Hochwald-Gymnasium Wadern

Notizen und Hausaufgaben

Physik

Alexander Jacob

Schuljahr 2024/2025

1 Schwingungen und Wellen **1**

1.1 Teilaufgabe Physikabitur G-Kurs ’22 HT 1

1.2 Wellenmaschine 3

1.3 Mechanische Wellen 4

1.4 Ungedämpfter Schwingkreis 6

2 Quanten und Atome **8**

1 SCHWINGUNGEN UND WELLEN

1.1 TEILAUFGABE PHYSIKABITUR G-KURS '22 HT

Kontext: Ein Wagen der Masse m ist an einer dehn- und stauchbaren Feder mit der Federkonstanten $D = 50\,\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}}$ befestigt. Für die Rückstellkraft gilt ein lineares Kraftgesetz. In Abbildung 1.1 befindet sich der Wagen in der Gleichgewichtslage, so dass keine Rückstellkraft wirkt. Der Wagen wird nun wie in Abbildung 1.2 dargestellt um 10 cm aus der Gleichgewichtslage ausgelenkt und zum Zeitpunkt 0 s losgelassen.

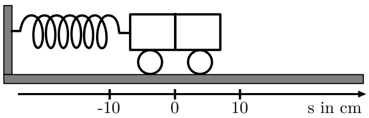

Abbildung 1.1: Wagen in Gleichgewichtslage.

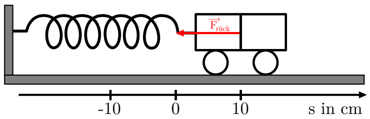

Abbildung 1.2: Wagen in Auslenkung von 10 cm.

1.1.1 RÜCKSTELLKRAFT BERECHNEN

Aufgabe: Berechnen Sie den Betrag der Rückstellkraft, die in der Abbildung 1.2 dargestellten Situation wirkt, und zeichnen Sie einen Kraftpfeil ein, sodass deren Richtung erkennbar ist.

$$F_{\text{rück}} = 50\,\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}} \cdot 0{,}1\,\mathrm{m} = 5\,\mathrm{N} \tag{1.1}$$

1.1.2 WERTE BESTIMMEN

Aufgabe: Das Diagramm in Abbildung 1.3 zeigt für die Bewegung des Wagens den zeitlichen Verlauf der Elongation.

Bestimmen Sie die folgenden Größen:

- die Masse m,
- den maximalen Betrag $v_{\max}$ der Geschwindigkeit,
- den maximalen Betrag $a_{\max}$ der Beschleunigung des Wagens.

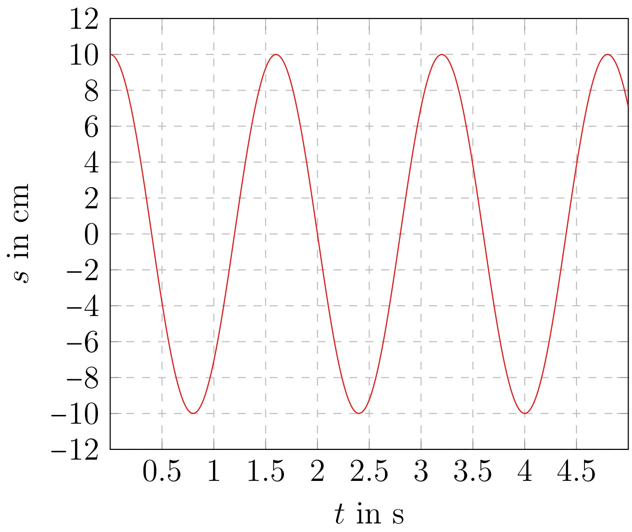

Abbildung 1.3: Zeitlicher Verlauf der Elongation.

Masse m: Aus $\omega = \frac{2\pi}{T}$ und $\omega^2 = \frac{D}{m}$ ergibt sich für die Masse m:

$$m = \frac{D \cdot T^2}{4\pi^2} \tag{1.2}$$

Mit den abgelesenen Werten aus dem Diagramm 1.3 ergibt sich somit für den Betrag der Masse m:

$$m = \frac{50\,\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}} \cdot (1{,}6\,\mathrm{s})^2}{4\pi^2} = 3{,}24\,\mathrm{kg}. \tag{1.3}$$

Geschwindigkeit $v_{\mathbf{max}}$: Da die Steigung des Graphen aus 1.3 z.B. zum Zeitpunkt $t = 1{,}2\,\mathrm{s}$ am größten ist, muss dort auch dessen zeitliche Ableitung $v(t)$ ein Maximum besitzen. Durch Einsetzen der Werte in das allgemeine Geschwindigkeits-Zeit-Gesetz der Federschwingung ergibt sich für den maximalen Betrag v_{max} der Geschwindigkeit:

$$v_{\mathrm{max}} = v(1{,}2\,\mathrm{s}) = -\frac{2\pi}{1{,}6\,\mathrm{s}} \cdot 0{,}1\,\mathrm{m} \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{1{,}6\,\mathrm{s}} \cdot 1{,}2\,\mathrm{s}\right) = 0{,}393\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}. \tag{1.4}$$

Beschleunigung $a_{\mathbf{max}}$: Die Steigung von $v(t)$ ist zum Zeitpunkt $t = 0{,}8\,\mathrm{s}$ am größten. Daher ergibt sich für den maximalen Betrag a_{max} der Beschleunigung des Wagens:

$$a_{\mathrm{max}} = a(0{,}8\,\mathrm{s}) = -\left(\frac{2\pi}{1{,}6\,\mathrm{s}}\right)^2 \cdot 0{,}1\,\mathrm{m} \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{1{,}6\,\mathrm{s}} \cdot 0{,}8\,\mathrm{s}\right) = 1{,}54\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}. \tag{1.5}$$

1.1.3 ZUSÄTZLICHES GEWICHT

Aufgabe: In dem Moment, in dem der Wagen die maximale Elongation erreicht, wird ein Gewichtsstück aufgebracht, so dass sich die Masse des Wagens Vervierfacht. Geben Sie jeweils begründet an, ob und gegebenenfalls um welchen Faktor sich dadurch die Schwingungsdauer und der Betrag der maximalen Beschleunigung ändert.

Schwingungsdauer: Die Schwingungsdauer verdoppelt sich, da für T gilt:

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{m}{D}}. \tag{1.6}$$

Wird also m vervierfacht, so ändert sich T um den Faktor $\sqrt{4} = 2$ und wird verdoppelt.

Maximale Beschleunigung: Die maximale Beschleunigung verringert sich, da $a_{\max}$ gemäß des Beschleunigungs-Zeit-Gesetzes

$$a(t) = -\omega^2 s_{\max} \cdot \cos(\omega t) \tag{1.7}$$

von $\omega^2 s_{\max}$ abhängt. Aus der Aufgabenstellung ergibt sich, dass $s_{\max}$ unverändert bleibt. Da ω^2 gemäß $\omega^2 = \frac{D}{m}$ umgekehrt proportional zu m ist, verändert sich $a_{\max}$ um den Faktor $\frac{1}{4}$.

1.2 WELLENMASCHINE

Auf einer Wellenmaschine befinden sich 19 gekoppelte Pendel, die im Abstand von 5,00 cm auf der x-Achse angebracht sind. Das Pendel mit der Nummer 1 wird zum Zeitpunkt $t = 0\,\text{s}$ zu einer harmonischen Schwingung mit der Gleichung $s(t) = s_0 \cdot \sin(\omega \cdot t)$ angeregt. Diese „Störung" breitet sich längs der positiven x-Achse ungedämpft aus.

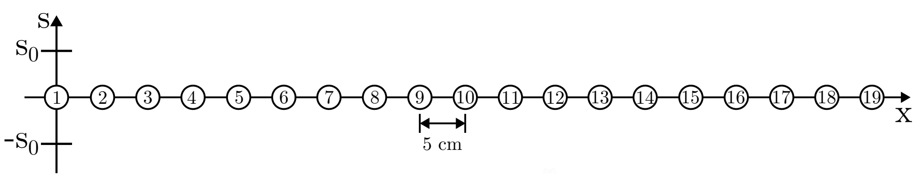

Abbildung 1.4: Momentanbild zum Zeitpunkt $t = 0\,\text{s}$

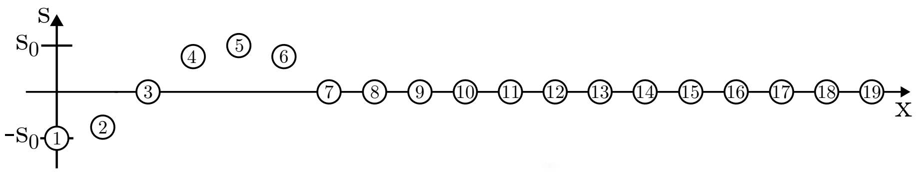

Abbildung 1.5: Momentanbild zum Zeitpunkt $t = 1{,}5\,\mathrm{s}$

1.2.1 BESTIMMEN VON λ UND v

Bestimmen Sie Wellenlänge und Ausbreitungsgeschwindigkeit der Welle.

$$\lambda = 8 \cdot 0{,}05\,\mathrm{m} = 0{,}4\,\mathrm{m} \tag{1.8}$$

$$v = \frac{6 \cdot 0{,}05\,\mathrm{m}}{1{,}5\,\mathrm{s}} = 0{,}2\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} \tag{1.9}$$

1.2.2 PENDELNUMMER BESTIMMEN

Geben Sie die Nummer des Pendels an, das zum Zeitpunkt $t = 2{,}00\,\mathrm{s}$ von der Störung gerade erreicht wird.

9

1.2.3 MAXIMALE ELONGATION

Zum Zeitpunkt $t = 4{,}50\,\mathrm{s}$ befinden sich die Oszillatoren in einem bestimmten Schwingungszustand. Skizzieren Sie das zugehörige Momentanbild und geben Sie für diesen Zeitpunkt die Nummern der Pendel mit maximaler Elongation an.

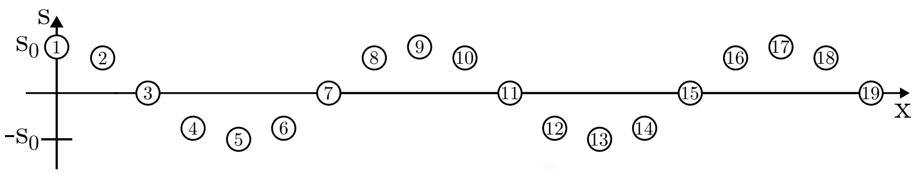

Abbildung 1.6: Momentanbild zum Zeitpunkt $t = 4{,}5\,\mathrm{s}$

$1, 5, 9, 13, 17$

1.3 MECHANISCHE WELLEN

Angabe: Schallgeschwindigkeit in Luft: $340\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$.

1.3.1 WELLENZUG

Wie lang ist der Wellenzug („Störung“), der mit einem 300 ms langen Geräusch in Luft erzeugt wird?

$$s = v \cdot t = 340\,\frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 0{,}300\,\text{s} = 102\,\text{m} \tag{1.10}$$

1.3.2 WELLENMASCHINE

Der erste Oszillator (bei $x = 0$) einer Wellenmaschine werde 40 mal pro Minute auf und ab bewegt.

Diese Störung breitet sich mit 30 $\frac{\text{cm}}{\text{s}}$ über den Wellenträger aus. In welchem kleinstmöglichen Abstand vom ersten Oszillator schwingt ein anderer Oszillator synchron zum ersten?

$v = 30\,\frac{\text{cm}}{\text{s}}$

$f = 0{,}666\,\frac{1}{\text{s}}$

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{30\,\frac{\text{cm}}{\text{s}}}{0{,}666\,\frac{1}{\text{s}}} = 0{,}45\,\text{m} \tag{1.11}$$

1.3.3 INTERFERENZ

An der Stelle $x_A = -20$ bzw. $x_B = +19$ einer in Metern skalierten x-Achse stehen zwei Lautsprecher, die jeweils gleichphasig eine Schallwelle der Frequenz 440 Hz in die Luft abstrahlen.

a) Berechne den Gangunterschied beider Wellen im Nullpunkt und zeige, dass keine vollständige Auslöschung im Nullpunkt stattfindet.

$$\Delta s = |s_2 - s_1| = |19\,\text{m} - (-20\,\text{m})| = 39\,\text{m} \tag{1.12}$$

b) Bei welcher(n) Frequenz(en) kommt es zu maximaler Verstärkung der Wellen im Nullpunkt?

$$\Delta s = 39\,\text{m} = k \cdot \lambda \quad (\text{mit } k \in \mathbb{N}) \tag{1.13}$$

Maximale gegenseitige Verstärkung bei Wellenlängen von $\lambda = \frac{39\,\text{m}}{k}$, wobei k eine beliebige ganze Zahl ist.

1.4 UNGEDÄMPFTER SCHWINGKREIS

1.4.1 HERSTELLUNG SCHWINGKREIS

Es soll ein Schwingkreis mit einer Eigenfrequenz von 7,5 kHz hergestellt werden.

a) Welche Kapazität muss ein Kondensator haben, wenn man eine Spule mit der Induktivität $L = 0{,}25\,\mathrm{H}$ verwendet?

Formel für C aus Formel für Schwingungsdauer herleiten:

$$\begin{aligned} T &= 2\pi \cdot \sqrt{LC} \\ \Leftrightarrow LC &= \left(\frac{T}{2\pi}\right)^2 \\ \Leftrightarrow C &= \frac{\left(\frac{T}{2\pi}\right)^2}{L} \\ \Leftrightarrow C &= \frac{T^2}{4\pi^2 \cdot L} \end{aligned} \tag{1.14}$$

T berechnen:

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{7500\,\mathrm{Hz}} = 1{,}33 \times 10^{-4}\,\mathrm{s} \tag{1.15}$$

Werte in Formel aus 1.14 eingesetzt:

$$C = \frac{(1{,}33 \times 10^{-4}\,\mathrm{s})^2}{4\pi^2 \cdot 0{,}25\,\mathrm{H}} = 1{,}79 \times 10^{-9}\,\mathrm{F} = 1{,}79\,\mathrm{nF} \tag{1.16}$$

b) Welche Induktivität muss eine Spule haben, wenn man einen Kondensator mit der Kapazität $C = 10\,\mathrm{\mu F}$ verwendet?

Gleicher Ansatz wie in Herleitung 1.14 liefert:

$$L = \frac{T^2}{4\pi^2 \cdot C} \tag{1.17}$$

Mit eingesetzten Werten:

$$L = \frac{T^2}{4\pi^2 \cdot C} = \frac{(1{,}33 \times 10^{-4}\,\mathrm{s})^2}{4\pi^2 \cdot 10^{-5}\,\mathrm{F}} = 0{,}337\,\mathrm{H} \tag{1.18}$$

1.4.2 FREQUENZEN SYNCHRONISIEREN

An einer Feder, welche durch eine Kraft von 4 N um 2,4 cm gedehnt wird, hängt ein Körper mit der Masse 0,5 kg. In einem elektrischen

Schwingkreis mit einer Induktivität von 75 H soll eine Schwingung erzeugt werden, die in ihrer Frequenz mit der Federschwingung übereinstimmt. Welche Kapazität ist erforderlich?

Federhärte D berechnen:

$$D = \frac{F}{s} = \frac{4\,\mathrm{N}}{0{,}024\,\mathrm{m}} = 166\,\tfrac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}} \tag{1.19}$$

Gleichsetzen der beiden Schwingungsdauern:

$$\begin{aligned}
T_{\text{Schwingk.}} &= T_{\text{Feder}} \\
\Leftrightarrow 2\pi \cdot \sqrt{LC} &= 2\pi \cdot \sqrt{\frac{m}{D}} \\
\Leftrightarrow \sqrt{LC} &= \sqrt{\frac{m}{D}} \\
\Leftrightarrow LC &= \frac{m}{D} \\
\Leftrightarrow C &= \frac{m}{DL} \\
\Leftrightarrow C &= \frac{0{,}5\,\mathrm{kg}}{166\,\tfrac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}} \cdot 75\,\mathrm{H}} = 4{,}02 \times 10^{-5}\,\mathrm{F} = 40{,}2\,\mu\mathrm{F}
\end{aligned} \tag{1.20}$$

2 | QUANTEN UND ATOME