Hochschule Esslingen
University of Applied Sciences

Fakultät Grundlagen

Sommersemester	2015	Blatt 1 (von 5)
Studiengang:	TIB2	Semester 2
Prüfungsfach:	Physik 2	Fachnummer: 1052010
Hilfsmittel:	Manuskript, Literatur, Taschenrechner	Zeit: 90 Minuten

Gesamtpunktzahl: 80

Aufgabe 1: **Feder-Masse-System** **(25 Punkte)**

Ein Feder-Masse-System (Masse m = 1 kg, Federkonstante k = 100 N/m) führt ungedämpfte Schwingungen aus.

a) Welche Frequenz ω_0 und Periode T_0 hat die ungedämpfte Schwingung?

Nun wird das Feder-Masse-System viskos gedämpft und führt schwach gedämpfte Schwingungen aus, wobei nach t_{40} = 1 s die Schwingungsamplitude auf 40% des Anfangswerts abgefallen ist.

b) Geben Sie die Abklingkonstante δ und den Dämpfungsgrad D_{gr} an. Welche Frequenz ω_d hat die gedämpfte Schwingung?

c) Wieviele Schwingungen hat das gedämpfte System ausgeführt, bis die Amplitude auf 40% abgefallen ist?

d) Welchen Wert hat die Konstante R, die die viskose Reibung über $F_R = -R\cdot v$ beschreibt?

e) Die viskose Dämpfung kann bei dem untersuchten Feder-Masse-System gezielt eingestellt werden. Mit welchem Wert für die Konstante R wird der aperiodische Grenzfall erreicht?

Die Rückkehr des Systems in die Ruhelage erfolgt beim aperiodischen Grenzfall ohne Überschwingung. Die Auslenkung x(t) wird dabei beschrieben durch: $x(t)=v_0 \cdot t\cdot e^{-\delta t}$

unter den Anfangsbedingungen (t = 0): x = 0, $dx/dt = v_0$ = 2,718 m/s.

f) Wann wird die maximale Auslenkung x_{max} erreicht? Wie groß ist x_{max}? Vergleichen Sie die maximale Auslenkung im aperiodischen Grenzfall mit der Amplitude des ungedämpften Systems.

Lösungsvorschlag Aufgabe 1: **Feder-Masse-System**

a)

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{\mathrm{k}}{\mathrm{m}}} = \frac{10}{s} \Rightarrow T_0 = \frac{2\pi}{\omega_0} = 0{,}628\,s$$

b) Die Amplitude x_m nimmt exponentiell mit der Zeit ab:

$$\mathrm{x_m}(t) = x_m(0) \cdot e^{-\delta t} \Rightarrow \delta = \frac{0{,}916}{s}$$

Die Kreisfrequenz der gedämpften Schwingung ist kleiner als die Eigenfrequenz des ungedämpften Systems ω_0:

$$\omega_\mathrm{d} = \sqrt{\omega_0{}^2 - \delta^2} = \frac{9{,}958}{s} \Rightarrow D_{gr} = \frac{\delta}{\omega_0} = 0{,}0916$$

c)

$$\mathrm{N} = \frac{\mathrm{t}_{40}}{\mathrm{T_d}} = \frac{\mathrm{t}_{40}}{2\pi}\omega_\mathrm{d} = 1{,}585$$

d)

$$\delta = \frac{\mathrm{R}}{2\mathrm{m}} \Rightarrow R = 1{,}83\frac{kg}{s}$$

e) Im aperiodischen Grenzfall gilt: $\omega_0 = \delta_a$:

$$\omega_0 = \delta_a = \frac{\mathrm{R_a}}{2\mathrm{m}} \Rightarrow R_a = 20\frac{kg}{s}$$

f) Bei t_{max} wird die maximale Auslenkung x_{max} erreicht. t_{max} erhält man über:

$$\frac{\mathrm{dx}}{\mathrm{dt}} = 0 = v_0 \cdot e^{-\delta_a t_{\max}}(1 - \delta_a t_{\max}) \Rightarrow t_{\max} = \frac{1}{\delta_a} = 0{,}1s$$

$$\mathrm{x_{max}} = x(\mathrm{t_{max}}) = v_0 \cdot \mathrm{t_{max}} \cdot e^{-\delta_a t_{\max}} = \frac{v_0}{\delta_a \cdot e} = \frac{v_0}{\omega_0 \cdot e} = \frac{x_m}{e} = 0{,}1m$$

Der Maximalausschlag im aperiodischen Grenzfall ist um $e \approx 2{,}72$ kleiner als die Amplitude x_m der ungedämpften Schwingung des gleichen Systems.

Sommersemester	2015	Blatt 2 (von 5)
Studiengang:	TIB2	Semester 2
Prüfungsfach:	Physik 2	Fachnummer: 1052010
Hilfsmittel:	Manuskript, Literatur, Taschenrechner	Zeit: 90 Minuten

Aufgabe 2: **Zwei Geigen** **(18 Punkte)**

Zwei Geigen erzeugen Schallwellen (c = 330 m/s) mit geringfügig unterschiedlicher Tonfrequenz f_1 = 440 Hz bzw. f_2 = 441 Hz, aber gleicher Amplitude x_m. Sie breiten sich in gleicher Richtung aus und überlagern sich.

a) Geben Sie die Auslenkung $x_1(t)$ und $x_2(t)$ der beiden Wellen an, ohne den Anfangsphasenwinkel zu berücksichtigen. Wie lautet dann die Auslenkung $x(t)$ der überlagerten Wellen?

b) Welche Frequenz f und welche Wellenlänge λ hat die resultierende Welle, die akustisch wahrgenommen wird?

c) Die resultierende Welle weist eine Amplitudenvariation auf, die man Schwebung nennt. Skizzieren Sie die Auslenkung der resultierenden Welle x(t). Welche Werte nimmt der Betrag $|x(t)|$ in den Schwebungsmaxima bzw. Minima an?

d) Welche Schwebungskreisfrequenz ω_S berechnen Sie im Fall der beiden Geigen? Mit welcher Periode T_S hört man das An- und Abschwellen des Tones?

Hinweis: ***Man wende ein geeignetes Additionstheorem an, z.B.:***

$$\cos\alpha + \cos\beta = 2\cos\left(\frac{\alpha+\beta}{2}\right)\cdot\cos\left(\frac{\alpha-\beta}{2}\right)$$

Lösungsvorschlag Aufgabe 2: **Zwei Geigen**

a)

$$x_1(t) = x_m \cos(\omega_1 t) \; und \quad x_2(t) = x_m \cos(\omega_2 t) \Rightarrow$$

$$x(t) = x_1 + x_2 = 2x_m \cos(\frac{\omega_1 + \omega_2}{2} t) \cos(\frac{\omega_1 - \omega_2}{2} t) \Rightarrow$$

b)

$$\omega = \frac{\omega_1 + \omega_2}{2} \Rightarrow f = \frac{f_1 + f_2}{2} = 440{,}5\,Hz$$

$$\Rightarrow \lambda = \frac{c}{f} = 0{,}749\,m$$

c) *x(t)*-Diagramm (z.B. in „Physik für Ingenieure“ von Hering/Martin/Stohrer, S.453)

Schwebungsmaxima: $|x(t)| = 2x_m$

Schwebungsminima: $|x(t)| = 0$

d)

$$f_S = \frac{\omega_S}{2\pi} = f_2 - f_1 = 1\,Hz \Rightarrow T_S = \frac{1}{f_S} = 1\,s$$

Sommersemester	2015	Blatt 3 (von 5)
Studiengang:	TIB2	Semester 2
Prüfungsfach:	Physik 2	Fachnummer: 1052010
Hilfsmittel:	Manuskript, Literatur, Taschenrechner	Zeit: 90 Minuten

<u>Aufgabe 3:</u> **Glühlampe** **(11 Punkte)**

a) Welche Temperatur besitzt die Wolframwendel einer Glühlampe bei Raumtemperatur (T_u = 20°C), die einen Gesamtstrahlungsfluß von Φ_e = 200 W emittiert? Nehmen Sie die strahlende Oberfläche A = 300 mm^2 und einen Emissionsgrad ε = 0,3 an. Vergleichen Sie Ihr Ergebnis mit der Schmelztemperatur von Wolfram.

b) Welche Energie strahlt die Lampe pro Minute ab?

c) Auf welcher Temperatur wäre der Glühfaden mit demselben Gesamtstrahlungsfluß, wenn sein Emissionsgrad ε = 1 ist, d.h. ein schwarzer Strahler ist? Bei welcher Wellenlänge λ_{max} läge dann das Maximum seines Emissionsspektrums?

<u>Hinweis:</u>

Gehen Sie vereinfachend von einer weit entfernten oder schwarzen Umgebung aus.

<u>Lösungsvorschlag Aufgabe 3:</u> **Glühlampe**

a) Das Stefan-Boltzmann-Gesetz für Wärmestrahlung lautet:

$$\Phi_e = \varepsilon \cdot \sigma \cdot A \cdot (T_L^4 - T_u^4)$$

Damit ergibt sich die Temperatur der Glühwendel T_L:

$$T_L = \sqrt[4]{\frac{\Phi_e}{\varepsilon \cdot \sigma \cdot A} + T_u^4} = 2500K$$

Die Schmelztemperatur von Wolfram beträgt T_S = 3390 °C = 3663 K >> T_L.

b)

$$E = \Phi_e \cdot t = 12\,kJ$$

c)

$$T_S = \sqrt[4]{\frac{\Phi_e}{\sigma \cdot A} + T_u^4} = 1852\,K$$

Mit dem Wienschen Verschiebungsgesetz erhält man:

$$\lambda_{max} T = 2898\mu m \cdot K \Rightarrow \lambda_{max} = 1{,}565\,\mu m$$

Sommersemester	2015	Blatt 4 (von 5)
Studiengang:	TIB2	Semester 2
Prüfungsfach:	Physik 2	Fachnummer: 1052010
Hilfsmittel:	Manuskript, Literatur, Taschenrechner	Zeit: 90 Minuten

Aufgabe 4: **Baumaschine** **(12 Punkte)**

Eine Baumaschine auf einer Baustelle emittiert Schallwellen in den Halbraum. Ein Passant läuft in einer Entfernung r_1 = 20 m an der punktförmig anzunehmenden Schallquelle vorbei und nimmt dabei einen Lautstärkepegel $L(r_1)$ = 90 dB wahr.

a) Welche Schallintensität herrscht in der Entfernung r_1 = 20 m?

b) Welche akustische Leistung emittiert die Schallquelle?

Der Passant entfernt sich nun von der Baustelle (ohne den Halbraum zu verlassen).

c) In welcher Entfernung r_2 nimmt der Passant einen Lautstärkepegel $L(r_2)$ = 60 dB wahr?

Lösungsvorschlag Aufgabe 4: **Baumaschine**

Der Lautstärkepegel berechnet sich zu:

$$L_1 = L(r_1) = 10 \cdot \lg\left(\frac{I_1}{I_0}\right) dB \quad mit \quad I_0 = 10^{-12} \frac{W}{m^2}$$

a) Damit ergibt sich die Schallintensität I_1:

$$I_1 = I_0 \cdot 10^9 = 10^{-3} \frac{W}{m^2}$$

b) und die akustische Leistung P:

$$I_1 = \frac{P}{2\pi \cdot r^2} \Rightarrow P = 2{,}51 W$$

c) Beim Lautstärkepegel $L(r_2)$ erhalten wir die Schallintensität I_2:

$$I_2 = I_0 \cdot 10^6 = 10^{-6} \frac{W}{m^2}$$

und die Entfernung r_2:

$$I_2 = \frac{P}{2\pi \cdot r_2^2} \Rightarrow r_2 = 632\, m$$

Sommersemester	2015	Blatt 5 (von 5)
Studiengang:	TIB2	Semester 2
Prüfungsfach:	Physik 2	Fachnummer: 1052010
Hilfsmittel:	Manuskript, Literatur, Taschenrechner	Zeit: 90 Minuten

Aufgabe 5: **Auflösungsvermögen** **(14 Punkte)**

Der Mond befindet sich im Abstand r = 384.000 km von der Erde. Mit Hilfe optischer Geräte können Details (z.B. Mondkrater) auf der Mondoberfläche sichtbar gemacht werden. Allerdings ist das Auflösungsvermögen der verwendeten Optik durch die Beugung an der kreisförmigen Eingangsblende mit dem Durchmesser D bestimmt.

Welchen minimalen Abstand Δx dürfen Strukturen auf der Mondoberfläche haben, damit sie noch erkannt werden, wenn wir mit:

a) dem Auge (D = 4 mm)

b) einem kleinen Fernrohr (D = 80 mm)

c) dem größten astronomischen Spiegel-Teleskop (D = 10 m)

den Mond betrachten?

Allerdings sorgt die Luftunruhe der Atmosphäre bei erdgebundenen Teleskopen für eine wetterabhängige (und auch leicht wellenlängenabhängige) Auflösungsgrenze, die als Grenzwinkel δ_T angegeben wird, der im besten Fall δ_T = 0,4“ beträgt (Angabe in Bogensekunden).

d) Mit welchem Durchmesser D_T der Optik wird diese Auflösungsgrenze erreicht ?

Dieses Problem konnte in den vergangenen Jahren auf verschiedene Weise gelöst werden. Einerseits wurde ein Spiegel-Teleskop (D = 2,4 m) im Weltraum (*Hubble Space Telescope*) stationiert.

e) Welcher minimale Winkelabstand δ ist damit erreichbar? Um welchen Faktor wird der von erdgebundenen Teleskopen im besten Fall erreichbare Grenzwinkel δ_T übertroffen?

f) Welchen minimalen Abstand Δx kann man mit dem Weltraum-Teleskop auf der Mondoberfläche noch erkennen?

g) Wenn man das Weltraum-Teleskop auf die Erde richtet (r_{HST} = 570 km), welche Strukturen könnte man damit gerade noch auflösen?

Eine andere Lösung wurde für erdgebundene Teleskope mit der sogenannten „Adaptiven Optik“ gefunden. Hierbei wird in Echtzeit das Bild im Teleskop kontrolliert und die Bildschärfe korrigiert, womit man heute mit erdgebundenen Großteleskopen die Auflösung des Weltraum-Teleskops sogar übertreffen kann.

Lösungsvorschlag Aufgabe 5: Auflösungsvermögen

Der minimale Abstand Δx ist durch das Auflösungsvermögen der Optik bestimmt:

$$\frac{\Delta \mathrm{x}}{\mathrm{r}} = \sin\delta \approx \delta = 1{,}22\frac{\lambda}{\mathrm{D}} \Rightarrow \Delta \mathrm{x} = r \cdot 1{,}22 \cdot 550 nm / D$$

a) Δx = 64,4 km ($\delta_a = 1{,}68 \cdot 10^{-4}$ rad)

b) Δx = 3,2 km ($\delta_b = 8{,}39 \cdot 10^{-6}$ rad)

c) Δx = 26 m ($\delta_c = 6{,}71 \cdot 10^{-8}$ rad)

d)

$$\mathrm{D_T} = 1{,}22\frac{\lambda}{\delta_T} = 0{,}35m$$

e) $\delta = 2{,}8 \cdot 10^{-7}$ rad $= 1{,}60 \cdot 10^{-5}$ °; δ_T = 0,4“ = $1{,}111 \cdot 10^{-4}$ ° = $1{,}939 \cdot 10^{-6}$ rad => 6,9fache Steigerung der Auflösung

f) Δx = 107 m

g) Δx = 16 cm