

|                                                                                                                                                                                                                  |                                       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|
| Nome   Name<br><i>Max Burmeister</i>                                                                                                                                                                             | Nº   Nr.                              |
| Professor(a)   Lehrer(in)                                                                                                                                                                                        | Matéria   Fach                        |
| Classe   Klasse                                                                                                                                                                                                  | Nota   Note<br><i>8,11</i> <i>8,6</i> |
| Data   Datum<br><i>26.09.25</i>                                                                                                                                                                                  | Média da turma   Klassendurchschnitt  |
| Assinatura do Responsável   Unterschrift der Eltern:                                                                                                                                                             |                                       |
| <b>Orientações para prova   Anweisungen/Erklärungen:</b><br>-Taschenrechner und Formelsammlung sind erlaubt.<br>-Die Klausur dauert 90 Minuten.<br>-Antworten Sie ausführlich und begründen Sie Ihre Rechnungen. |                                       |

33,5/42

### Schwingungen und Pendeln (19)

- An einer Feder mit der Federhärte 20 N/m hängt eine Kugel der Masse 100g. Die Kugel wird um 10cm nach „unten“ ausgelenkt und dann losgelassen. Reibungseffekte sollen zunächst vernachlässigt werden.
  - Berechnen Sie die Schwingungsdauer der auftretenden harmonischen Schwingung und geben Sie für die Kugel die Ortsfunktion  $x(t)$  an. (5) *4*
  - Bestimmen Sie die maximale Geschwindigkeit und die maximale Beschleunigung der Kugel und geben Sie dann die Geschwindigkeit  $v(t)$  und die Beschleunigung  $a(t)$  der Kugel in Abhängigkeit von der Zeit an. (8) *3*
- \* Eine Kugel unbekannter Masse wird an eine Feder unbekannter Federhärte angehängt. Die Feder dehnt sich dabei um 20cm. Beweisen Sie, dass die Kugel mit einer Schwingungsdauer von 0,90s schwingen kann. (6) *2/2*

### Wellen (23)

- Erklären Sie die folgenden Begriffe für eine harmonische Welle: Wellenlänge, Frequenz, Ausbreitungsgeschwindigkeit und Amplitude. (4) *3,5*
- Eine Schallwelle breitet sich mit einer Geschwindigkeit von  $v=340$  m/s in Luft aus. Die Frequenz der Welle beträgt  $f=90$  Hz. Berechnen Sie die Wellenlänge der Schallwelle. (4) *4*
- Eine Infobroschüre stellt eine Anwendung des Doppler-Effektes in der Medizin vor ( $\rightarrow B1$ ). Die Geschwindigkeit  $v$  des Blutflusses bei der Dopplersonographie ergibt sich aus einer Frequenzverschiebung  $\Delta f = f_e - f_s$  zwischen der ausgesandten und der empfangenen Welle ( $\rightarrow B1$ ). Erklären Sie, wie diese Frequenzverschiebung zustande kommt. Bestätigen Sie die Gleichung für die Frequenz  $f_e$  der empfangenen Welle:  $f_e = f_s \frac{c+v}{c}$ . (5) *3*

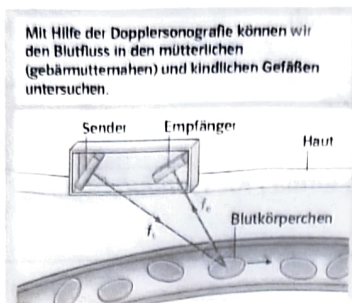
$$f' = f \cdot \frac{c+v}{c}$$

$$f'' = f \cdot \frac{c-v}{c}$$

$$f_e (k+v) = f_s (c-v)$$

$Q_1 \times x \rightarrow 2$  harmonischen

6. a) Eine harmonische Transversalwelle mit  $T=2$  s und  $\lambda=8$  cm wird erzeugt. Zeichne für den Abstand  $x=0$ ,  $x=3$  und  $x=8$  das t-s-Diagramm. (7)
- b) Zeichne das x-s-Diagramm zu den Zeitpunkt  $t=1/2 T$ ,  $t=3/4 T$  und  $t=3/2 T$ . (7)



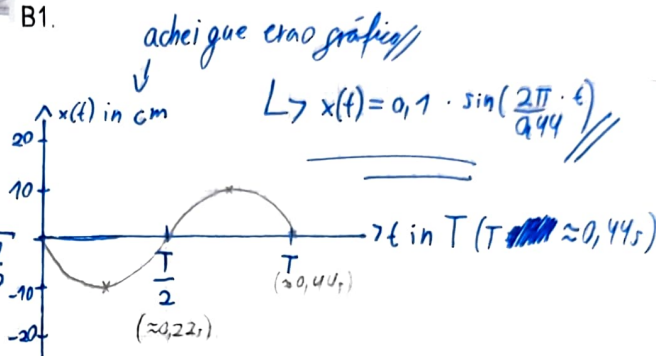
$$\frac{1}{2} \cdot \dot{y}_{\max}^2 = \frac{1}{2} \cdot m \cdot \omega^2 \cdot y_{\max}^2$$

$$-1) y = m \cdot a$$

$$0,9 = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{m}{D}} \quad -1) = \frac{y}{a}$$

B1.

1) a)  $D = 20 \text{ N/m}$   
 $m = 0,1 \text{ kg}$   
 $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{D}} = 2\pi \sqrt{\frac{0,1}{20}}$   
 $T \approx 0,44 \text{ s}$



e)  $v(t) = y_{\max} \cdot \frac{2\pi}{T} \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{T} \cdot t\right) \rightarrow y_{\max} = 0,1 \text{ m} \rightarrow v(t) = 0,1 \cdot \frac{2\pi}{0,44} \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{0,44} \cdot t\right)$   
 $a(t) = -y_{\max} \cdot \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{T} \cdot t\right) \rightarrow T \approx 0,44 \rightarrow a(t) = -0,1 \cdot \left(\frac{2\pi}{0,44}\right)^2 \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{0,44} \cdot t\right)$   
 $\checkmark \text{ max } a \text{ max ?}$

2)  $y_{\max} = 0,2 \text{ m}$

$T = 0,9 \text{ s}$  (prüfen)

$\hookrightarrow$  Wahr, wenn  $\sqrt{\frac{m}{D}} = 0,9$

$\hookrightarrow$  Wahr, wenn  $\sqrt{\frac{m}{D}} = 0,9$

$\hookrightarrow$  Wahr, wenn  $\sqrt{\frac{m}{D}} = 0,9$

$\hookrightarrow$  Wahr, wenn  $\sqrt{\frac{m}{D}} = 0,9$

$\hookrightarrow$  Wahr, wenn  $\sqrt{\frac{m}{D}} = 0,9$

$\hookrightarrow$  Wahr, wenn  $\sqrt{\frac{m}{D}} = 0,9$

$\hookrightarrow$  Wahr, wenn  $\sqrt{\frac{m}{D}} = 0,9$

$\hookrightarrow$  Wahr, wenn  $\sqrt{\frac{m}{D}} = 0,9$

$\hookrightarrow$  Wahr, wenn  $\sqrt{\frac{m}{D}} = 0,9$

$\hookrightarrow$  Wahr, wenn  $\sqrt{\frac{m}{D}} = 0,9$

$\hookrightarrow$  Wahr, wenn  $\sqrt{\frac{m}{D}} = 0,9$

$\hookrightarrow$  Wahr, wenn  $\sqrt{\frac{m}{D}} = 0,9$

$y(t) = y_{\max} \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{T} \cdot t\right) \rightarrow y(t) = 0,2 \sin\left(\frac{2\pi}{0,9} \cdot t\right)$

Energie  $\rightarrow \frac{1}{2} D \cdot y_{\max}^2 = \frac{1}{2} m \cdot \omega^2 \cdot y_{\max}^2 \rightarrow \frac{D}{2} = \frac{m \cdot \omega^2}{2} \rightarrow D = m \cdot \omega^2 = m \cdot \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2$

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

$F = m \cdot a = -D \cdot y$

$F = m \cdot a = -D \cdot y$

$F = m \cdot a = -D \cdot y$

$F = m \cdot a = -D \cdot y$

$F = m \cdot a = -D \cdot y$

$F = m \cdot a = -D \cdot y$

$F = m \cdot a = -D \cdot y$

$F = m \cdot a = -D \cdot y$

$F = m \cdot a = -D \cdot y$

$F = m \cdot a = -D \cdot y$

$A: T = 0,9 \text{ s}$  ist wahr, nur wenn  $\sqrt{\frac{m}{D}} = \frac{0,9}{2\pi}$  ist.  
 (m und D sind immer antiproportional).

2)  $\hookrightarrow \frac{1}{2} D \cdot y_{\max}^2 = \frac{1}{2} m \cdot \omega^2 \cdot y_{\max}^2 \rightarrow D = m \cdot \omega^2 \rightarrow \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 = \frac{D}{m}$

Wenn man  $y(t)$  und  
 den  $y''(t)$  ( $a(t)$ ) weiß,  
 dann braucht man kein  $m$  oder  $D$ .

$\hookrightarrow F = -D \cdot y = m \cdot a$

$\hookrightarrow \frac{-D}{m} = \frac{a}{y}$

- 3)   
 Wellenlänge: Es ist die Länge in Meter von einer kompletten Schwingung der Welle.  $[\lambda] [m]$    
 Frequenz: Es ist die Anzahl von Schwingungen (gleichmäßige Bewegungen) von einer Welle in einer Sekunde.  $[Hz] [1/s]$    
 Ausbreitungsgeschwindigkeit: Es ist wie <sup>schnell</sup> (wie weit) die Welle durch ein Medium transportiert wird bzw. ausbreitet wird.  $[c] [m/s]$    
 Amplitude: Es ist die Auslenkung der Welle vom Ruhestand (normalerweise 0)   
 [wird in m gemessen]

4)   
 $c = \lambda \cdot f$        $c = v = 340 m/s$       ~~Alt~~   
 $\lambda = \frac{c}{f}$        $f = 90 Hz$        $\lambda = \frac{340}{90} = \frac{34}{9} \approx 3,78 m$

- 5) Diese Frequenzverschiebung wird als Folge des sogenannten „Doppler-Effekt“ erzeugt. Dieser erklärt, wie (wie) Frequenzen sich abhängig von relativer Geschwindigkeit ändern (erhöhen bzw. verkleinern).   
 Im Fall der Dopplersonografie wird dieser Effekt wegen der Bewegung von Bluthörperchen bzw. Blutfluss erzeugt. Da das Blut eine höhere Geschwindigkeit als der Sender  $f_s$  hat, wird die Frequenz im Empfänger  $f_E$  tiefer (weniger Hz) sein, wenn es Fluß gibt (fließendes Blut „reflektiert“ die Frequenz, anders in Richtung von  $f_E$ ). //

Die Formel für  $f_E = f_s \cdot \frac{c-v}{c+v}$  lässt sich begründen, indem es als  $f_E = f_s \cdot \frac{c-v}{c+v}$  interpretiert wird, da  $f_E$  eine niedrigere Frequenz und  $f_s$  bzw.  $\frac{f_E}{f_s} = \frac{c-v}{c+v}$  eine höhere repräsentiert (wegen Doppler-Effekt Formeln).

6) a)

$T = 2\text{ s}$

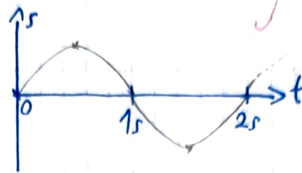
$\lambda = 8\text{ cm}$

$f = 0,5\text{ Hz}$

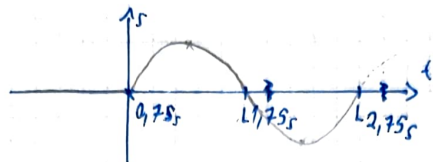
$c = 0,1 \cdot 0,08 = 0,008\text{ m/s}$

Mittel

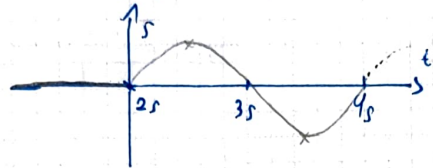
$x = 0\text{ cm}$



$x = 3\text{ cm} \rightarrow \frac{1}{3} \times \frac{4}{3} \rightarrow 3 = 4x \rightarrow x = \frac{3}{4}$



$x = 8\text{ cm} \rightarrow \frac{1}{8} \times \frac{4}{8} \rightarrow 8 = 4x \rightarrow x = 2$

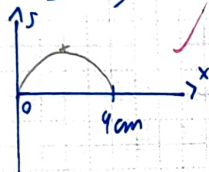


b)

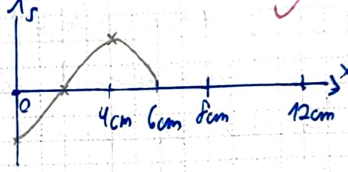
$T = 2\text{ s}$

$\lambda = 8\text{ cm}$

$t = \frac{1}{2}T = 1\text{ s}$



$t = \frac{3}{4}T = 1,5\text{ s}$



$t = \frac{3}{2}T = 3\text{ s}$

