

Wellen Aufgaben

Aufgabe 1

Ein Seil der Masse $m = 0,65 \text{ kg}$ ist auf die Länge $l = 30 \text{ m}$ festgespannt.

- Wie lang wird ein Wellenpaket für die Distanz l benötigen, wenn die Zugspannung $F = 120 \text{ N}$ beträgt?

Lsg.: a) $t = 0,4031 \text{ s}$

Aufgabe 2

John hat zwei identische Gitarrensaiten derselben Länge. Die eine ist gespannt mit einer Kraft F_1 . Wenn er diese Saite zupft, erzeugt sie einen Ton von 440 Hz als Grundfrequenz. Die zweite Saite ist gespannt mit einer Kraft, die um 1% größer ist als die der ersten, d.h. $F_2 = 1.01F_1$.

- Wie groß ist die Schwebungsfrequenz, wenn beide Saiten gleichzeitig gezupft werden?

Lsg.: a) $2,2 \text{ Hz}$

Aufgabe 3

Ein Freund hält ein Seil an einem Ende fest, das andere Ende ist sehr weit entfernt. Er bewegt sein Ende des Seils auf und ab in einer sinusförmigen Bewegung mit einer Frequenz von 3 Zyklen pro Sekunde. Die maximale Auslenkung beträgt 0.05 m . Die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Welle auf dem Seil beträgt 21 m/s . Zur Zeit $t = 0$ ist die Auslenkung am Ort $x = 0$ gleich 0 ($\Psi(0,0) = 0$), und $\Psi(\frac{\lambda}{4}, 0) > 0$.

- Stellen Sie die Wellenfunktion $\Psi(x,t)$ auf, die die Auslenkung des Seils als Funktion der Position x vom Ende und der Zeit t beschreibt.

Aufgabe 4

Auf einem Seil werden Wellen erzeugt, indem dieses an der Stelle $x = 0$ mit einer Schwingung der Frequenz $f = 4 \text{ Hz}$ und der Amplitude $A = 6 \text{ cm}$ erregt wird. Die Wellenlänge beträgt $\lambda = 32 \text{ cm}$. Zur Zeit $t = 0$ befindet sich bei $x = 0$ gerade ein Wellental.

- Wie lautet die Auslenkungs-Zeit-Funktion $\Psi(0,t)$ eines Seilteilchens, das sich am Ort $x = 0$ befindet?

- b. Welche Maximalgeschwindigkeit v_{max} erreicht dieses Teilchen?
- c. Berechnen Sie die Auslenkung $\Psi(0, t_1)$, die Geschwindigkeit v_1 und die Beschleunigung a_1 des Teilchens zur Zeit $t_1 = 2,2s$.
- d. Wie lautet die Funktion $\Psi(x, t)$ für die gesamte Welle?
- e. Wie groß ist die Auslenkung $\Psi(x, t)$ in den folgenden fünf Fällen:
- 1) $x = 0, t = 0$
 - 2) $x = \lambda/2, t = 0$
 - 3) $x = 0, t = T/4$
 - 4) $x = \lambda/4, t = T/4$
 - 5) $x = \frac{3}{4}\lambda, t = T/4$
- f. Skizzieren Sie die Momentbilder der Welle und kennzeichnen Sie die fünf Werte für Ψ .
- g. Welche Ausbreitungsgeschwindigkeit c hat die Welle?

Lsg.: b) $v_{max} = 1,508 m/s$ c) $\Psi_1 = -1,854 cm, v_1 = -1,434 m/s, a_1 = 11,71 m/s^2$
 e) $\Psi = (-A, A, 0, -A, A)$ g) $c = 1,280 m/s$

Aufgabe 5

Die Intensität einer sich kugelförmig ausbreitenden Erdbebenwelle wird in einer Entfernung von $r_1 = 100,0 km$ von der Quelle zu $I_1 = 2,200 \times 10^6 W/m^2$ gemessen.

- a. Wie groß war die Intensität I_2 in der Entfernung $r_2 = 4,000 km$ von der Quelle?
- b. Wie groß war die gesamte Leistung P_2 , die im Abstand von r_2 durch eine Fläche der Größe $S = 5,000 m^2$ strömte?

Lsg.: a) $I_2 = 1,375 \times 10^9 W/m^2$ b) $P = 6,875 \times 10^9 W$

Aufgabe 6

Ein Beobachter hört $t = 12,00 s$, nachdem ein Flugzeug mit der Flughöhe $h = 9,000 km$ über ihn geflogen ist, den Überschallknall.

- a. Welche Geschwindigkeit v hat das Flugzeug, wenn sich der Schall mit der Geschwindigkeit $c = 330,0 m/s$ ausbreitet.

Lsg.: $v = 367,5 \text{ m/s}$

Aufgabe 7

Zwei Sender S_1 und S_2 senden Wellen mit gleicher Frequenz $f = 10 \text{ Hz}$ in die positive x-Richtung aus. Die Ausbreitungsgeschwindigkeit beträgt jeweils $c = 5,0 \text{ m/s}$. Der Sender S_1 befindet sich am Ort $x_{S_1} = 0 \text{ m}$ und sendet zur Zeit $t_1 = 0 \text{ s}$ einen Wellenberg der Höhe $A_1 = 0,1 \text{ m}$ ab. Der Sender S_2 befindet sich an der Stelle $x_{S_2} = -2,2 \text{ m}$ und sendet zur Zeit $t_2 = 0,5 \text{ s}$ einen Wellenberg der Höhe $A_2 = 0,2 \text{ m}$ ab.

- Berechnen Sie die Amplitude A der Welle, die durch Überlagerung der zwei Ausgangswellen entsteht.

Lsg.: $A = 0,1328 \text{ m}$

Aufgabe 8.

Sie haben die Aufgabe, eine Orgelpfeife zu konstruieren. Die Frequenz soll 55 Hz sein, eine A Note. Wie lang muss die Pfeife sein, wenn sie

- an beiden Enden offen sein soll?
- ein offenes und ein geschlossenes Ende haben soll?

Nehmen Sie den Wert der Schallgeschwindigkeit als 340 m/s an.

Lsg. : a) $3,09 \text{ m}$ b) $1,55 \text{ m}$

Aufgabe 9

Ein Freund hat Ihnen ein exotisches Blasinstrument aus einem indischen Dorf geschenkt. Sie sind nicht sicher, ob es sich verhält wie eine Pfeife mit zwei offenen Enden oder eine mit einem offenen und einem geschlossenen Ende. Sie erzeugen höhere harmonische Frequenzen in der Reihenfolge $510, 850, \text{ und } 1190 \text{ Hz}$.

- Ist das Instrument eine offen-offen Pfeife oder eine offen-geschlossen Pfeife? Was ist die Frequenz der Grundschiwingung?

Lsg.: a) $f_1 = 170 \text{ Hz}$

Aufgabe 10

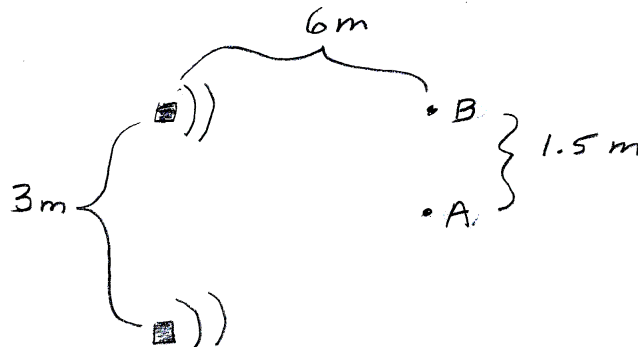
Auf der x-Achse befinden sich an den Stellen $x_{S_1} = 0\text{ m}$ und $x_{S_2} = 20\text{ m}$ zwei Sender, die jeweils Wellen mit der Wellenlänge $\lambda = 1,0\text{ m}$ und der Frequenz $f = 10\text{ Hz}$ aussenden. Der Sender S_1 strahlt zur Zeit $t_1 = 0\text{ s}$ ein Maximum ab, das in positive x-Richtung läuft. Die Welle, die vom Sender S_2 in die negative x-Richtung läuft, hat zur Zeit $t_2 = 1\text{ s}$ an der Stelle $x_2 = 10\text{ m}$ ein Wellental.

- a. Berechnen Sie die Orte der Schwingungsknoten auf der x-Achse.

Lsg.: $x_{\text{Knoten}} = \frac{n}{2}\text{ m}$ mit $n = 0, 1, 2, \dots, 40$

Aufgabe 11

Zwei Lautsprecher sind 3 m voneinander entfernt aufgestellt und senden kohärente Sinus-Wellen-Töne aus. Georg steht am Punkt **A**, der 6 m entfernt ist von einer Linie, die die beiden Lautsprecher verbindet. An diesem Punkt hört er einen sehr lauten Ton, d.h. konstruktive Interferenz, da er dieselbe Entfernung von beiden Lautsprechern hat. Er geht jetzt hinüber zum Punkt **B**, wie gezeigt in der Skizze. Auch an diesem Punkt hört er einen lauten Ton, also konstruktive Interferenz. Der Abstand zwischen **A** und **B** beträgt $1,5\text{ m}$.

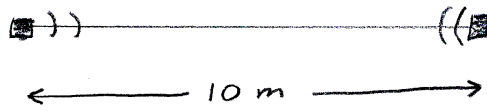


- a. Was ist die Frequenz des Sinuswellen-Tons? Nehmen Sie den Wert der Schallgeschwindigkeit als 340 m/s an.

Lsg.: a) 480 Hz

Aufgabe 12

Sallys WG-Mitbewohnerin hört gern reine Sinuswellen-Töne. Sie stellt je einen Lautsprecher an beide Enden des Raums. Die beiden Lautsprecher sind 10 m voneinander entfernt und senden kohärente Sinuswellen der Frequenz 170 Hz . Sally sitzt zum Lernen gern in der Mitte des Raums, 5 m von jedem der beiden Lautsprecher entfernt. Allerdings ist wegen der konstruktiven Interferenz an diesem Punkt der Ton sehr laut, so dass sie sich nicht gut konzentrieren kann.



- a. Wie weit sollte Sally sich auf einen der beiden Lautsprecher zu bewegen, so dass sich die Wellen auslöschen und sie besser lernen kann? Nehmen Sie den Wert der Schallgeschwindigkeit als 340 m/s an.

Lsg.: a) $0,5\text{ m}$

Aufgabe 13

Das Youngsche Doppelspalt-Experiment wird mit blau-grünem Licht der Wellenlänge 500 nm durchgeführt. Der Abstand zwischen den Spalten beträgt $1,2\text{ mm}$, und die Leinwand ist $5,4\text{ m}$ von den Spalten entfernt.

- a. Wie groß ist der Abstand zwischen den hellen Streifen auf der Leinwand?

Lsg.: a) $2,25\text{ mm}$

Aufgabe 14

Bei einem optischen Interferenzversuch mit monochromatischem Licht wird das Interferenzmaximum 3. Ordnung unter dem Winkel $\alpha_3 = 48,00^\circ$ beobachtet.

- a. Unter welchem Winkel α_1 tritt das Interferenzmaximum 1. Ordnung auf?

Lsg.: $\alpha_1 = 14,34^\circ$

Aufgabe 15

Ein Spalt beugt Licht mit einer Wellenlänge von $\lambda_1 = 550 \text{ nm}$, so dass das Beugungsmaximum auf einem $l = 2,5 \text{ m}$ entfernten Schirm $a_1 = 8 \text{ cm}$ breit ist.

- a. Welche Breite a_2 hat das Beugungsmaximum für Licht der Wellenlänge $\lambda_2 = 400 \text{ nm}$?

Lsg.: $a_2 = 5,818 \text{ cm}$

Aufgabe 16

Wie viele helle Streifen enthält der zentrale Beugungspeak eines Doppelspaltmusters (Spaltbreite b , Spaltabstand d) für

- a. $d = 2b$
b. $d = 12b$

Lsg.: a) 3 Streifen, b) 23 Streifen

Aufgabe 17

Zu Beugungsuntersuchen an Mehrfachspalten werden Beugungsgitter verwendet, die durch Eingravieren sehr dünner paralleler Linien in eine Glasplatte hergestellt werden. Die unberührten Zwischenräume zwischen den Linien dienen als Spalte.

- a. Wie viele Linien pro Zentimeter besitzt ein solches Beugungsgitter, wenn das Maximum dritter Ordnung für Licht der Wellenlänge $\lambda = 650 \text{ nm}$ bei einem Winkel von $\alpha = 13^\circ$ auftritt?

Lsg.: 1153 Linien/cm

Aufgabe 18

Die Scheinwerfer eines näherkommenden PKWs haben einen Abstand von $a = 1,2 \text{ m}$.

- a. Ab welcher Entfernung s können die Scheinwerfer getrennt wahrgenommen werden, wenn der nächtliche Pupillendurchmesser $D = 8 \text{ mm}$ beträgt und die Auflösung des Auges nur von der Beugung bestimmt wird? Rechnen Sie mit einer Wellenlänge von $\lambda = 500 \text{ nm}$.

Lsg.: $s = 15,74 \text{ km}$