von 36 mm. Berechnen Sie die Brennweite des Okulars, wenn der Abstand zwischen Objektiv und Okular l = 0,4 m beträgt.

$$l = b_{ZB} + a_{ZB} \quad \text{(Zeichnung hilfreich)}$$

$$\Rightarrow \quad a_{ZB} = l - b_{ZB} = 0{,}4\ \text{m} - 0{,}3\ \text{m} = 0{,}1\ \text{m}$$

$$\frac{ZB}{a_{ZB}} = \frac{B}{b}$$

$$\Rightarrow \quad b = \frac{B}{ZB} \cdot a_{ZB} = \frac{0{,}36\ \text{mm}}{0{,}24\ \text{mm}} \cdot 0{,}1\ \text{m} = 0{,}15\ \text{m}$$

$$\frac{1}{a_{ZB}} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f_{Ok}}$$

$$\Rightarrow f = \frac{a_{ZB} \cdot b}{b + a_{ZB}} = \frac{0{,}1\ \text{m} \cdot 0{,}15\ \text{m}}{0{,}15\ \text{m} + 0{,}1\ \text{m}} = 0{,}06\ \text{m} = 60\ \text{mm}$$

Semester:	SS 2011	**Blatt Nr.:** 7
Fachbereich:	Wirtschaftsingenieurwesen	**Semester:** IWB2
Prüfungsfach:	Physik 2	**Fachnummer:** 2071

Die Sonne ist mittlerweile untergegangen und es ist dunkel. Deshalb hat der Leuchtturm sein Licht eingeschaltet (punktförmige gelbe Lichtquelle ohne Reflektor mit λ = 590 nm und P_L = 4 kW). Sie stellen Ihr Fernrohr nun so ein, dass sämtliches Licht, welches durch das Objektiv dringt, annähernd gleichmäßig auf den CCD-Chip verteilt wird.

d) Wie viele Photonen treffen dann pro Sekunde auf den CCD-Chip?

Die Lampenleistung verteilt sich auf folgende Oberfläche:

$$A_L = 4\pi a^2 = 4\pi \cdot 1.000^2\,\mathrm{m}^2 = 1{,}257 \cdot 10^7\ \mathrm{m}^2$$

Die Oberfläche des Objektivs ist:

$$A_O = \frac{\pi}{4} d^2 = \frac{\pi}{4} 0{,}1^2\,\mathrm{m}^2 = 0{,}00785\ \mathrm{m}^2$$

Somit beträgt die Leistung, welche ins Objektiv eindringt:

$$P_O = P_L \frac{A_O}{A_L} = 4.000\ \mathrm{W} \cdot \frac{0{,}00785\ \mathrm{m}^2}{1{,}257 \cdot 10^7\ \mathrm{m}^2} = 2{,}5 \cdot 10^{-6}\ \mathrm{W}$$

Energie eines Photons:

$$E_{Photon} = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6{,}63 \cdot 10^{-34}\ \mathrm{Js} \cdot 3 \cdot 10^8\ \mathrm{m/s}}{590 \cdot 10^{-9}\ \mathrm{m}} = 3{,}37 \cdot 10^{-19}\ \mathrm{J}$$

Photonenrate:

$$\dot{n} = \frac{P_O}{E_{Photon}} = \frac{2{,}5 \cdot 10^{-6}\ \mathrm{W}}{3{,}37 \cdot 10^{-19}\ \mathrm{J}} = 7{,}42 \cdot 10^{12}\ \mathrm{s}^{-1}$$

Semester:	SS 2011	**Blatt Nr :** 8
Fachbereich:	Wirtschaftsingenieurwesen	**Semester:** IWB2
Prüfungsfach:	Physik 2	**Fachnummer:** 2071

Durch dieses Licht werden im CCD-Chip Elektronen vom Valenzband ins Leitungsband gehoben. Dadurch steigt die Elektronen-Ladungsträgerdichte auf $n_D = 4{,}3 \cdot 10^{16}\,\mathrm{cm}^{-3}$, wodurch der spezifische Widerstand auf $\rho = 1{,}58 \cdot 10^{-4}\ \Omega\mathrm{m}$ sinkt.

e) Bestimmen Sie hieraus die Beweglichkeit der Elektronen (in cm²/Vs).

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

$$\Rightarrow \quad \mu_n = \frac{1}{e \cdot \rho \cdot n_D} = \frac{10^{-2} \cdot \mathrm{m} \cdot \mathrm{cm}^2}{1{,}6 \cdot 10^{-19}\ \mathrm{As} \cdot 1{,}58 \cdot 10^{-4}\ \Omega\mathrm{m} \cdot 4{,}3 \cdot 10^{16}} = 9200\ \frac{\mathrm{cm}^2}{\mathrm{Vs}}$$