

Musteraufgaben

- 1.) Ein dünner Stab der Länge L wird an einem Ende aufgehängt. Im Schwerfeld der Erde ($g = 9.8 \text{ m/s}^2$) schwingt er mit einer Frequenz von 0.60 Hz . Wie gross ist L ?



- 2.) Eine Welle wird mathematisch wie folgt beschrieben:

$$y(x,t) = 2 \text{ mm} \sin\left(2\pi \left(1300 \frac{t}{\text{s}} - 2.0 \cdot 10^6 \frac{x}{\text{m}}\right)\right)$$

Wie gross ist

- die Amplitude
- die Wellenlänge
- die Kreisfrequenz
- die Frequenz
- die Wellenzahl ($k = 2\pi/\lambda$)

der Welle?

- 3.) Eine Schwingung wird mathematisch wie folgt beschrieben

$$y(t) = 0.23 \text{ mm} \sin\left(800 \frac{t}{\text{s}} + \varphi_0\right)$$

Wie gross ist die

- Amplitude
- Kreisfrequenz
- Frequenz
- Amplitude der Geschwindigkeit (\hat{v})
- Amplitude der Beschleunigung (\hat{a})

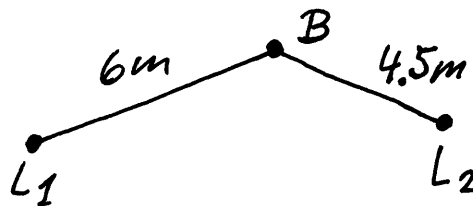
der Schwingung?

4.) Bei einem Erdbeben sei die Ausbreitungsgeschwindigkeit der P-Wellen 6.0 km/s und diejenige der S-Wellen sei 3.5 km/s . Wie weit liegt das Epizentrum eines Erdbebens entfernt, wenn S-Wellen den P-Wellen in einem zeitlichen Abstand von rund 1 min folgen?

5.) Zwei Lautsprecher L_1 und L_2 senden das gleiche (akustische) Signal (mit gleicher Lautstärke). Ein Beobachter B befindet sich in einer Entfernung von 6 m von L_1 und von 4.5 m von L_2 . Wird ein Ton der Frequenz

- a) 440 Hz
b) 340 Hz

von den beiden Schallquellen konstruktiv oder destruktiv interferieren? Werden bestimmte Töne sich durch destruktive Interferenz gegenseitig beim Beobachter auslöschen?

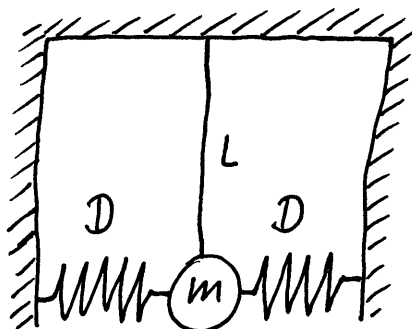


6.) Für ein mechanisches System gilt eine Bewegungsgleichung $F = m \cdot a = -B \cdot x$. Welche Art von Bewegung wird dieses System ausführen?

7.) Für die Bewegungsgleichung der Masse m gilt

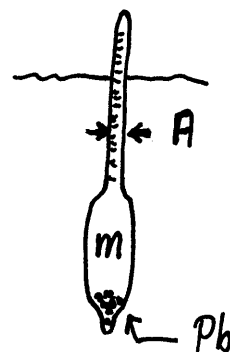
$$F = ma = - \left[\frac{mg}{L} + 2D \right] \cdot x$$

Dabei ist x die Auslenkung



aus der Gleichgewichtslage. Für $L = 65 \text{ cm}$, $m = 1.8 \text{ kg}$, $D = 14 \text{ N/m}$ und $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ berechne die Kreisfrequenz der Schwingung.

- 8.) Ein Aräometer dient zur Messung von Dichten von Flüssigkeiten. Wenn man es ins Wasser stösst, schwingt es. Für ein Aräometer soll gelten $m = 14 \text{ g}$, $A = 8 \text{ mm}^2$. Man kann zeigen, dass die Bewegungsgleichung lautet $F = ma =$



$-A\varrho_w a_x$.

Dabei ist A die Querschnittsfläche des Rohrs mit der Skala und ϱ_w ist die Dichte von Wasser.

Bei der Grösse x handelt es sich um die Auslenkung von der Gleichgewichtslage. Berechne die Frequenz der Schwingung. Es sei $\varrho_w = 1000 \text{ kg/m}^3$ und $g = 9.8 \text{ m/s}^2$.

- 9.) Eine Schallquelle der Frequenz 440 Hz bewegt sich mit 45 U/min auf einer Kreisbahn mit $r = 1.3 \text{ m}$. Welche Frequenzen nimmt ein weit entfernter Beobachter wahr? Die Schallgeschwindigkeit sei 343 m/s .



- 10.) Beim Entfernen von Sender und Empfänger gilt für den optischen Dopplereffekt

$$\frac{\lambda_E}{\lambda_S} = \frac{f_S}{f_E} = \sqrt{\frac{c+v}{c-v}}$$

Wie schnell bewegt sich die Galaxie S22-24 von uns, wenn $\lambda_E \approx 3\lambda_S$?

- 11.) Um mit einem Elektronenmikroskop Strukturen der Grössenordnung von einem Nanometer zu erkennen, muss die Wellenlänge der Elektronen (gemäss de Broglie) von ähnlicher Grössenordnung sein. Berechne die Geschwindigkeit eines Elektrons so, dass für seine Wellenlänge gilt $\lambda \approx 1 \text{ nm}$.

- 12.) Bei einem Monochord wird eine Saite der

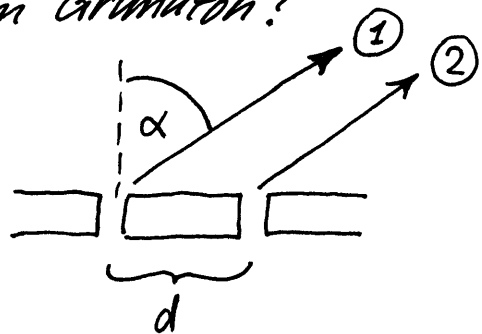
Länge $L = 80 \text{ cm}$ mit einer Kraft F von 40 N gespannt. Für die Frequenz der Schwingung gilt

$$f = \frac{1}{L} \sqrt{\frac{F}{4\mu}}$$

Dabei ist μ die Massenbelegung (m/L in kg/m).

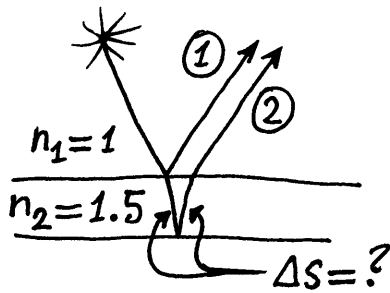
- a) Wie gross muss μ sein, damit $f = 440 \text{ Hz}$.*
 b) Zwischen die Stege A und B wird ein beweglicher Steg C so platziert, dass die Saite im Verhältnis 2:1 geteilt wird. Mit welchen Frequenzen schwingen dann die zwei Teile der Saite im Grundton?

- 13.) Bei einem Doppelspalt sei $d = 2 \mu\text{m}$. Bei welchem Beugungswinkel α wird für elektromagnetische Strahlung der Wellenlänge 600 nm das 1. Beugungsmaximum beobachtet?



* Grundton

14.)

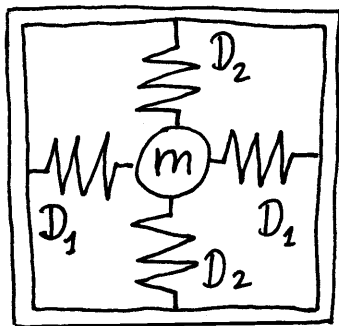


Ein monochromatischer Lichtstrahl der Wellenlänge 470 nm trifft auf eine dünne Schicht mit der Brechzahl 1.5 . Ein Teil des Strahls wird an der Oberseite der Schicht

reflektiert (Strahl ①). Ein Teil des Strahls dringt in die Schicht ein und wird auf der Unterseite der Schicht zurück geworfen (Strahl ②). Welchen Weg muss der Strahl, der in die Schicht eindringt, innerhalb der Schicht mindestens zurücklegen, damit die beiden reflektierten Strahlen destruktiv interferieren?

15.) Zwei Schallwellen gleicher Lautstärke und ähnlicher Frequenz überlagern sich. Es sei $f_1 = 440 \text{ Hz}$ und $f_2 = 436 \text{ Hz}$. Was wird von einem stationären Beobachter wahrgenommen?

16.)



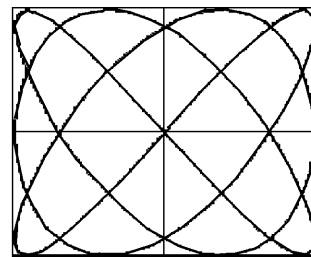
Eine Masse $m = 3.0 \text{ kg}$ ist an zwei Paar Spiralfedern befestigt. Die Federn stehen senkrecht zueinander und die Masse führt senkrecht zueinander stehende

Schwingungen aus mit

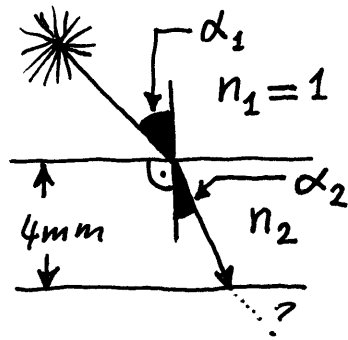
Kreisfrequenzen $\omega_1 = \sqrt{2D_1/m}$ und $\omega_2 = \sqrt{2D_2/m}$.

Nebstehende Lissajous-Figur ergab sich für $\omega_2 = 4\omega_1/3$.

Bestimme die Kreisfrequenzen ω_1 und ω_2 der Schwingungen für $D_1 = 9.0 \text{ N/m}$ und $D_2 = 16 \text{ N/m}$.



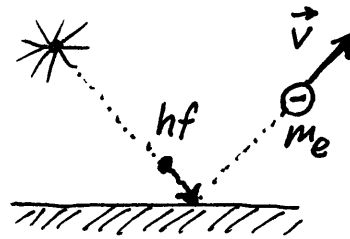
17.)



Ein Lichtstrahl der Wellenlänge 600nm trifft mit einem Einfallswinkel $\alpha_1 = 49^\circ$ auf eine 4mm dicke Glasplatte mit der Brechzahl n_2 . Dabei gilt

$$\alpha_2 = 30^\circ.$$

- Wie gross ist n_2 ?
 - Welche Wegstrecke legt der Strahl im Glas zurück und wie lange dauert es, bis er die Glasplatte durchdrungen hat?
 - Wie gross ist die Wellenlänge des Strahls im Glas?
 - Wie bewegt sich der Strahl nach dem Durchdringen der Glasplatte weiter?
- 18.) Ein Photon der Wellenlänge 550nm trifft auf eine Photozelle. Die Austrittsarbeit für Elektronen beträgt 1.4eV ($1\text{eV} = 1.602 \cdot 10^{-19}\text{J}$). Wie viel Bewegungsenergie haben die emittierten Elektronen und wie schnell bewegen sie sich?



Musterlösungen

$$1.) f = 0.60 \text{ Hz} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{mgs}{J_s + ms^2}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{mg \cdot L/2}{\frac{mL^2}{12} + \frac{mL^2}{4}}}$$

$$= \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{3g}{2L}} \rightarrow L = \frac{8\pi^2 f^2}{3g} = \frac{8\pi^2 \cdot 0.6^2}{3 \cdot 9.8} \text{ m} = \underline{\underline{97 \text{ cm}}}$$

$$2a) \hat{y} = 2 \mu\text{m}$$

$$b) \lambda = (1/(2 \cdot 10^6)) \text{ m} = 0.5 \mu\text{m}$$

$$c) \omega = 2\pi \cdot 1300 \text{ Hz} = 8.2 \text{ kHz}$$

$$d) f = 1300 \text{ Hz}$$

$$e) k = 2\pi \cdot 2 \cdot 10^6 \text{ m}^{-1} = 1.26 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$$

$$3a) \hat{y} = 0.23 \text{ mm}$$

$$b) \omega = 800 \text{ Hz}$$

$$c) f = \omega / (2\pi) = 800 \text{ Hz} / (2\pi) = 127 \text{ Hz}$$

$$d) \hat{v} = \omega \cdot \hat{y} = 800 \cdot 0.23 \text{ mm/s} = 0.18 \text{ m/s}$$

$$e) \hat{a} = \omega^2 \cdot \hat{y} = 800^2 \cdot 0.00023 \text{ m/s}^2 = 147 \text{ m/s}^2$$

$$4.) s = v_p \cdot t = v_s \cdot (t + 60 \text{ s}) \rightarrow \frac{v_p}{v_s} \cdot t = t + 60 \text{ s}$$

$$\frac{6}{3.5} t = t + 60 \text{ s} \rightarrow t \left(\frac{6-3.5}{3.5} \right) = 60 \text{ s} \rightarrow t = 84 \text{ s}$$

$$s = v_p \cdot t = 6 \frac{\text{km}}{\text{s}} \cdot 84 \text{ s} = \underline{\underline{504 \text{ km}}}$$

$$5.) \Delta s = 6 \text{ m} - 4.5 \text{ m} = 1.5 \text{ m}$$

$$a) \lambda = c/f = (343/440) \text{ m} = 78.0 \text{ cm}$$

$$\Delta s / \lambda = 1.5 \text{ m} / (78 \text{ cm}) = 1.9 \approx 2$$

→ konstruktive Interferenz ↑ ganzzahlig

$$b) \lambda = c/f = (343/340) \text{ m} = 1.01 \text{ m}$$

$$\Delta s / \lambda = 1.5 \text{ m} / (1.01 \text{ m}) = 1.49 \approx 1.5$$

→ destruktive Interferenz ↑ "halbzahlig"

6.) Für $B > 0$ ist die Bewegungsgleichung von der Art $a = -\omega^2 x$, d.h. es handelt sich um eine harmonische Schwingung der Kreisfrequenz $\omega = \sqrt{B/m}$.

$$7.) \omega^2 = \frac{g}{L} + \frac{2D}{m} \rightarrow \omega = \sqrt{\frac{g}{L} + \frac{2D}{m}} =$$

$$\sqrt{\frac{9.8}{0.65} + \frac{2 \cdot 14}{1.8}} \text{ Hz} = \underline{\underline{5.5 \text{ Hz}}}$$

$$8.) a = -(A g_w g / m) x \rightarrow \omega = \sqrt{A g_w g / m} =$$

$$\sqrt{8 \cdot 0.001^2 \cdot 1000 \cdot 9.8 / 0.014} \text{ Hz} = 2.37 \text{ Hz} = 2\pi f$$

$$\rightarrow f = \omega / (2\pi) = \underline{\underline{0.38 \text{ Hz}}}$$

$$9.) v = 45u / \Delta t = 45 \cdot 2\pi r / \Delta t = [90\pi \cdot 1.3 / 60] \text{ m/s}$$

$$= 6.13 \text{ m/s}$$

$$440 \text{ Hz} \frac{c}{c+v} \leq f \leq 440 \text{ Hz} \frac{c}{c-v}$$

$$440 \text{ Hz} \frac{343}{343+6.1} \leq f \leq 440 \text{ Hz} \frac{343}{343-6.1}$$

$$\underline{\underline{432 \text{ Hz} \leq f \leq 448 \text{ Hz}}}$$

$$10.) \frac{\lambda_E}{\lambda_S} = 3 = \sqrt{\frac{c+v}{c-v}} \rightarrow \frac{9(c-v)}{c-v} = \frac{c+v}{c-v} \rightarrow$$

$$10v = 8c \rightarrow v = \frac{4}{5} c = 0.8 \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ m/s} = \underline{\underline{2.4 \cdot 10^8 \text{ m/s}}}$$

$$11.) \lambda = 1 \text{ nm} = h/p = h/(m_e v) \rightarrow v = h/(m_e \lambda) =$$

$$[6.626 \cdot 10^{-34} / (9.109 \cdot 10^{-31} \cdot 10^{-9})] \text{ m/s} = \underline{\underline{727 \text{ km/s}}}$$

$$12a) \mu = F / (2fL)^2 = [40 / (2 \cdot 440 \cdot 0.8)^2] \text{ kg/m} =$$

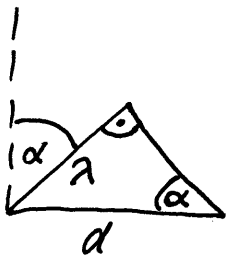
$$\underline{\underline{81 \text{ mg/m}}}$$

$$b) \text{ Kurz: } f_{\text{kurz}} = \frac{1}{(L/3)} \sqrt{\frac{F}{4\mu}} = 3f = 3 \cdot 440 \text{ Hz} = 1320 \text{ Hz}$$

$$\text{Lang: } f_{\text{lang}} = \frac{1}{(2L/3)} \sqrt{\frac{F}{4\mu}} = \frac{3}{2}f = \frac{3}{2} \cdot 440 \text{ Hz} = \underline{\underline{660 \text{ Hz}}}$$

//

13.)



$$\frac{\lambda}{d} = \sin \alpha$$

$$\frac{600 \text{ nm}}{2000 \text{ nm}} = 0.3 = \sin \alpha \rightarrow$$

$$\alpha = \arcsin 0.3 = \underline{\underline{17.5^\circ}}$$

//

$$14.) \lambda \text{ in der Schicht} = 470 \text{ nm} / n = 470 \text{ nm} / 1.5 = 313.3 \text{ nm} \rightarrow \Delta s_{\text{min}} = \lambda_{\text{Schicht}} / 2 = \underline{\underline{157 \text{ nm}}}$$

//

$$15.) \text{ Es wird eine akustische Schwebung der Frequenz } f_{\text{Schwebung}} = |f_1 - f_2| = (440 - 436) \text{ Hz} = 4 \text{ Hz} \text{ wahrgenommen.}$$

//

$$16.) \omega_1 = \sqrt{2 \cdot 9/3} \text{ Hz} = 2.45 \text{ Hz}$$

$$\omega_2 = \sqrt{2 \cdot 16/3} \text{ Hz} = \underline{\underline{3.27 \text{ Hz}}}$$

//

$$17a) n_2 = n_1 \cdot \sin \alpha_1 / \sin \alpha_2 = 1 \cdot \sin 49^\circ / \sin 30^\circ = \underline{\underline{1.51}}$$

$$b) c_2 = c_1 \cdot n_1 / n_2 = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s} / 1.51 = 1.99 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

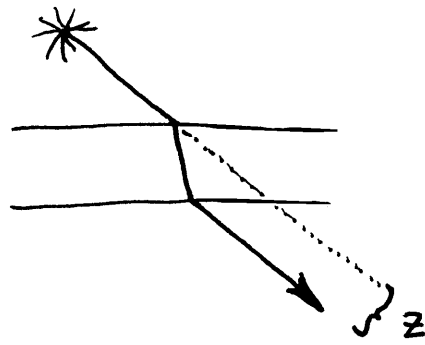
$$\Delta s = 4 \text{ mm} / \cos 30^\circ = 4.62 \text{ mm}$$

$$\Delta t = \Delta s / c_2 = (0.00462 / 1.99 \cdot 10^8) \text{ s} = 2.3 \cdot 10^{-11} \text{ s}$$

$$= \underline{\underline{23 \text{ ps}}}$$

$$c) \lambda_{\text{Glas}} = \lambda / n_2 = 600 \text{ nm} / 1.51 = \underline{\underline{398 \text{ nm}}}$$

- d) Nach dem Durchdringen der Glasplatte bewegt sich der Strahl in der ursprünglichen Richtung, jedoch parallel verschoben. (Man kann zeigen, dass $z = 4 \text{ mm} \cdot \sin(\alpha_2 - \alpha_1) / \cos \alpha_2$).



—

- 18.) Es gilt die Einsteinsche Gleichung

$$hf = W + E_{\text{kin}} = W + \frac{1}{2} m_e v^2$$

$$E_{\text{kin}} = hf - W = \frac{hc}{\lambda} - W = \left[\frac{6.626 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{550 \cdot 10^{-9}} - \right.$$

$$\left. 1.4 \cdot 1.602 \cdot 10^{-19} \right] \text{ J} = \underline{\underline{1.37 \cdot 10^{-19} \text{ J}}} = \underline{\underline{0.856 \text{ eV}}}$$

$$v = \sqrt{2E_{\text{kin}} / m_e} = \sqrt{2 \cdot 1.37 \cdot 10^{-19} / (9.109 \cdot 10^{-31})}$$

$$\text{m/s} = \underline{\underline{549 \text{ km/s}}}$$