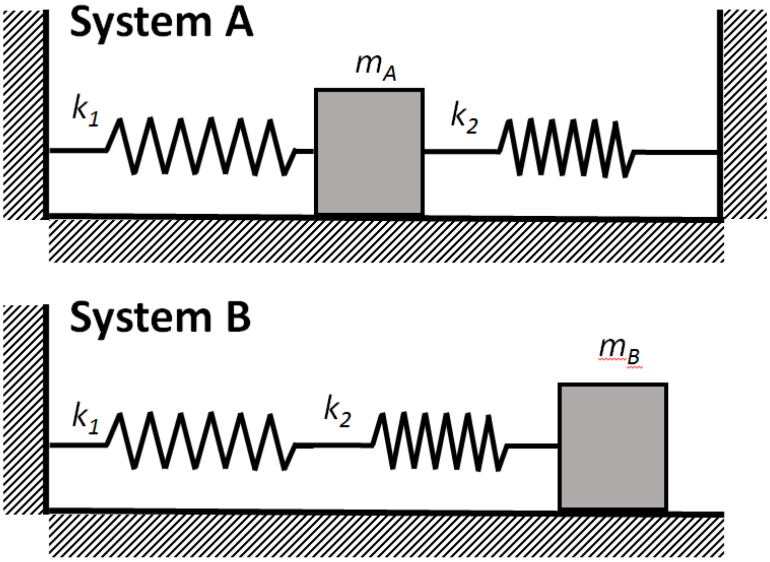
Sommersemester	2018	Blatt 1 (von 5)
Studiengang:	TIB2	Semester 2
Prüfungsfach:	Physik 2	Fachnummer: 1052010
Hilfsmittel:	Manuskript, Literatur, Taschenrechner	Zeit: 90 Minuten

Gesamtpunktzahl: 87

Aufgabe 1: **Masse mit zwei Federn** **(25 Punkte)**



Die Abbildung zeigt zwei Möglichkeiten (A und B) für horizontale Feder-Masse-Systeme bestehend aus einer Masse und zwei (masselosen) Federn mit den Federkonstanten k_1 = 1000 N/m und k_2 = 2000 N/m. Gehen Sie zunächst von reibungsfreien Feder-Masse-Systemen A und B aus. Nehmen Sie eine Masse m_A = 1 kg an.

a) Wie groß ist die effektive Federkonstante k_A von System A?

b) Wie groß sind die Kreisfrequenz ω_{0A}, Eigenfrequenz f_{0A} und Schwingungsdauer T_{0A} von System A?

c) Wie groß ist die effektive Federkonstante k_B von System B?

d) Wenn die in der Abbildung gezeigten Systeme A und B dieselbe Kreisfrequenz (d.h. $\omega_{0A} = \omega_{0B}$) haben, welche Masse m_B schwingt dann im System B?

Auf Grund von viskoser Reibung klingen die freien Schwingungen dieser Systeme langsam ab. Die Güte Q beider schwingfähiger Systeme ist mit Q = 100 identisch.

e) Welche Abklingkonstante δ_A bzw. δ_B haben die Systeme A und B?

f) Wie groß sind die Dämpfungsgrade $D_{gr,A}$ bzw. $D_{gr,B}$ der Systeme A und B?

Sommersemester	2018	Blatt 2 (von 5)
Studiengang:	TIB2	Semester 2
Prüfungsfach:	Physik 2	Fachnummer: 1052010
Hilfsmittel:	Manuskript, Literatur, Taschenrechner	Zeit: 90 Minuten

Fortsetzung von Aufgabe 1

Die viskose Reibung wird durch eine geschwindigkeitsabhängige Reibungskraft $F_R = b \cdot v$ beschrieben.

g) Berechnen Sie die Größen b_A bzw. b_B, die die Reibungskraft in den Systemen A und B beschreiben.

h) Wie groß ist das Amplitudenverhältnis aufeinanderfolgender Schwingungen in den Systemen A und B?

Lösungsvorschlag Aufgabe 1: **Masse mit zwei Federn (Autor: A. Jaeger)**

a) Parallelschaltung der Federn:

$$\mathrm{k_A} = k_1 + k_2 = 3000\,\frac{N}{m}$$

b)

$$\omega_{0A} = \sqrt{\frac{k_A}{m_A}} = 54,77\,\frac{rad}{s} \quad \Rightarrow \quad f_{0A} = \frac{\omega_{0A}}{2\pi} = 8,72\,Hz \quad \Rightarrow \quad T_{0A} = \frac{1}{f_{0A}} = 0,115\,s$$

c)

$$\frac{1}{\mathrm{k_B}} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} \quad \Rightarrow \quad \mathrm{k_B} = 666,7\,\frac{N}{m}$$

d)

$$\omega_{0A} = \omega_{0B} \quad \Rightarrow \quad m_B = \frac{k_B}{\omega_{0A}^2} = 0,222\,kg$$

e)

$$\delta = \frac{\pi}{Q \cdot T_d} \cong \frac{\pi}{Q \cdot T_0} \quad \Rightarrow \quad \delta_A = \delta_B = 0,274\,\frac{1}{s}$$

f)

$$D_{gr} = \frac{\delta}{\omega_0} \quad \Rightarrow \quad D_{gr,A} = D_{gr,B} = 0,005$$

g) *b* hängt von der bewegten Masse ab:

$$b_A = \frac{m_A \cdot \omega_{0A}}{Q} = 0,548\,\frac{Ns}{m} \quad und \quad b_B = \frac{m_B \cdot \omega_{0B}}{Q} = 0,122\,\frac{Ns}{m}$$

h)

$$\frac{a_{i+1}}{a_i} = \exp(-\delta \cdot T_d) \cong \exp(-\delta \cdot T_0) = 0,969$$

Sommersemester	2018	Blatt 3 (von 5)
Studiengang:	TIB2	Semester 2
Prüfungsfach:	Physik 2	Fachnummer: 1052010
Hilfsmittel:	Manuskript, Literatur, Taschenrechner	Zeit: 90 Minuten

Aufgabe 2: **Beschallung** **(30 Punkte)**

Bei Massenveranstaltungen wie in Fußballarenen oder beim Rockkonzert können längere Zeit größere Schallpegel L auf die Zuschauer einwirken. Die moderne Beschallungsanlage in der Stuttgarter MB Arena beispielsweise produziert mit über 152 Hochleistungslautsprechern einen Schallpegel bis L_S = 120 dB, das ist die Schmerzgrenze des menschlichen Ohrs. Bei einem Rockkonzert im Rahmen des Magic Circle Festivals in Bad Arolsen wurden gar Schallpegel bis L_R = 139 dB gemessen. Zum Vergleich: der Schallpegel eines Presslufthammers liegt bei „nur" L_{PH} = 92 dB.

a) Um welchen Faktor n_1 ist die Schallintensität in der Stuttgarter Arena größer gegenüber der eines Presslufthammer? Wie groß ist dabei die Pegeldifferenz ΔL_1?

b) Um welchen Faktor n_2 ist die Schallintensität beim Rockkonzert größer gegenüber der eines Presslufthammer? Wie groß ist dabei die Pegeldifferenz ΔL_2?

Hohe Schallpegel, wie z.B. durch einen Presslufthammer, können eine vorübergehende Minderung des Hörvermögens (Taubheit) zur Folge haben. Aus diesem Grund schreibt der Arbeitsschutz das Tragen eines Gehörschutzes ab einem regelmäßigen Schallpegel von mehr als 85 dB vor. Das entspricht der Grenze, ab der Schall zu potentiellen Schädigungen führt. Angepasste Ohrstöpsel können das Gehör bereits effektiv schützen und den außen herrschenden Schallpegel im Ohr um ΔL_{OS} = 35 dB senken.

c) Um welchen Faktor n_{OS} wird bei größeren Schallpegeln die Schallintensität im Ohr durch das Tragen der Ohrstöpsel reduziert?

d) Senkt das Tragen der Ohrstöpsel den maximalen Schallpegel in der Stuttgarter Arena auf einen laut Arbeitsschutz noch zulässigen Schallpegel im Ohr, d.h. $L_{S,OS}$ < 85 dB?

e) Senkt das Tragen der Ohrstöpsel den maximalen Schallpegel bei dem oben erwähnten Rockkonzert auf einen laut Arbeitsschutz noch zulässigen Schallpegel im Ohr, d.h. $L_{R,OS}$ < 85 dB?

Lösungsvorschlag Aufgabe 2: Beschallung (Autor: A. Jaeger)

a) Die Differenz der Lautstärkepegel ist $\Delta L_1 = L_S - L_{PH}$ = 28 dB. Die Schallintensität in der Stuttgarter Arena I_S ist gegenüber der Schallintensität I_{PH} eines Presslufthammers um den Faktor $n_1 = I_S/I_{PH}$ größer, d.h.:

$$\Delta \mathrm{L}_1 = \mathrm{L}_S\text{-}\mathrm{L}_{PH} = 28\,\mathrm{dB} = 10 \cdot \lg(\frac{I_S}{I_0})\,dB - 10 \cdot \lg(\frac{I_{PH}}{I_0})\,dB \quad (mit \quad I_0 = 10^{-12}\,\frac{W}{m^2})$$

$$\Rightarrow \quad 2{,}8 = \lg(\frac{I_S}{I_0}) - \lg(\frac{I_{PH}}{I_0}) = \lg(\frac{I_S}{I_{PH}})$$

$$\Rightarrow n_1 = \frac{I_S}{I_{\mathrm{PH}}} = 10^{2{,}8} = 631$$

b) Die Differenz der Lautstärkepegel ist $\Delta L_2 = L_R - L_{PH}$ = 47 dB. Die Schallintensität beim Rockkonzert I_R ist gegenüber der Schallintensität I_{PH} eines Presslufthammers um den Faktor $n_2 = I_R/I_{PH}$ größer, d.h.:

$$\Delta \mathrm{L}_2 = \mathrm{L}_R\text{-}\mathrm{L}_{PH} = 47\,\mathrm{dB} = 10 \cdot \lg(\frac{I_R}{I_0})\,dB - 10 \cdot \lg(\frac{I_{PH}}{I_0})\,dB \quad (mit \quad I_0 = 10^{-12}\,\frac{W}{m^2})$$

$$\Rightarrow \quad 4{,}7 = \lg(\frac{I_R}{I_0}) - \lg(\frac{I_{PH}}{I_0}) = \lg(\frac{I_R}{I_{PH}})$$

$$\Rightarrow n_2 = \frac{I_R}{I_{\mathrm{PH}}} = 10^{4{,}7} = 50120$$

c) Die Differenz der Lautstärkepegel ist $\Delta L_{OS} = L_i - L_{i,OS}$ = 35 dB. Die Schallintensität ohne Ohrstöpsel I_i ist gegenüber der Schallintensität mit Ohrstöpsel $I_{i,OS}$ um den Faktor $n_{OS} = I_i/I_{i,OS}$ größer, d.h.:

$$\Delta \mathrm{L}_{\mathrm{OS}} = 35\,\mathrm{dB} = 10 \cdot \lg(\frac{I_i}{I_0})\,dB - 10 \cdot \lg(\frac{I_{i,OS}}{I_0})\,dB \quad (mit \quad I_0 = 10^{-12}\,\frac{W}{m^2})$$

$$\Rightarrow \quad 3{,}5 = \lg(\frac{I_i}{I_0}) - \lg(\frac{I_{i,OS}}{I_0}) = \lg(\frac{I_i}{I_{i,OS}})$$

$$\Rightarrow n_{OS} = \frac{I_i}{I_{\mathrm{i,OS}}} = 10^{3{,}5} = 3162$$

d)

$$\mathrm{L}_{\mathrm{S,OS}} = \mathrm{L}_S\text{-}\Delta\mathrm{L}_{OS} = 120\,\mathrm{dB}\text{-}35\,\mathrm{dB} = 85\,\mathrm{dB} \quad \Rightarrow \text{ beinahe ja.}$$

e)

$$\mathrm{L}_{\mathrm{R,OS}} = \mathrm{L}_R\text{-}\Delta\mathrm{L}_{OS} = 139\,\mathrm{dB}\text{-}35\,\mathrm{dB} = 104\,\mathrm{dB} \quad \Rightarrow \text{ Nein, aber unter die Schmerzgrenze.}$$

Sommersemester	2018	Blatt 4 (von 5)
Studiengang:	TIB2	Semester 2
Prüfungsfach:	Physik 2	Fachnummer: 1052010
Hilfsmittel:	Manuskript, Literatur, Taschenrechner	Zeit: 90 Minuten

Aufgabe 3: **Sonnenenergie** **(32 Punkte)**

Die Solarkonstante I_0 = 1367 W/m^2 ist die mittlere Strahlungsleistung der Sonne, die beim mittleren Abstand s zwischen Erde und Sonne auf eine Fläche fällt, die senkrecht zur Strahlungsrichtung steht. Diese Solarkonstante wird z.B. durch Satelliten außerhalb der störenden Erdatmosphäre gemessen.

a) Nehmen Sie die Sonne als einen schwarzen, kugelförmigen Strahler an und berechnen Sie mittels der Solarkonstanten ihre mittlere Oberflächentemperatur T_S.

b) Bei welcher Wellenlänge λ_{max} hat das Sonnenspektrum das Intensitätsmaximum?

c) Wie groß ist die Strahlungsleistung P_E, die die Sonne auf die Erde einstrahlt? Nehmen Sie hierbei die Erde als kugelförmigen Körper mit einem mittleren Radius r_E an.

d) Welche solare Strahlungsenergie W_S wird somit im Laufe eines Jahres von der Sonne auf die Erde eingestrahlt?

Der Weltjahresenergiebedarf E_W der Erdbevölkerung war im Jahr 2010: $E_W = 5{,}05 \cdot 10^{20}$ J.

e) Um welchen Faktor N übersteigt die von der Sonne eingestrahlte Energie W_S den Weltjahresenergiebedarf E_W der Erdbevölkerung?

f) Wie lange müsste die Sonne pro Jahr strahlen, um den Weltjahresenergiebedarf E_W der Erdbevölkerung zu decken?

Allerdings gelangt an die Erdoberfläche deutlich weniger Sonnenstrahlung, da sie von der Erdatmosphäre abgeschwächt wird. Aus diesem Grund ist die mittlere Strahlungsleistung I_{0A} der Sonne am Äquator (φ =0) bei senkrechtem Sonnenlichteinfall nur ca. I_{0A} = 900 W/m^2; für höhere Breiten φ ist sie noch geringer.

Nehmen Sie vereinfachend an, Sie haben eine Fläche A_{SA} am Äquator mit ganzjährig senkrechtem Sonnenlichteinfall zur Verfügung.

g) Welche Fläche A_{SA} wäre nötig, um eine solare Strahlungsenergie W_{SA} zu empfangen, die ausreichend ist, um den Weltjahresenergiebedarf E_W der Erdbevölkerung zu decken?

h) Welche Seitenlänge a hätte ein Quadrat mit dieser Fläche A_{SA}?

Sommersemester	2018	Blatt 5 (von 5)
Studiengang:	TIB2	Semester 2
Prüfungsfach:	Physik 2	Fachnummer: 1052010
Hilfsmittel:	Manuskript, Literatur, Taschenrechner	Zeit: 90 Minuten

Fortsetzung von Aufgabe 3

Auf dieser Fläche können Solarzellen die Strahlungsenergie in elektrische Energie umwandeln. Heutige Solarzellen haben jedoch nur eine begrenzte Umwandlungseffizienz η von Sonnenstrahlung in elektrische Energie.

Nehmen Sie für die folgenden Berechnungen eine Umwandlungseffizienz von η = 20% an.

i) Welche Fläche A_{SA20} wäre nötig, um eine solare Strahlungsenergie W_{SA20} zu empfangen, die ausreichend ist, um den Weltjahresenergiebedarf E_W der Erdbevölkerung zu decken?

j) Welche Seitenlänge a_{20} hätte ein Quadrat mit dieser Fläche A_{SA20}?

Lösungsvorschlag Aufgabe 3: **Sonnenenergie** **(Autor: A. Jaeger)**

a) $$P_S = \varepsilon \cdot \sigma \cdot A_S \cdot T^4 \quad (mit: \quad \varepsilon = 1 \quad für\ schwarze\ Strahler, \sigma = 5{,}67 \cdot 10^{-8} \frac{W}{m^2 K^4})$$

$$Mit\ Sonnenradius: \quad r_S = 6{,}96 \cdot 10^8 m \quad \Rightarrow A_S = 4\pi \cdot r_S^2 \quad und\ mit\ Entfernung\ Erde - Sonne: \quad s = 149{,}6 \cdot 10^9 m)$$

$$\Rightarrow \quad I_0 = \frac{P_S}{4\pi \cdot s^2} \Rightarrow P_S = I_0 \cdot 4\pi \cdot s^2 \quad \Rightarrow T = \sqrt[4]{\frac{P_S}{\varepsilon \cdot \sigma \cdot A_S}} = 5785\,K$$

b) $$Wiensches\ Verschiebungsgesetz: \quad \lambda_{\max} \cdot T = \cdot K \quad \Rightarrow \lambda_{\max} = \frac{2898\,\mu m \cdot K}{T} = 501\,nm$$

c) $$mit\ Erdradius: \quad r_E = 6378\,km \Rightarrow \quad P_E = I_0 \cdot \pi \cdot r_E^2 = 1{,}747 \cdot 10^{17}\,W$$

d) $$W_S = P_E \cdot t_y = 5{,}513 \cdot 10^{24}\,J = 5{,}513 \cdot 10^6\,EJ \quad (mit\ t_y = 365{,}25\,Tage)$$

e) $$N = \frac{W_S}{E_W} = 10920$$

f) $$t = \frac{t_y}{N} = 48{,}2\,\min$$

g) $$E_W = 5{,}05 \cdot 10^{20}\,J = W_{SA} = P_{EA} \cdot t_y = I_{0A} \cdot A_{SA} \cdot t_y$$

$$\Rightarrow \quad A_{SA} = \frac{E_W}{I_{0A} \cdot t_y} = 1{,}778 \cdot 10^{10}\,m^2$$

h) $$a = \sqrt{A_{SA}} = 133{,}3\,km$$

i) $$A_{SA20} = \frac{A_{SA}}{\eta} = 8{,}89 \cdot 10^{10}\,m^2$$

j) $$a_{20} = \sqrt{A_{SA20}} = \sqrt{5} \cdot a = 298\,km$$