a)
- Das Band bewegt sich mit einer Geschwindigkeit von $1,0\,\frac{\text{cm}}{s}$, weshalb 1 cm im Diagramm einer Sekunde entspricht. Da der Wagen in 6 s vier Perioden durchläuft, gilt für die Frequenz:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{\frac{1}{4}\cdot 6\,\text{s}} = \frac{2}{3}\,\text{Hz} \approx 0,667\,\text{Hz}\,.$$

- Für die Kreisfrequenz gilt:

$$\omega = 2\cdot\pi\cdot f = 2\pi\cdot\frac{2}{3}\frac{1}{\text{s}} = \frac{4\pi}{2\,\text{s}}\,.$$

Aus dem Diagramm entnimmt man, dass die Amplitude der Schwingung 2,5 cm beträgt und zum Zeitpunkt $t = 0\,\text{s}$ die Bewegung vom Ursprung nach oben hin startet (Die Phase ist somit $\varphi = 0$ ist.), so dass schließlich für die Auslenkungs-Zeit-Funktion des Schwingers gilt:

$$s(t) = \hat{s}\cdot\sin(\omega\cdot t) = 2,5\cdot\sin\left(\frac{4\pi}{2\,\text{s}}\right)\,\text{cm}\,.$$

- Da der Wagen zwischen zwei Federn eingespannt ist, gilt für die Ersatzfederkonstante der Schwingung:

$$D_{\text{ges}} = D_1 + D_2 = 2,5\,\text{Nm}^{-1} + 2,5\,\text{Nm}^{-1} = 5,0\,\text{Nm}^{-1}\,.$$

Die Masse des Wagens erhält man dann aus der Formel für die Periodendauer beim Federpendel:

$$\begin{aligned}
T &= 2\cdot\pi\cdot\sqrt{\frac{m}{D}} \\
T^2 &= 4\cdot\pi^2\cdot\frac{m}{D} \\
m &= \frac{T^2\cdot D}{4\cdot\pi^2} = \frac{D}{4\cdot pi^2\cdot f^2} \\
&= \frac{5,0}{4\cdot\pi^2\cdot\left(\frac{2}{3}\right)^2}\,\text{kg} \approx 0,285\,\text{kg}\,.
\end{aligned}$$

- Die kinetische Energie ist maximal, wenn der Wagen sich durch die Gleichgewichtslage bewegt, denn dort ist die Geschwindigkeit maximal $\hat{v} = \omega\cdot\hat{s}$ und es gilt für die kinetische Energie:

$$W_{\text{kin, max}} = \frac{1}{2}\cdot m\cdot\hat{v}^2 = \frac{1}{2}\cdot m\cdot\omega^2\cdot\hat{s}^2 = \frac{1}{2}\cdot 0,285\cdot\left(\frac{4\pi}{2}\cdot 2,5\right)^2\,\text{J} \approx 1,56\,\text{mJ}\,.$$

b)
- Die Welle wird am rechten Ende reflektiert und überlagert sich mit der einlaufenden Welle. Da am rechten Ende die Amplitude null ist und im bereich zwischen 6 m und 8 m die Auslenkung doppelt so hoch erscheint, muss das rechte Ende ein festes Ende sein (beim festen Ende hat man zwischen einlaufender und reflektierter Wellen einen Phasensprung von $\varphi = \pi$. Dies entspricht man beim Zeichnen der Welle einer Punktspiegelung am festen Ende). Die Welle hat insgesamt 10 m zurückgelegt.

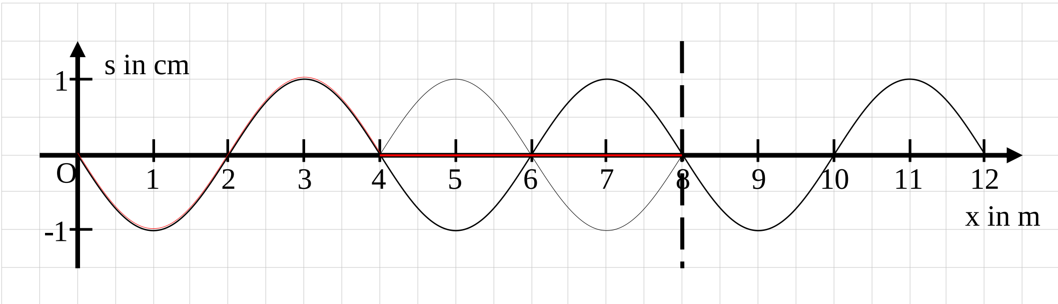
- Die Welle besitzt eine Wellenlänge von $\lambda = 4\,\mathrm{m}$, zusammen mit $c = \frac{\lambda}{T} = \lambda \cdot f$ folgt für die Ausbreitungsgeschwindigkeit:

$$c = \lambda \cdot f = 4 \cdot 1,0\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} = 4\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$$

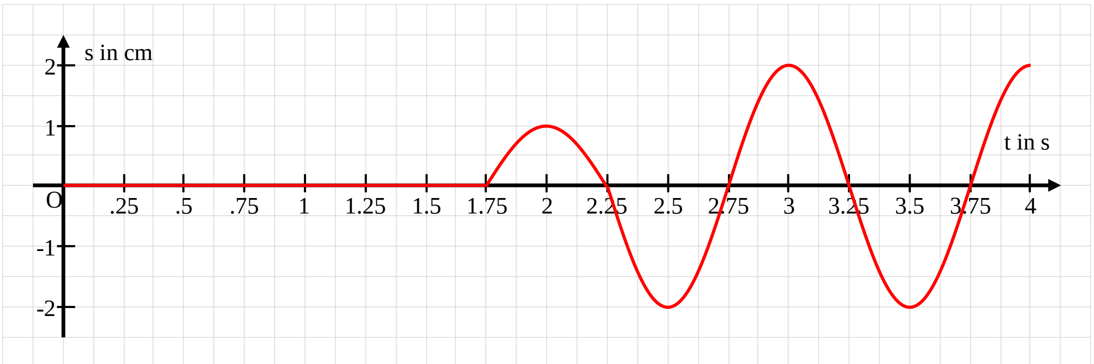
- Nach $t_2 = 3,0\,\mathrm{s}$ hat die Welle eine Strecke von:

$$x = c \cdot t_2 = 4 \cdot 3,0\,\mathrm{m} = 12\,\mathrm{m}$$

zurückgelegt. Aus Abbildung 3 entnimmt man, dass sich der Erreger zum Zeitpunkt $t = 0\,\mathrm{s}$ aus der Gleichgewichtslage nach oben bewegt. Nun Zeichnet man die Welle entsprechend rückwärts, die Nullstellen liegen bei 12 cm; 10 cm; 8 cm; 6 cm; 4 cm; 2 cm und 0 cm. Am losen Ende wird die Welle ohne Phasensprung reflektiert (Beim Zeichnen entspricht dies einer Achsenspiegelung an der Gerade senkrecht zum Wellenträger durch das feste Ende. Man erhält somit das folgende Schwingungsbild:



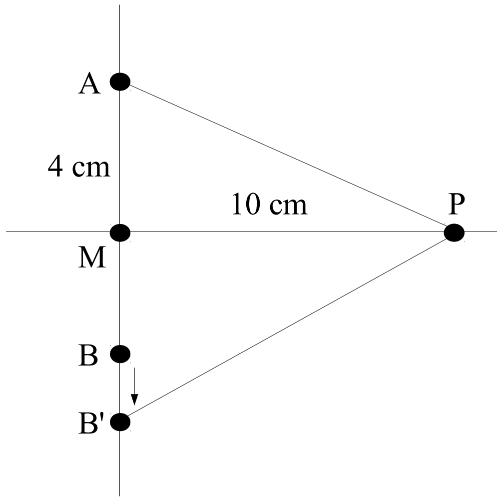
- Der Punkt A befindet sich so lange in Ruhe, bis die Welle die Strecke von 7 m zurückgelegt hat, danach schwingt dieser mit der gleichen Frequenz und Amplitude wie der Erreger, bis die reflektierte Welle diesen erreicht. Danach schwingt dieser mit der gleichen Frequenz, die Amplitude ergibt sich aus der Tatsache, dass sich durch das feste Ende eine stehende Welle ausbildet. Da sich der Punkt A 1 cm vor dem festen Ende befindet und am Ende ein knoten vorliegt, befindet sich der Punkt A an einem Schwingungsbauch, d.h. er führt dann eine Schwingung mit der Amplitude 2 cm aus. Hiermit erhält man das Auslenkungs-Zeit-Diagramm:



c)

- Auf der Verbindungsstrecke Überlagern sich zwei entgegenlaufende Wellen, hierbei entsteht eine stehende Welle. Da die beiden beiden Erreger in Phase sind, befindet sich in der Mitte ein Bewegungsbauch. Die anderen Bäuche findet man jeweils in einem Abstand von vielfachen der halben Wellenlänge von der Mitte aus. Diese befinden sich jeweils 2 cm, bzw. 4 cm oberhalb, bzw. unterhalb der Mitte. Dazwischen in der Mitte findet man Bewegungsknoten. Die Maximale Amplitude ist die Summe der einzelnen Amplituden, sie beträgt somit 1 cm.

- Da sich der Punkt P auf der Mittelsenkrechten befindet, ist der Gangunterschied der beiden ankommenen Wellen null und somit liegt im Punkt P ein Bewegungsbauch einer stehenden Welle mit Amplitude 1 cm vor.
- Damit die Wasseroberfläche im Punkt P in Ruhe bleibt, muss der Gangunterschied der beiden Wellen im Punkt P gerade eine halbe Wellenlänge sein.



Es muss also gelten:

$$\delta = \overline{B'P} - \overline{AP} = \overline{B'P} - \sqrt{4^2 + 10^2}\,\text{cm} = 2\,\text{cm}\,.$$

Es folgt daraus, dass die Strecke $\overline{B'P} = 12,77\,\text{cm}$ lang ist. Somit gilt für die länge der Strecke $\overline{MB'}$:

$$\overline{MB'} = \sqrt{\overline{B'P}^2 - 100\,\text{cm}^2} \approx 7,94\,\text{cm}\,.$$

Der Erreger B muss also um $3,94\,\text{cm}$ aus der ursprüglichen Position verschoben werden.

d)
- Man kann sich Teilchen mit einem bestimmten Impuls $p = m \cdot v$ eine Wellenfunktion zuordnen, deren Betragsquadrat die Auftreffwahrscheinlichkeit dieser Teilchen angibt. Für die Wellenlänge gilt nach De-Brogile:

$$\lambda = \frac{h}{p}\,.$$

Diese Wellen können miteinander interferieren, sodass Interferenzmuster entstehen, es gibt also Minima und Maxima dieser Wellen. Minima bedeuten, dass die Auftreffwahrscheinlichkeit der Teilchen null ist. Dieses Muster entsteht auch, wenn sich nur ein Teilchen in der Anordnung befindet.

- Zunächst muss die Wellenlänge bestimmt werden, hierzu benötigt man die Geschwindigkeit der Elektronen, diese erhält man aus der Energieerhaltung:

$$\frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = e \cdot U$$

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot e \cdot U}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 300}{9,11 \cdot 10^{-31}}}\,\frac{\text{m}}{\text{s}} \approx 1,03 \cdot 10^7\,\frac{\text{m}}{\text{s}}\,.$$

Damit folgt für die der Elektronen zugeordneten Wellenlänge:

$$\lambda = \frac{h}{m \cdot v} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34}}{9,11 \cdot 10^{-31} \cdot 1,03 \cdot 10^7}\,\text{m} \approx 7,07 \cdot 10^{-11}\,\text{m}$$

Beim Doppelspalt treten Minima auf, wenn der Gangunterschied der beiden Wellen ein ungeradzahliges Vielfaches der halben Wellenlänge ist. Es gilt:

$$\delta = g \cdot \sin\alpha \,.$$

Weiter gilt für den Winkel unter welchen die Minima auftreten:

$$\tan\alpha = \frac{x}{a}\,,$$

wobei a der Abstand zwischen Doppelspalt und Schirm und x der Abstand der Minima zum zentralen Hauptmaximum ist. Da es sich bei diesen Abmessungen um kleine Winkel handelt, kann die kleinwinkelnäherung $\tan\alpha \approx \sin\alpha$ angewandt werden. Somit folgt für den Abstand der Minima vom zentralen Maximum:

$$\delta = g \cdot \frac{x}{a}$$
$$x = \frac{a \cdot \delta}{g}\,.$$

Die Minima erster Ordnung haben einen Abstand von $40\,\mu$m zueinander, somit haben die Minima erster Ordnung einen Abstand von $20\,\mu$m vom zentralen Hauptmaximum. Deshalb folgt für den Spaltmittenabstand:

$$g = \frac{\frac{\lambda}{2} \cdot a}{x} = \frac{\frac{7{,}07 \cdot 10^{-11}}{2} \cdot 0,25}{20 \cdot 10^{-6}}\,\mathrm{m} \approx 4,42 \cdot 10^{-7}\,\mathrm{m}$$

- Wird die Spannung erhöht, so steigt die Geschwindigkeit der Elektronen an und dadurch nimmt die De-Broglie Wellenlänge ab. D.h. bei gleichbleibendem Spaltmittenabstand rücken die Maxima näher zusammen.