

Prüfungsvorbereitung Physik: Schwingungen, Wellen

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

- a) Arbeit
- b) Energie
- c) Formulieren Sie den Energieerhaltungssatz
- d) Schwingung
- e) Welches sind die Ursachen für eine Schwingung?
- f) Auslenkung
- g) Amplitude
- h) Periode
- i) Frequenz
- j) Winkelgeschwindigkeit/Kreisfrequenz
- k) Harmonische Schwingung
 - Unter welcher Voraussetzung ist eine Schwingung harmonisch?
 - Durch welche mathematische Funktion wird eine harmonische Schwingung beschrieben?
- l) Oszillator
- m) Eigenfrequenz/Fremdfrequenz
- n) Fremderregte/selbsterregte Schwingung
- o) Erzwungene Schwingung
- p) Rückkopplung
- q) Resonanz
- r) Welle
- s) Woraus besteht ein Medium?
- t) Was transportiert eine fortlaufende Welle, was nicht?
- u) Wellenlänge
- v) Ausbreitungsgeschwindigkeit
- w) Nennen und beschreiben Sie die zwei Typen von Wellen, die es gibt

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

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.

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

| | Symbol | Einheit | | Symbol | Einheit |
|-----------------------------|--------|---------|---------------------|--------|---------|
| Auslenkung | | | Amplitude | | |
| Periode | | | Frequenz | | |
| Kreisfrequenz | | | Winkel im Bogenmass | | |
| Anfangsphase | | | Masse | | |
| Kraft | | | Federkonstante | | |
| Fallbeschleunigung | | | Länge | | |
| Weg | | | Zeit | | |
| Geschwindigkeit | | | Beschleunigung | | |
| Arbeit | | | Energie | | |
| Ausbreitungsgeschwindigkeit | | | Wellenlänge | | |

Übungsaufgaben:

Alle Arbeitsblätter sowie Aufgabenblätter A2 bis A5

Weitere Aufgaben

- Eine harmonische Welle ($\lambda = 0.09760 \text{ cm}$) breitet sich mit $c = 1'230.00 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ aus.
 - Wie viele signifikante Ziffern besitzen die beiden Zahlenwerte? Wie viele Ziffern sollte das Resultat besitzen?
 - Rechnen Sie aus, wie gross die Frequenz ist und runden Sie das Resultat auf die richtige Anzahl signifikanter Ziffern.
 - Notieren Sie das Resultat mit einer Zehnerpotenz in der wissenschaftlichen Schreibweise.
- Welche dieser Schwingungen ist/sind harmonisch?
 - Ein Ball hüpfte auf und ab
 - Ein Kind sitzt auf der Schaukel und schaukelt
 - Ein Headbanger schlägt seinen Kopf gegen die Wand
 - Ein Ei hängt an einer Feder und schwingt auf und ab
- Rechnen Sie die folgenden Winkel um:

| | | | | |
|---|-------------|-----------------|------------------|--------------|
| a) vom Gradmass ($^\circ$) ins Bogenmass (rad): | 360° | 90° | 30° | 5.93° |
| b) vom Bogenmass (rad) ins Gradmass ($^\circ$): | 2π | $\frac{\pi}{4}$ | $\frac{3\pi}{5}$ | 5.93 |

4. Der Sekundenzeiger einer Uhr ist 15 mm lang.
 - a) Wie lange dauert eine ganze Umdrehung des Zeigers?
 - b) Welchen Weg legt die Zeigerspitze während einer ganzen Umdrehung zurück?
 - c) Wie gross ist die (Bahn-) Geschwindigkeit der Zeigerspitze?
 - d) Wie gross ist der Winkel, den der Zeiger in 15 s überstreicht? (in rad und in °)
 - e) Wie gross ist die Winkelgeschwindigkeit des Zeigers?

5. Eine harmonische Schwingung hat eine Amplitude von 12.0 cm und eine Frequenz von 15.0 Hz ($\varphi_0 = 0$).
 - a) Wie gross ist die Auslenkung zur Zeit $t = 30.0$ ms?
 - b) Wie gross ist die Geschwindigkeit zur Zeit $t = 60.0$ ms?
 - c) Wie gross ist die Beschleunigung zur Zeit $t = 40.0$ ms?

6. Hier sehen Sie die Gleichung für die harmonische Schwingung eines Fadenpendels, das in Mitteleuropa schwingt: $y(t) = 6.0 \text{ cm} \cdot \sin\left(\frac{\pi}{2} \text{ s}^{-1} \cdot t + \pi\right)$
 - a) Bestimmen Sie die Amplitude, Kreisfrequenz, Frequenz, Periode, Anfangsphase und die Länge des Fadens.
 - b) Zeichnen Sie das zugehörige Zeit-Weg-Diagramm. (Achsen, mit Symbol, Einheiten, und Skala beschriften!)

7. Bei einer harmonischen Schwingung ($\hat{y} = 10.0$ cm) beträgt zur Zeit $t = 1.00$ ms die Auslenkung 9.00 cm. Wie gross ist ihre Frequenz?

8. Die Masse eines Federpendels wird halbiert. Um wieviel Prozent ändert sich die Frequenz?

9. Bei einer Pendeluhr kann die Pendellänge verändert werden. Welche Folgen hat eine Verlängerung, welche eine Verkürzung? Geht die Uhr vor oder nach?

10. Wie ändert sich die Schwingungsdauer (Periode) eines Pendels, wenn es von Mitteleuropa an den Nordpol gebracht wird?

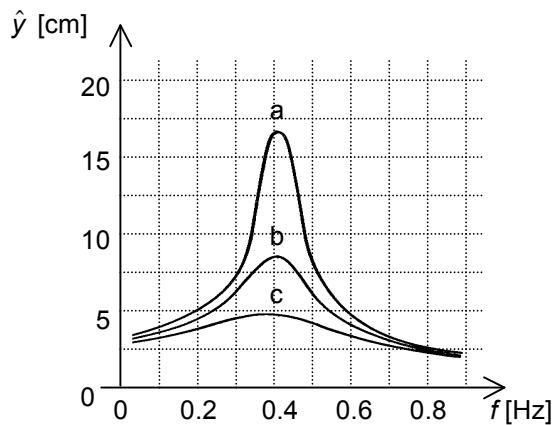
11. Zwei Fadenpendel von 25 cm und 36 cm Länge beginnen gleichzeitig zu schwingen. Nach welcher Zeit erreichen die Pendel zum ersten Mal wieder gleichzeitig die Anfangslage? Wie viele Schwingungen hat jedes Pendel dabei durchgeführt? (auf zwei Ziffern genau runden)

12. Die Masse bei einem Federpendel wird um 60 g vergrössert. Dadurch verdoppelt sich die Periode. Wie gross war die ursprüngliche Masse?

13. Ein Fadenpendel schwingt mit der Periodendauer $T_1 = 2.15$ s. Wenn man den Faden um 80.0 cm verlängert, erhöht sich die Periodendauer auf $T_2 = 2.80$ s. Berechnen Sie die Fallbeschleunigung für den Ort, an dem das Pendel schwingt!

14. Kreuzen Sie an, was richtig ist:
 - a) ☐ Bei einer Schwingung mit Rückkopplung gibt der Erreger den Takt für die Energiezufuhr an.
 - b) ☐ Bei einer Schwingung mit Rückkopplung gibt der Oszillator den Takt für die Energiezufuhr an.
 - c) ☐ Bei einer fremderregten Schwingung gibt der Erreger den Takt für die Energiezufuhr an.
 - d) ☐ Bei einer fremderregten Schwingung gibt der Oszillator den Takt für die Energiezufuhr an.
 - e) ☐ Bei einer fremderregten Schwingung wird die Amplitude bei Resonanz sehr gross.
 - f) ☐ Die Resonanzfrequenz ist die maximale Frequenz eines Oszillators.
 - g) ☐ Die Resonanzfrequenz ist die Frequenz, bei der die Amplitude maximal wird.
 - h) ☐ Bei einer fremderregten Schwingung schwingt der Oszillator mit der Frequenz des Erregers.
 - i) ☐ Bei einer fremderregten Schwingung schwingt der Oszillator mit der Eigenfrequenz des Oszillators.

15. Hier sehen Sie die Resonanzkurven eines Fadenpendels für drei verschieden starke Dämpfungen.



- In welchem Fall ist die Dämpfung am grössten, in welchem am zweitgrössten, etc?
- Mit welcher Frequenz schwingt das Pendel, wenn es mit 0.8 Hz angeregt wird?
- Wie gross ist die Amplitude des Pendels, wenn es mit 0.8 Hz angeregt wird?
- Wie gross ist die Eigenfrequenz des Pendels?
- Wie lang ist der Faden?

16. Um die Entfernung des Blitzes zu bestimmen, misst man die Zeit zwischen Blitz und Donner in Sekunden und dividiert sie durch 3; so erhält man die Entfernung in Kilometern. Begründen Sie diese Regel.
17. Mit ihrem Echoverfahren sind Fledermäuse in der Lage selbst Mücken im Flug wahrzunehmen. Dazu benützen sie hohe Ultraschallfrequenzen bis 120 kHz. Berechnen Sie die Wellenlänge.
18. Bei einem Erdbeben kommen zuerst die schnellen P-Wellen ($c = 6.0 \frac{\text{km}}{\text{s}}$) und später die langsameren S-Wellen ($c = 3.5 \frac{\text{km}}{\text{s}}$) an. Aus dieser Zeitdifferenz lässt sich die Entfernung des Erdbebenherdes (Epizentrum) ausrechnen. Wie weit liegt der Erdbebenherd entfernt, wenn zwischen dem ersten und dem zweiten Beben eine halbe Minute vergeht?
19. Eine harmonische Welle wird durch die folgende Gleichung beschrieben:
- $$y(x, t) = 0.27 \text{ m} \cdot \sin \left[44 \text{ s}^{-1} \left(t - \frac{x}{8.4 \frac{\text{m}}{\text{s}}} \right) \right]$$
- Wie gross sind die Frequenz, Amplitude, Ausbreitungsgeschwindigkeit und die Wellenlänge?
 - Zu welcher Zeit beträgt die Auslenkung am Ort $x = 2.4 \text{ m}$ 15.0 cm?
 - Geben Sie eine Stelle x an, wo die Auslenkung zur Zeit $t = 0.10 \text{ s}$ ein Drittel so gross wie die Amplitude ist.

Lösungen:

1. a) λ : 4; c: 6; Resultat: 4

$$b) c = 1230.00 \frac{\text{km}}{\text{h}} = \frac{1230.00}{3.6} \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad f = \frac{c}{\lambda} = \frac{\frac{1230.00}{3.6} \frac{\text{m}}{\text{s}}}{0.09760 \cdot 10^{-2} \text{ m}} = 350'068 \text{ Hz} = \underline{\underline{350.1 \text{ kHz}}}$$

$$c) f = \underline{\underline{3.501 \cdot 10^5 \text{ Hz}}}$$

2. b) und d)

$$3. a) 360^\circ = \underline{\underline{2\pi}} = \underline{\underline{6.28}} \quad 90^\circ = \frac{\pi}{2} = \underline{\underline{1.57}} \quad 30^\circ = \frac{\pi}{6} = \underline{\underline{0.52}} \quad 5.93^\circ = \underline{\underline{0.103}}$$

$$b) 2\pi = \underline{\underline{360^\circ}} \quad \frac{\pi}{4} = \underline{\underline{45^\circ}} \quad \frac{3\pi}{5} = \underline{\underline{108^\circ}} \quad 5.93 = \underline{\underline{340^\circ}}$$

4. a) Eine Minute = 60 s

$$b) s = 2 \cdot \pi \cdot r = 2 \cdot \pi \cdot 1.5 \text{ cm} = \underline{\underline{9.4 \text{ cm}}}$$

$$c) v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{2\pi r}{T} = \frac{94 \text{ mm}}{60 \text{ s}} = 1.6 \frac{\text{mm}}{\text{s}}$$

$$d) \text{ Eine Vierteldrehung: } \frac{\pi}{2} = \underline{\underline{90^\circ}}$$

$$e) \omega = \frac{\Delta \varphi}{\Delta t} = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{60 \text{ s}} = \underline{\underline{0.105 \text{ s}^{-1}}}$$

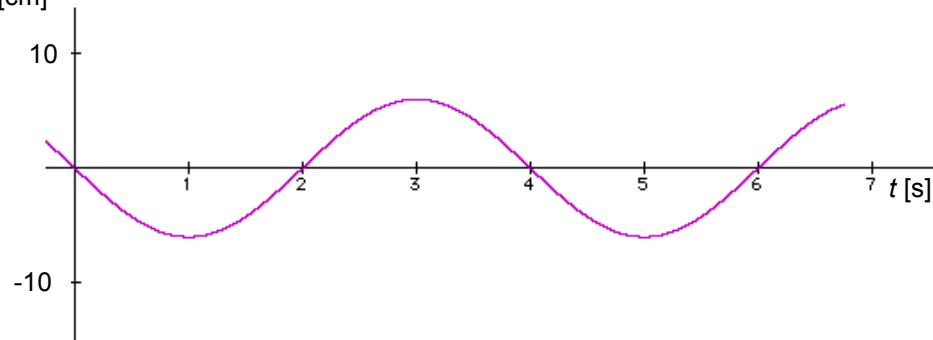
5. a) $y(t) = \hat{y} \cdot \sin(\omega \cdot t) = 12 \text{ cm} \cdot \sin(2\pi \cdot 15 \text{ Hz} \cdot 0.0300 \text{ s}) = \underline{\underline{3.7 \text{ cm}}}$

$$b) v(t) = \omega \cdot \hat{y} \cdot \cos(\omega \cdot t) = 2\pi \cdot 15 \text{ Hz} \cdot 0.12 \text{ m} \cdot \cos(2\pi \cdot 15 \text{ Hz} \cdot 0.0600 \text{ s}) = \underline{\underline{9.2 \frac{\text{m}}{\text{s}}}}$$

$$c) a(t) = -\omega^2 \cdot \hat{y} \cdot \sin(\omega \cdot t) = -(2\pi \cdot 15 \text{ Hz})^2 \cdot 0.12 \text{ m} \cdot \sin(2\pi \cdot 15 \text{ Hz} \cdot 0.0400 \text{ s}) = \underline{\underline{627 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}}$$

6. a) $\hat{y} = 6.0 \text{ cm}$, $\omega = \frac{\pi}{2} \text{ s}^{-1}$, $f = 0.25 \text{ Hz}$, $T = 4 \text{ s}$, $\varphi_0 = \pi$, $\ell = \frac{g}{\omega^2} = 4.0 \text{ m}$

$$b) y [\text{cm}]$$



$$7. f = \frac{\arcsin\left(\frac{y(t)}{\hat{y}}\right)}{2 \cdot \pi \cdot t} = \frac{\arcsin\left(\frac{9.00 \text{ cm}}{10.0 \text{ cm}}\right)}{2 \cdot \pi \cdot 0.00100 \text{ s}} = \underline{\underline{178 \text{ Hz}}}$$

$$8. f_1 = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{D}{m}} \quad f_2 = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{D}{\frac{1}{2} \cdot m}} = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot D}{m}} = \sqrt{2} \cdot \left(\frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{D}{m}}\right) = \sqrt{2} \cdot f_1 = 141 \% \cdot f_1$$

⇒ die Frequenz wird um 41 % grösser.

9. $T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{\ell}{g}}$ Wenn ℓ grösser wird, wird T auch grösser und die Uhr geht langsamer.

Sie geht nach. Bei einer Verkürzung geht sie schneller. Sie geht vor.

$$10. \frac{T_{\text{Nordpol}}}{T_{\text{Mitteleuropa}}} = \frac{2\pi \cdot \sqrt{\frac{\ell}{g_{\text{Nordpol}}}}}{2\pi \cdot \sqrt{\frac{\ell}{g_{\text{Mitteleuropa}}}}} = \sqrt{\frac{g_{\text{Mitteleuropa}}}{g_{\text{Nordpol}}}} = \sqrt{\frac{9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{9.83 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}} = 0.999 = 99.9\%$$

Die Periode wird um 0.1 % kleiner

$$11. T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{\ell}{g}} \quad T_1 = 1.0 \text{ s } (\ell = 25 \text{ cm}) \quad T_2 = 1.2 \text{ s } (\ell = 36 \text{ cm})$$

$$6 \cdot 1.0 \text{ s} = 6.0 \text{ s} = 5 \cdot 1.2 \text{ s}$$

Pendel 1 schwingt 6 mal, Pendel 2 schwingt 5 mal. Sie erreichen nach 6.0 s wieder gleichzeitig die Anfangslage.

$$12. T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{m}{D}} \quad 2 \cdot T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{m+60 \text{ g}}{D}} \quad 2\pi \cdot \sqrt{\frac{m+60 \text{ g}}{D}} = 2 \cdot 2\pi \cdot \sqrt{\frac{m}{D}}$$

$$\Rightarrow m + 60 \text{ g} = 4m \quad \Rightarrow m = \underline{20 \text{ g}}$$

$$13. \ell = \frac{T_1^2 \cdot g}{4\pi^2} \quad \ell + 80.0 \text{ cm} = \frac{T_2^2 \cdot g}{4\pi^2} \quad \frac{T_1^2 \cdot g}{4\pi^2} + 80.0 \text{ cm} = \frac{T_2^2 \cdot g}{4\pi^2}$$

$$\Rightarrow g = \frac{0.800 \text{ m} \cdot 4\pi^2}{T_2^2 - T_1^2} = \underline{9.82 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}$$

14. Richtig sind: b), c), e), g), h)

15. a) $c > b > a$ b) 0.8 Hz c) 2.5 cm d) 0.4 Hz

$$e) \ell = \frac{g}{(2\pi \cdot f)^2} = \frac{9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{(2\pi \cdot 0.4 \text{ Hz})^2} = \underline{1.6 \text{ m}}$$

16. Der Blitz breitet sich mit Lichtgeschwindigkeit aus, der Donner mit Schallgeschwindigkeit:
 $c_{\text{Luft}} = 344 \frac{\text{m}}{\text{s}}$; in drei Sekunden kommt der Schall $s = c \cdot t = 344 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 3.00 \text{ s} = 1032 \text{ m} \approx 1 \text{ km}$ weit. (Die Lichtgeschwindigkeit ist so gross, dass man hier annimmt, dass man den Blitz gleichzeitig mit der Entladung sieht.)

$$17. \lambda = \frac{c}{f} = \frac{344 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{120'000 \text{ Hz}} = 0.00286 \text{ m} = 2.86 \text{ mm}$$

$$18. \Delta t = t_{\text{S-Wellen}} - t_{\text{P-Wellen}} = \frac{s}{c_{\text{S-Wellen}}} - \frac{s}{c_{\text{P-Wellen}}} = s \cdot \left(\frac{1}{c_{\text{S-Wellen}}} - \frac{1}{c_{\text{P-Wellen}}} \right)$$

$$s = \frac{\Delta t}{\frac{1}{c_{\text{S-Wellen}}} - \frac{1}{c_{\text{P-Wellen}}}} = \frac{\Delta t \cdot c_{\text{S-Wellen}} \cdot c_{\text{P-Wellen}}}{c_{\text{P-Wellen}} - c_{\text{S-Wellen}}} = \frac{30 \text{ s} \cdot 3'500 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 6'000 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{6'000 \frac{\text{m}}{\text{s}} - 3'500 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = \underline{252 \text{ km}}$$

$$19. a) f = 7.0 \text{ Hz}, \hat{y} = 27 \text{ cm}, c = 8.4 \frac{\text{m}}{\text{s}}, \lambda = \frac{c}{f} = \frac{8.4 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{7.0 \text{ Hz}} = 1.20 \text{ m}$$

$$b) t = \frac{\arcsin\left(\frac{y(x,t)}{\hat{y}}\right)}{\omega} + \frac{x}{c} = \frac{\arcsin\left(\frac{15.0 \text{ cm}}{27 \text{ cm}}\right)}{44 \text{ s}^{-1}} + \frac{2.4 \text{ m}}{8.4 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = \underline{0.31 \text{ s}}$$

$$c) x = \left[t - \frac{\arcsin\left(\frac{y(x,t)}{\hat{y}}\right)}{\omega} \right] \cdot c = \left[0.10 \text{ s} - \frac{\arcsin\left(\frac{9.0 \text{ cm}}{27 \text{ cm}}\right)}{44 \text{ s}^{-1}} \right] \cdot 8.4 \frac{\text{m}}{\text{s}} = \underline{0.78 \text{ m}}$$