Wintersemester	2015/16	Blatt 1 (von 4)
Studiengang:	TIB2	Semester 2
Prüfungsfach:	Physik 2	Fachnummer: 1052010
Hilfsmittel:	Manuskript, Literatur, Taschenrechner	Zeit: 90 Minuten

Gesamtpunktzahl: 85

<u>Aufgabe 1:</u> **Auto mit Ladung** **(27 Punkte)**

Ein gefedertes, unbeladenes Auto hat die Leermasse m_0 = 800 kg. Bei einer Zuladung von m_1 = 250 kg senkt sich die Karosserie um x_1 = 30 mm.

a) Wie groß ist die Federkonstante k der Federung?

b) Wie groß ist beim unbeladenen Auto die Kreisfrequenz ω_0?

c) Wie groß ist beim unbeladenen Auto die Eigenfrequenz f_0 und die Schwingungsdauer T_0?

d) Wie groß ist beim beladenen Auto die Kreisfrequenz ω_1?

e) Wie groß ist beim beladenen Auto die Eigenfrequenz f_1 und die Schwingungsdauer T_1?

Das Fahrzeug verfügt über einen einstellbaren Schwingungsdämpfer. Er arbeitet nach dem Prinzip der viskosen Reibung, bei der die Reibungskraft geschwindigkeitsabhängig ist: $F_R = -R \cdot v$.

f) Der Schwingungsdämpfer wird für das unbeladene Auto auf den aperiodischen Grenzfall eingestellt. Welchen Wert hat die Größe R_0, die die viskose Reibung beschreibt? Geben Sie die Abklingkonstante δ_0 an.

g) Der Schwingungsdämpfer wird für das beladene Auto auf den aperiodischen Grenzfall eingestellt. Welchen Wert hat dann die Größe R_1, die die viskose Reibung beschreibt? Geben Sie die Abklingkonstante δ_1 an.

Lösungsvorschlag Aufgabe 1: **Auto mit Ladung**

a) Unbeladen ist das Feder-Masse-System in der Ruhelage x_0, beladen ist es in der Ruhelage $x = x_0 + x_1$:

$$\mathrm{m_0 g} = \mathrm{F_{G0}} = -kx_0$$

$$(\mathrm{m_0} + \mathrm{m_1})\mathrm{g} = \mathrm{F_{G1}} = -k(x_0 + x_1)$$

Durch Subtraktion der Gleichungen erhalten wir die Federkonstante k:

$$\mathrm{k} = \frac{\mathrm{m_1} g}{x_1} = 81{,}75 \frac{kN}{m}$$

b) Die Kreisfrequenz des unbeladenen Autos ist:

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m_0}} = 10{,}11\, s^{-1}$$

c)

$$T_0 = \frac{2\pi}{\omega_0} = 0{,}622\, s \;\Rightarrow\; f_0 = \frac{1}{T_0} = 1{,}609\, Hz$$

d) Die Kreisfrequenz des beladenen Autos ist:

$$\omega_1 = \sqrt{\frac{k}{m_0 + m_1}} = 8{,}82\, s^{-1}$$

e)

$$T_1 = \frac{2\pi}{\omega_1} = 0{,}712\, s \;\Rightarrow\; f_1 = \frac{1}{T_1} = 1{,}404\, Hz$$

f) Aperiodische Dämpfung des unbeladenen Autos:

$$\delta_0 = \omega_0 = 10{,}11\, s^{-1} \quad und \quad R_0 = 2 m_0 \omega_0 = 16176 \frac{kg}{s}$$

g) Aperiodische Dämpfung des beladenen Autos:

$$\delta_1 = \omega_1 = 8{,}82\, s^{-1} \quad und \quad R_1 = 2(m_0 + m_1)\omega_1 = 18522 \frac{kg}{s}$$

Wintersemester	2015/16	Blatt 2 (von 4)
Studiengang:	TIB2	Semester 2
Prüfungsfach:	Physik 2	Fachnummer: 1052010
Hilfsmittel:	Manuskript, Literatur, Taschenrechner	Zeit: 90 Minuten

<u>Aufgabe 2:</u> **Hundebellen** **(17 Punkte)**

Die Sonne scheint, sie sitzen entspannt im Garten und lesen. Der Nachbar hat einen Hundezwinger, in dem der Schäferhund zuweilen pausenlos bellt. Der Zwinger ist r_B = 16 m von Ihrem Gartenstuhl entfernt. Um nicht gestört zu werden, setzen Sie sich Ohrstöpsel ein bzw. einen Kopfhörer zum Schallschutz auf. Der Ohrstöpsel hat beispielsweise ein Schalldämmmaß von R_1 = 27 dB, d.h. die Intensität des Schalls im Ohr mit Stöpsel erfährt eine Pegelabnahme von 27 dB.

a) Um welchen Faktor fällt die Schallintensität des Hundebellens ab durch das Einsetzen von klassischen Ohrstöpseln aus Wachs mit dem Schalldämmmaß R_1 = 27 dB im Vergleich zu ohne Stöpseln?

b) Wie weit (r_1) müßten Sie sich (ohne Ohrstöpsel) vom Zwinger entfernen, um dieselbe reduzierte Schallintensität wie durch Einsetzen von klassischen Ohrstöpseln aus Wachs zu erreichen?

c) Um welchen Faktor fällt die Schallintensität des Hundebellens ab durch das Einsetzen von anatomisch geformten Schaumstoff-Ohrstöpseln mit dem Schalldämmmaß R_2 = 39 dB im Vergleich zu ohne Stöpseln?

d) Wie weit (r_2) müßten Sie sich (ohne Ohrstöpsel) vom Zwinger entfernen, um dieselbe reduzierte Schallintensität wie durch Einsetzen von anatomisch geformten Schaumstoff-Ohrstöpseln zu erreichen?

<u>Hinweise:</u>

1) Gehen Sie von einer kugelförmig emittierten Schallwelle bei dem Hund aus.
2) Absorption von Schall in der Luft soll vernachlässigt werden.

Lösungsvorschlag Aufgabe 2: Hundebellen

a) Der Lautstärkepegel fällt durch die Wachs-Ohrstöpsel um 27 dB:

$$\mathrm{L_B} = \mathrm{L_1} + 27dB = 10 \cdot \lg(\frac{I_B}{I_0})dB = 10 \cdot \lg(\frac{I_1}{I_0})dB + 27dB \quad (mit \quad I_0 = 10^{-12} \frac{W}{m^2})$$

$$\Rightarrow I_1 = 10^{-2,7} \cdot \mathrm{I_B} = 0{,}0020 \cdot \mathrm{I_B}$$

b) Bei kugelförmig emittierter Schallwelle fällt die Intensität mit r^{-2} wegen:

$$A = 4\pi \cdot r^2$$

$$\Rightarrow 0{,}0020 \cdot \frac{1}{r_B^{\,2}} = \frac{1}{r_1^{\,2}} \Rightarrow r_1 = \frac{r_B}{\sqrt{0{,}0020}} = 358\,m$$

c) Der Lautstärkepegel fällt durch die anatomisch geformten Ohrstöpsel um 39 dB:

$$\mathrm{L_B} = \mathrm{L_2} + 39dB = 10 \cdot \lg(\frac{I_B}{I_0})dB = 10 \cdot \lg(\frac{I_2}{I_0})dB + 39dB$$

$$\Rightarrow I_2 = 10^{-3,9} \cdot \mathrm{I_B} = 0{,}000126 \cdot \mathrm{I_B}$$

d) Damit ergibt sich die Entfernung r_2:

$$0{,}000126 \cdot \frac{1}{r_B^{\,2}} = \frac{1}{r_2^{\,2}} \Rightarrow r_2 = \frac{r_B}{\sqrt{0{,}000126}} = 1426\,m$$

Hochschule Esslingen
University of Applied Sciences

Fakultät Grundlagen

Wintersemester	2015/16	Blatt 3 (von 4)
Studiengang:	TIB2	Semester 2
Prüfungsfach:	Physik 2	Fachnummer: 1052010
Hilfsmittel:	Manuskript, Literatur, Taschenrechner	Zeit: 90 Minuten

Aufgabe 3: **Gummiseil** **(26 Punkte)**

Ein Gummiseil (Länge L = 5 m, Durchmesser d = 4 mm, Dichte ρ = 0,95 g/cm^3) ist an einer Hallendecke befestigt und hängt frei und beweglich herab.

a) Auf welche Stelle x_1 des Seils wirkt die maximale Spannkraft F_{max}? Auf welche Stelle x_2 des Seils wirkt die minimale Spannkraft F_{min}?

b) Geben Sie die Formel für die Ausbreitungsgeschwindigkeit c_v der Transversalwelle an, die sich bei Anregung auf dem Seil ausbreitet.

c) An welchem Ort hat die Anregung die maximale Geschwindigkeit c_{max} auf dem Seil? Geben Sie die maximale Geschwindigkeit c_{max} an.

d) An welchem Ort hat die Anregung die minimale Geschwindigkeit c_{min} auf dem Seil? Geben Sie die minimale Geschwindigkeit c_{min} an.

e) Wie groß ist die Zeit t, die eine Anregung vom unteren Ende des Seiles zur Decke und nach Reflexion wieder zurück läuft?

Das Seil wird nun von der Hallendecke abgenommen und horizontal mit der Kraft F = 100 N eingespannt.

f) Welche Ausbreitungsgeschwindigkeit c_h hat jetzt die Transversalwelle auf dem Seil?

g) Mit welcher Frequenz f_0 muß das Seil angeregt werden, damit man die Grundschwingung der Welle beobachten kann? Wie groß ist die Periode T_0?

Lösungsvorschlag Aufgabe 3: Gummiseil

a) Die Gewichtskraft F_G wirkt auf das Seil. Am Aufhängepunkt x_1 (Hallendecke) ist die Kraft am größten:

$$\mathrm{F}_{\max} = mg = \rho \cdot V \cdot g = \rho \cdot A \cdot L \cdot g = 0{,}586\,N$$

Die Querschnittsfläche A des Seils ist hierbei:

$$\mathrm{A} = \pi \frac{d^2}{4} = 1{,}257 \cdot 10^{-5}\ m^2$$

Am frei beweglichen unteren Seilende x_2 ist die Gewichtskraft am kleinsten:

$$\mathrm{F}_{\min} = mg = \rho \cdot V \cdot g = \rho \cdot A \cdot 0 \cdot g = 0\,N$$

d.h. die Spannkraft des Seiles nimmt von oben nach unten auf Null ab.

b) Die Ausbreitungsgeschwindigkeit c_v der Transversalwelle ist:

$$c_v = \sqrt{\frac{F(x)}{\rho \cdot A}}$$

Die wirkende Spannkraft ist ortsabhängig und damit auch die Ausbreitungsgeschwindigkeit:

$$\mathrm{F(x)} = mg = \rho \cdot V(x) \cdot g = \rho \cdot A \cdot x \cdot g \qquad \Rightarrow c_v(x) = \sqrt{x \cdot g}$$

c) Die maximale Geschwindigkeit tritt am Aufhängepunkt x_1 auf:

$$\mathrm{c}_{\max}(L) = \sqrt{L \cdot g} = 7{,}00 \frac{m}{s}$$

d) Die minimale Geschwindigkeit tritt am frei beweglichen unteren Seilende x_2 auf:

$$\mathrm{c}_{\min}(0) = 0 \frac{m}{s}$$

e) Die Ausbreitungsgeschwindigkeit c_v der Transversalwelle ist:

$$c_v(x) = \frac{dx}{dt} = \sqrt{x \cdot g}$$

Durch Integration über die gesamte Seillänge L erhalten wir die Zeit t:

$$\mathrm{t} = 2\int_0^L dt = 2\int_0^L \frac{dx}{\sqrt{x \cdot g}} = 4\sqrt{\frac{L}{g}} = 2{,}86\,s$$

f) Bei horizontaler Einspannung gilt:

$$c_h = \sqrt{\frac{F}{\rho \cdot A}} = 91{,}5 \frac{m}{s}$$

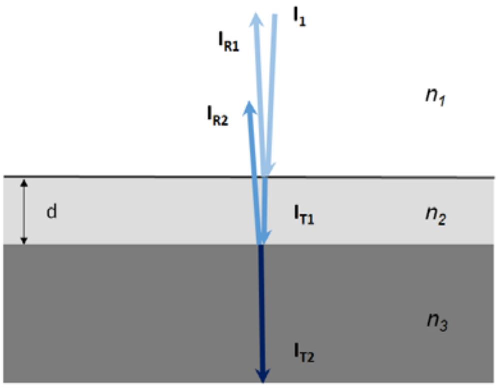
g)

$$f_0 = \frac{c_h}{2L} = 9{,}15\,Hz; \quad T_0 = \frac{1}{f_0} = 0{,}109\,s$$

Wintersemester	2015/16	Blatt 4 (von 4)
Studiengang:	TIB2	Semester 2
Prüfungsfach:	Physik 2	Fachnummer: 1052010
Hilfsmittel:	Manuskript, Literatur, Taschenrechner	Zeit: 90 Minuten

Aufgabe 4: **Glas-Luft-Grenzfläche** **(15 Punkte)**

An der Glas-Luft-Grenzfläche (z.B. bei Brillengläsern oder Fotoobjektiven) wird ein deutlicher Anteil von senkrecht auftreffendem Licht reflektiert. Um diese Verluste zu minimieren, wird die Interferenz von einfallenden Lichtwellen mit an den Grenzflächen reflektierten Lichtwellen ausgenutzt. Hochbrechendes Kunststoffglas mit Brechungsindex n_3 = 1,74 soll hier genauer untersucht werden. Das Glas ist für sichtbares Licht ausgelegt, d.h. verwenden Sie die Wellenlänge des Maximums der Augenempfindlichkeitskurve (Tagsehen).



Glas ohne Entspiegelungsschicht (d.h. **ohne** Schicht mit Brechungsindex n_2)

a) Welchen Reflexionsgrad R hat das Glas an der Grenzfläche zu Luft ohne Entspiegelungsschicht?

b) Das Glas ist im sichtbaren Spektralbereich vollkommen transparent. Geben Sie an, wieviel Licht durch die einfache Glasscheibe transmittiert wird, d.h. wie groß ist die Transmission T? (Hinweis: die einfache Glasscheibe hat zwei Glas-Luft-Grenzflächen.)

Glas mit dünner Entspiegelungsschicht (d.h. **mit** Schicht mit Brechungsindex n_2)

c) Welcher Brechungsindex n_2 sollte für die Entspiegelungsschicht auf dem Kunststoffglas verwendet werden?

d) Welche Dicke d sollte diese Entspiegelungsschicht haben?

e) Wie groß ist dann der Gangunterschied Δ zwischen den Strahlen, die an den Grenzflächen Luft-Entspiegelungsschicht (mit Intensität I_{R1}) und Entspiegelungsschicht-Glas (mit Intensität I_{R2}) reflektiert werden?

Lösungsvorschlag Aufgabe 4: **Glas-Luft-Grenzfläche**

a) Die Reflexionsverluste an der Grenzfläche sind deutlich (n_1 = 1):

$$R = \left(\frac{n_1 - n_3}{n_1 + n_3} \right)^2 = 0{,}073 \Rightarrow 7{,}3\%$$

b) Die Transmission des Glases ergibt sich unter Berücksichtigung der Reflexionsverluste an beiden Glas-Luft-Grenzflächen:

$$\mathrm{T} = (1 - R)^2 = 0{,}859 \Rightarrow 85{,}9\%$$

c) Die Amplitudenbedingung ergibt:

$$\mathrm{n}_2 = \sqrt{n_1 \cdot n_3} = 1{,}319$$

d) Die Phasenbedingung ergibt (mit λ = 555 nm):

$$\mathrm{d} = \frac{\lambda}{4 n_2} = 105 nm$$

e) Der Gangunterschied ist:

$$\Delta = 2 \cdot n_2 \cdot d = 277 nm$$