

Prüfungsvorbereitung Physik: Wellen

Die Grundlagen aus den vorhergehenden Prüfungen werden vorausgesetzt (vor allem Symbole und Einheiten).

Theoriefragen: Diese Begriffe müssen Sie auswendig in ein bis zwei Sätzen erklären können.

- a) Welle
- b) Woraus besteht ein Medium?
- c) Was transportiert eine fortlaufende Welle, was nicht?
- d) Nennen und beschreiben Sie die zwei Typen von Wellen, die es gibt
- e) Harmonische Welle
 - Unter welchen Voraussetzungen ist eine Welle harmonisch?
 - Durch welche mathematische Funktion wird eine harmonische Welle beschrieben?
- f) Interferenz; konstruktive/destruktive Interferenz
- g) kohärent
- h) Weglänge
- i) Gangunterschied
- j) Wie wird eine Welle an einem festen/freien Ende reflektiert?
- k) Wie entsteht eine stehende Welle?
- l) Was transportiert eine stehende Welle, was nicht?
- m) Schwingungsknoten/Schwingungsbauch
- n) Wie hängen die Wahrnehmung der Tonhöhe mit der Frequenz einer Schallschwingung zusammen?
- o) Prinzip von Huygens (in zwei Sätzen)
- p) Beugung
- q) Brechung
- r) Totalreflexion; Grenzwinkel für Totalreflexion
- s) Dopplereffekt
- t) Wie kommt eine Schwebung zustande? Was nehmen wir dabei wahr?

Physikalische Größen: Für diese physikalischen Größen müssen Sie Symbol und Einheit kennen.

	Symbol	Einheit		Symbol	Einheit
Auslenkung			Amplitude		
Periode			Frequenz		
Kreisfrequenz			Anfangsphase		
Ausbreitungsgeschwindigkeit			Wellenlänge		
Weglänge			Gangunterschied		
Geschwindigkeit			Beschleunigung		
Schwebungsfrequenz			Mittlere Frequenz		

Fähigkeiten:

- Formeln umformen, Zahlenwerte mit Einheiten einsetzen und ausrechnen
- Resultate auf die richtige Anzahl Ziffern runden
- Mit Diagrammen umgehen
- Winkel vom Gradmass ins Bogenmass umrechnen und umgekehrt
- Beugung, Reflexion, Brechung und Totalreflexion mit Hilfe des Prinzips von Huygens konstruieren

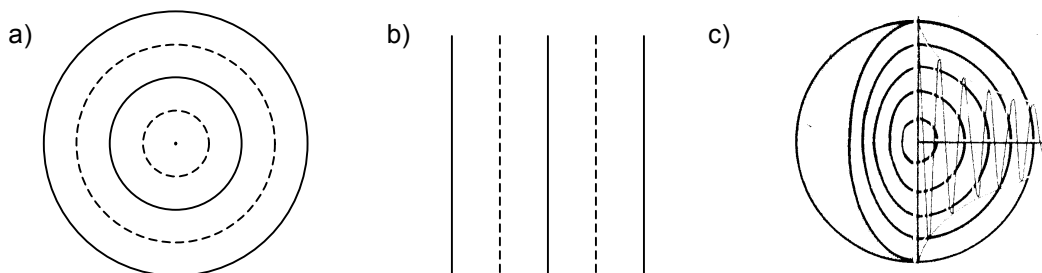
Formeln: An der Prüfung erhalten Sie ein Formelblatt. Auf dem Formelblatt finden Sie alle Formeln, die Sie brauchen, sowie Tabellenwerte und ein paar wichtige Formeln aus der Mathematik. Das Formelblatt können Sie auf ga.perihel.ch anschauen und herunterladen.

Übungsaufgaben:

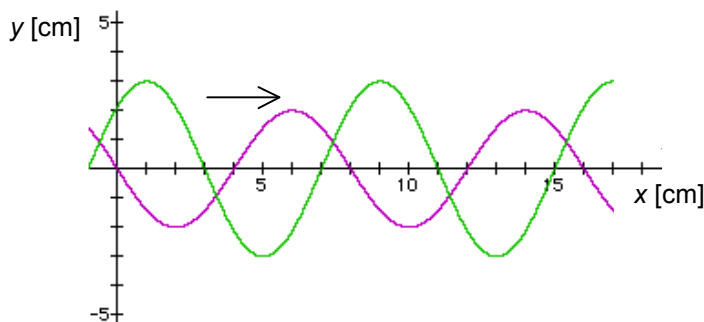
Alle Arbeitsblätter sowie Aufgabenblätter A5 bis A10

Weitere Aufgaben

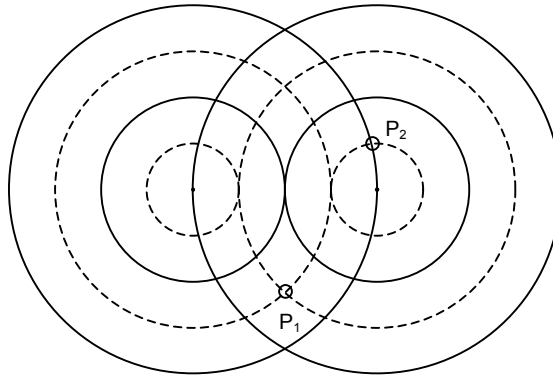
1. Vervollständigen Sie den folgenden Satz:
«Je grösser die Frequenz einer Schallschwingung, desto der Ton, den wir hören.»
2. Benennen Sie die Formen dieser Wellen (*Kreiswelle/ Kugelwelle/ Ebene Welle*).
Zeichnen Sie in jeder Abbildung mindestens drei Wellenfronten und drei Wellenstrahlen ein.



3. Albert spielt das e" auf seiner Geige ($f = 660 \text{ Hz}$). Wie gross ist die Wellenlänge dieser Schallwelle in Luft?
4. Hier überlagern sich zwei Wellen gleicher Frequenz, die sich beide mit der gleichen Geschwindigkeit in die gleiche Richtung bewegen (nach rechts). In den Abbildungen sehen Sie eine Momentaufnahme der Einzelwellen zur Zeit $t = 0$.
 - a) Bestimmen Sie die Wellenlängen und die Amplituden der Einzelwellen
 - b) Zeichnen Sie die überlagerte Welle
 - c) Bestimmen Sie die Wellenlänge und die Amplitude der überlagerten Welle



5. Fritzli ($m = 68 \text{ kg}$) fährt mit dem Velo ($v = 18.179600 \frac{\text{km}}{\text{h}}$) und pfeift ($f = 0.0030540 \text{ MHz}$). Dabei fährt er an Vreneli ($m = 58.45 \text{ kg}$), die am Strassenrand steht, vorbei.
- Wie viele signifikante Ziffern besitzen die benötigten Zahlenwerte? Wie viele Ziffern sollte das Resultat besitzen?
 - Rechnen Sie aus, wie gross die Frequenzen der Töne sind, die Vreneli beim Annähern und beim Entfernen hört, und runden Sie die Resultate auf die richtige Anzahl signifikanter Ziffern (in kHz).
 - Notieren Sie die Resultate mit einer Zehnerpotenz in der wissenschaftlichen Schreibweise (in Hz).
6. Hier sehen Sie zwei kohärente Kreiswellen, die interferieren. Die Wellenberge sind als ausgezogene Linien dargestellt und die Wellentäler als gestrichelte Linien.

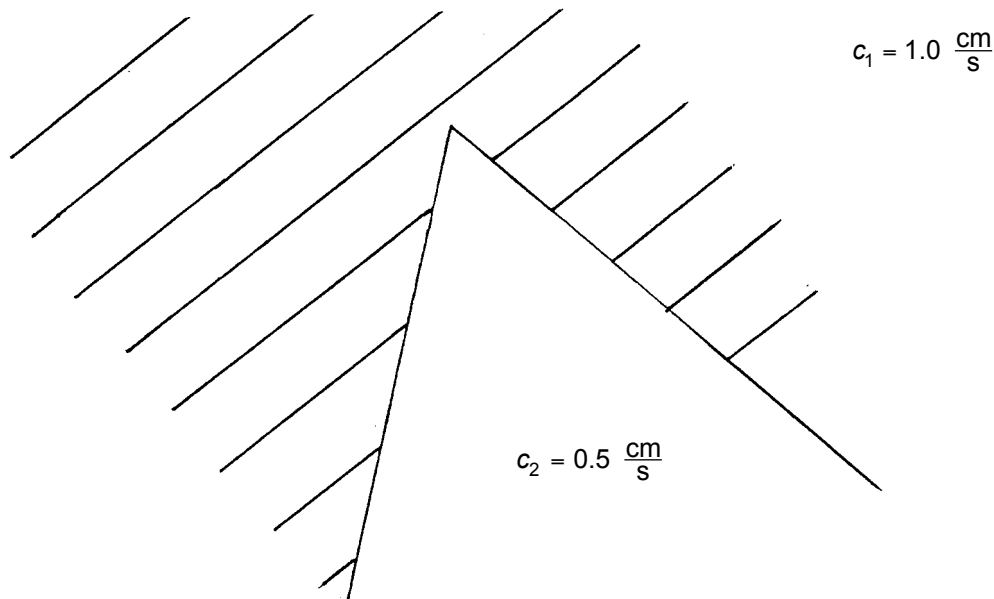


- Bestimmen Sie die Weglängen und die Gangunterschiede in den Punkten P_1 und P_2 (in Anzahl Wellenlängen):
 $P_1: s_1 = \quad \quad \quad s_2 = \quad \quad \quad \Delta s =$
 $P_2: s_1 = \quad \quad \quad s_2 = \quad \quad \quad \Delta s =$
 - In welchen Punkten dieser Punkte findet destruktive, in welchen konstruktive Interferenz statt?
 - Wie gross ist der Abstand zwischen den zwei Wellenzentren in Anzahl Wellenlängen?
 - Finden Sie alle weiteren Punkte, in denen der Gangunterschied gleich gross ist wie in P_1 .
 - Finden Sie alle Punkte, in denen $\Delta s = \lambda$ ist.
7. Eine ebene Schallwelle ($f = 740 \text{ Hz}$) trifft von links her auf eine 2.0 m breite Öffnung in einer Wand. Zeichnen Sie für beide Fälle a) und b) die Wellenfronten links von der Öffnung (bevor die Welle auf die Öffnung trifft) sowie rechts von der Öffnung (nachdem sie durch die Öffnung hindurchgegangen ist). *Hinweis:* Berechnen Sie jeweils zuerst die Wellenlänge.
- in der Luft
 - im Wasser

1.0 m
 \longleftrightarrow



8. Wenn man bei einem Konzert hinter einer Mauer sitzt, tönt die Musik ziemlich dumpf, weil man vor allem die tiefen Töne gut hört. Woran liegt das?
9. Eine ebene Welle trifft auf ein Hindernis. Dabei wird ein Teil der Welle gebrochen und ein Teil reflektiert. Konstruieren Sie mit dem Prinzip von Huygens die gebrochene und die reflektierte Welle (je drei neue Wellenfronten). Verwenden Sie Zirkel und Lineal!



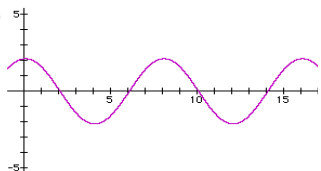
10. Eine ebene Welle ($f = 10.0 \text{ Hz}$, $\lambda = 2.0 \text{ cm}$) befindet sich im Medium 1 und trifft unter einem Einfallswinkel von 25° auf die Grenzlinie zum Medium 2. Der Brechungswinkel beträgt 40° .
 - a) Welches Medium besitzt die grössere Ausbreitungsgeschwindigkeit?
 - b) Wie gross sind die Ausbreitungsgeschwindigkeiten in den beiden Medien?
 - c) Wie gross sind Wellenlänge und Frequenz im Medium 2?
 - d) Wie gross ist der Winkel für Totalreflexion, und in welchem Medium tritt diese auf?
11. Ein Zug fährt mit $72.0 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ auf ein Tunnel zu und pfeift mit der Frequenz 500.0 Hz . Der Schall wird am Eingang des Tunnels reflektiert.
 - a) Zwischen Zug und Tunnel steht Fritzli. Welche Höhe hat der Ton, der direkt vom Zug zu ihm kommt, und welche Höhe hat das Echo des Tons, der am Tunnelportal reflektiert wird?
 - b) Welche Tonhöhe hört er, wenn der Zug an ihm vorbeigefahren ist? (Direkter Ton und Echo)
 - c) Welche Tonhöhe hat das Echo für Hansli, der im Zug fährt?
12. Eine Schwingung der Periode $T_1 = 2.40 \text{ ms}$ wird mit einer zweiten Schwingung mit der Periode T_2 überlagert. Das ergibt eine Schwebung mit der mittleren Periode $T_m = 2.42 \text{ ms}$. Wie gross ist die Schwebungsfrequenz?

Lösungen:

- höher
- a) Kreiswelle, b) Ebene Welle, c) Kugelwelle
Die Wellenfronten sind die Wellenberge und -täler; die Wellenstrahlen verlaufen senkrecht zu den Wellenfronten in Ausbreitungsrichtung der Welle

$$3. \quad \lambda = \frac{c}{f} = \frac{344 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{660 \text{ Hz}} = 0.52 \text{ m} = \underline{52 \text{ cm}}$$

- a) $\lambda_1 = \lambda_2 = 8.0 \text{ cm}$, $\hat{y}_1 = 3.0 \text{ cm}$, $\hat{y}_2 = 2.0 \text{ cm}$
b)



$$c) \lambda_{\text{überlagert}} = \lambda_1 = \lambda_2 = 8.0 \text{ cm}, \hat{y}_{\text{überlagert}} \approx 2.0 \text{ cm}$$

- a) m (Fritzli): 2 Ziffern (nicht benötigt), m (Vreneli): 4 Ziffern (nicht benötigt), v : 8 Ziffern, f : 5 Ziffern, c : 3 Ziffern (aus dem Formelblatt). Resultat: 3 Ziffern

$$b) \text{ Annähern: } f' = f \cdot \frac{c}{c-v} = 3'054.0 \text{ Hz} \cdot \frac{344 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{344 \frac{\text{m}}{\text{s}} - \frac{18.179600}{3.6} \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 3099.500 \text{ Hz} = \underline{3.10 \text{ kHz}}$$

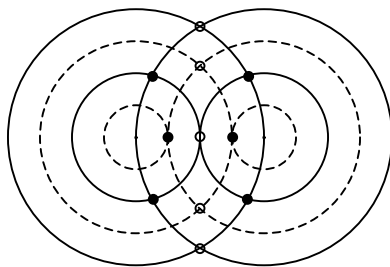
$$\text{Entfernen: } f' = f \cdot \frac{c}{c+v} = 3'054.0 \text{ Hz} \cdot \frac{344 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{344 \frac{\text{m}}{\text{s}} + \frac{18.179600}{3.6} \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 3009.816 \text{ Hz} = \underline{3.01 \text{ kHz}}$$

$$c) \underline{3.10 \cdot 10^3 \text{ Hz und } 3.01 \cdot 10^3 \text{ Hz}}$$

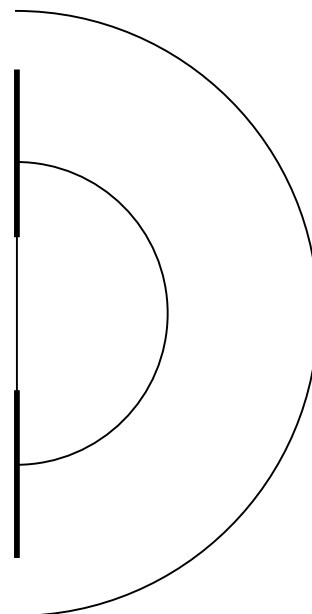
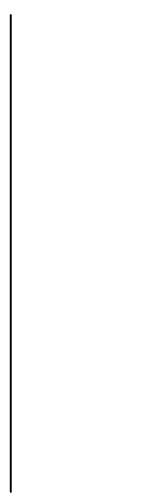
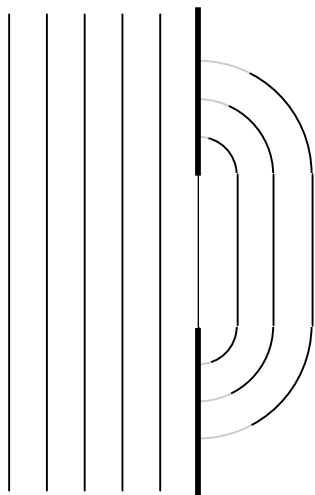
- a) $P_1: s_1 = 1.5 \lambda, s_2 = 1.5 \lambda, \Delta s = 0$ $P_2: s_1 = 2 \lambda, s_2 = 0.5 \lambda, \Delta s = 1.5 \lambda$
b) P_1 : konstruktiv, P_2 : destruktiv
c) 2λ

d) ○

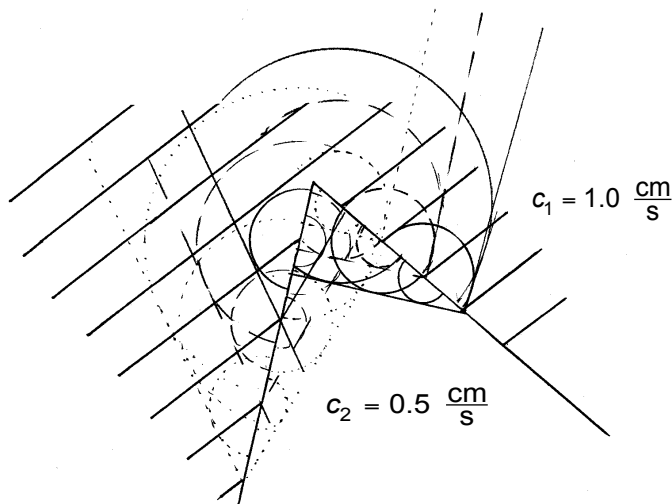
e) ●



- a) $\lambda = \frac{c}{f} = \frac{344 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{740 \text{ Hz}} = 0.46 \text{ m} \approx 0.50 \text{ m}$ b) $\lambda = \frac{c}{f} = \frac{1'480 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{740 \text{ Hz}} = 2.00 \text{ m}$



8. Weil die tiefen Töne eine grössere Wellenlänge haben und deshalb stärker gebeugt werden.
- 9.



10. a) Das Medium mit dem grösseren Winkel: Medium 2
- b) $c_1 = \lambda_1 \cdot f_1 = 0.020 \text{ m} \cdot 10.0 \text{ Hz} = 0.20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
- $$\frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = \frac{c_1}{c_2} \quad c_2 = \frac{c_1 \cdot \sin \alpha_2}{\sin \alpha_1} = \frac{0.20 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot \sin(40^\circ)}{\sin(25^\circ)} = 0.30 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$
- c) $f_2 = 10.0 \text{ Hz}$, $\lambda_2 = \frac{c_2}{f_2} = \frac{0.30 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{10 \text{ Hz}} = 0.030 \text{ m} = 3.0 \text{ cm}$
- d) $\alpha_{\text{Grenz(langsam)}} = \arcsin\left(\frac{c_{\text{langsam}}}{c_{\text{schnell}}}\right) = \arcsin\left(\frac{0.20 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{0.30 \frac{\text{m}}{\text{s}}}\right) = 42^\circ$, im Medium 1 (im langsameren)
11. a) Sender bewegt sich auf ihn zu: $f' = f \cdot \frac{c}{c - v} = 500 \text{ Hz} \cdot \frac{344 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{344 \frac{\text{m}}{\text{s}} - 20 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 531 \text{ Hz}$
- $$f_{\text{direkt}} = f_{\text{Echo}} = 531 \text{ Hz}$$
- b) Sender bewegt sich von ihm weg: $f' = f \cdot \frac{c}{c + v} = 500 \text{ Hz} \cdot \frac{344 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{344 \frac{\text{m}}{\text{s}} + 20 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 473 \text{ Hz}$
- $$f_{\text{direkt}} = 473 \text{ Hz}, f_{\text{Echo}} = 531 \text{ Hz (wie in a)}$$
- c) «ruhende Schallquelle» ist der Echoton. Der Empfänger bewegt sich auf sie zu:
- $$f' = f_{\text{Echo}} \cdot \frac{c + v}{c} = 531 \text{ Hz} \cdot \frac{344 \frac{\text{m}}{\text{s}} + 20 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{344 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 562 \text{ Hz}$$
12. $f_1 = \frac{1}{T_1} = \frac{1}{0.00240 \text{ s}} = 417 \text{ Hz}$
- $$f_m = \frac{1}{T_m} = \frac{1}{0.00242 \text{ s}} = 413 \text{ Hz}$$
- $$f_m - f_1 = 417 \text{ Hz} - 413 \text{ Hz} = 4 \text{ Hz}$$
- $$f_2 = f_m - 4 \text{ Hz} = 413 \text{ Hz} - 4 \text{ Hz} = 409 \text{ Hz}$$
- $$f_s = |f_1 - f_2| = |417 \text{ Hz} - 419 \text{ Hz}| = 8 \text{ Hz}$$