

## I Erläuterungen

Voraussetzungen gemäß KCGO und Abiturerlass in der für den Abiturjahrgang geltenden Fassung

### Standardbezug

Die nachfolgend ausgewiesenen Kompetenzen sind für die Bearbeitung der jeweiligen Aufgabe besonders bedeutsam. Darüber hinaus können weitere, hier nicht ausgewiesene Kompetenzen für die Bearbeitung der Aufgabe nachrangig bedeutsam sein, zumal die Kompetenzen in engem Bezug zueinander stehen. Die Operationalisierung des Standardbezugs erfolgt in Abschnitt II.

Aufgabe	Kompetenzen									
	F1	F2	E1	E2	E3	K1	K2	K3	B1	B2
1.1		X								
1.2		X								
1.3				X				X		
1.4		X	X			X				
1.5				X				X		
2.1				X		X				
2.2			X					X		
3.1	X						X			
3.2		X								

### Inhaltlicher Bezug

Q2: Schwingungen und Wellen

verbindliche Themenfelder: Schwingungen (Q2.1), Wellen (Q2.2)

## II Lösungshinweise und Bewertungsraster

In den nachfolgenden Lösungshinweisen sind alle wesentlichen Gesichtspunkte, die bei der Bearbeitung der einzelnen Aufgaben zu berücksichtigen sind, konkret genannt und diejenigen Lösungswege aufgezeigt, welche die Prüflinge erfahrungsgemäß einschlagen werden. Lösungswege, die von den vorgegebenen abweichen, aber als gleichwertig betrachtet werden können, sind ebenso zu akzeptieren. Bei den Ergebnissen numerischer Rechnungen ist zu berücksichtigen, dass in der Physik Messwerte und sich daraus ergebende Rechenergebnisse immer nur im Rahmen der Messgenauigkeit korrekt sind und gerundete Werte darstellen. Geringe Abweichungen von den in den Lösungshinweisen angegebenen Werten sind daher zu akzeptieren.

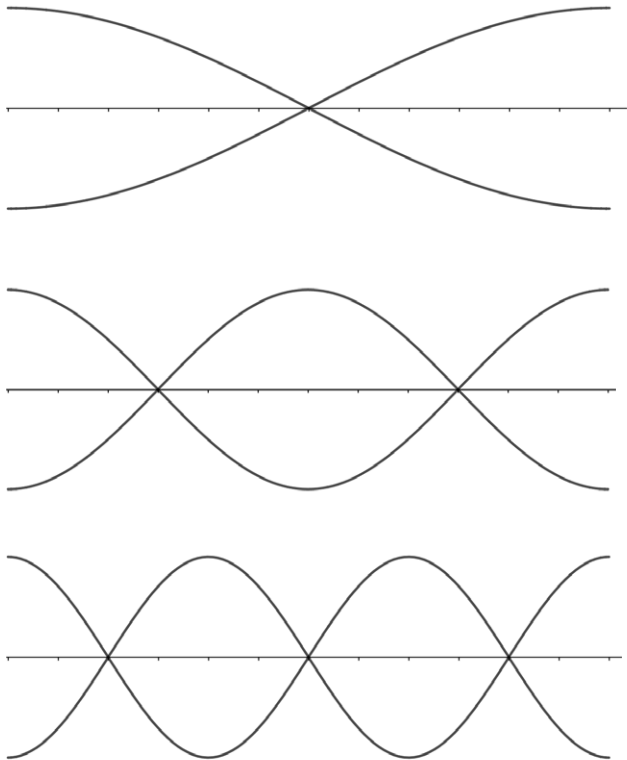
Bei den unten angegebenen Lösungen werden für Naturkonstanten die im Taschenrechner vorhandenen Werte verwendet. Zwischen- und Endergebnisse sind sinnvoll gerundet angegeben.

Für weitere Rechnungen mit diesen Zwischenergebnissen werden nicht die gerundeten, sondern die im Taschenrechner gespeicherten Werte verwendet, damit Rundungsungenauigkeiten nicht kumulieren.

Aufg.	erwartete Leistungen	BE												
1.1	<u>Berechnen:</u> $T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{l}{g}} = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{2\text{ m}}{g}} = 2,8\text{ s}$ $f = \frac{1}{T} = 0,35\text{ Hz}$	2  1												
1.2	<u>Untersuchen:</u> Für die neue Frequenz $f^*$ gilt: $f^* = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{g}{1,5 \cdot l}} = \sqrt{\frac{2}{3}} \cdot \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{g}{l}} = \sqrt{\frac{2}{3}} \cdot f = 0,82 \cdot f$ Die Frequenz verringert sich um 18 %.	3												
1.3	<u>Erläutern:</u> Die Zeitspanne, die sich direkt an die Umkehrung der Bewegungsrichtung von der Rückwärtsschwingung zu der Vorwärtsschwingung anschließt, ist zum Anstoßen des Kindes besonders gut geeignet, da dann die Geschwindigkeit des Kindes vergleichsweise klein ist. Die beschleunigende Kraft, die beim Anstoßen über die Strecke etwa einer Armlänge in Bewegungsrichtung ausgeübt wird, lässt sich dann besonders gut auf den Rücken des Kindes übertragen und dosieren.  <i>Die Lösung beschreibt die Situation der sehr effektiven Energieübertragung im Resonanzfall. Die anregende Kraft hat hierbei eine Phasendifferenz von 90° zur Schwingung. Im Prinzip sind auch andere Zeitspannen bei geeignetem Kraftverlauf für die Energieübertragung geeignet. Andere physikalisch richtige und plausible Erläuterungen sind zu akzeptieren.</i>  <u>Begründen:</u> Eine Bedingung für harmonische Schwingungen ist, dass die Rückstellkraft in Abhängigkeit von der Elongation einem linearen Kraftgesetz folgt. Die regelmäßige Kraftübertragung von außen kann aber beliebige Verläufe haben. Daher ist die Rückstellkraft insgesamt im Allgemeinen nicht mehr proportional zur Elongation und die Schwingung kann nicht mehr als harmonisch betrachtet werden.	3           3												
1.4	<u>Bestätigen:</u> Aus Material 1 lassen sich die Amplituden für Vielfache der Schwingungsdauer $T$ ablesen: <table border="1"><tr><td><math>t</math></td><td>0 s</td><td><math>T</math></td><td><math>2T</math></td><td><math>3T</math></td><td><math>4T</math></td></tr><tr><td><math>y(t)</math></td><td>20,0 cm</td><td>12,7 cm</td><td>8,0 cm</td><td>5,1 cm</td><td>3,3 cm</td></tr></table> Für die Quotienten aufeinanderfolgender Werte gilt: $\frac{12,7\text{ cm}}{20,0\text{ cm}} = 0,64 \qquad \frac{8,0\text{ cm}}{12,7\text{ cm}} = 0,63$ $\frac{5,1\text{ cm}}{8,0\text{ cm}} = 0,64 \qquad \frac{3,3\text{ cm}}{5,1\text{ cm}} = 0,65$ Die Amplitude nimmt in gleichen Zeitabständen $T$ jeweils etwa um denselben Faktor ab, was die exponentielle Abnahme bestätigt.  <i>Abweichungen der abgelesenen Werte von den oben angegebenen Werten im Bereich der Ablesegenauigkeit sind zu akzeptieren. Eine grafische Lösung ist ebenfalls zu akzeptieren.</i>	$t$	0 s	$T$	$2T$	$3T$	$4T$	$y(t)$	20,0 cm	12,7 cm	8,0 cm	5,1 cm	3,3 cm	4
$t$	0 s	$T$	$2T$	$3T$	$4T$									
$y(t)$	20,0 cm	12,7 cm	8,0 cm	5,1 cm	3,3 cm									

Aufg.	erwartete Leistungen	BE
	<p><u>Ermitteln:</u> Für <math>t = 2T</math> nimmt der Kosinus in der angegebenen Formel den Wert 1 an, daher gilt <math>y(2T) = y_{\max} \cdot e^{-k \cdot 2T}</math>.</p> $k = \frac{\ln\left(\frac{y(2T)}{y_{\max}}\right)}{-2T}$ <p>Umstellen nach <math>k</math> ergibt <math>k = \frac{\ln\left(\frac{y(2T)}{y_{\max}}\right)}{-2T}</math>. Aus dem Graphen ergibt sich <math>y(2T) = 8,0 \text{ cm}</math> und <math>y_{\max} = 20,0 \text{ cm}</math>.</p> <p>Weiter ergibt sich aus dem Graphen: <math>7 \cdot T = 20 \text{ s} \Rightarrow T = \frac{20}{7} \text{ s}</math></p> <p>Einsetzen ergibt:</p> $k = \frac{\ln\left(\frac{8,0 \text{ cm}}{20,0 \text{ cm}}\right)}{-2 \cdot \frac{20}{7} \text{ s}} = 0,16 \frac{1}{\text{s}}$ <p><i>Es können auch andere Werte aus Material 1 verwendet werden. Im Rahmen der Ablesegenauigkeit sind auch andere Werte für <math>T</math> zu akzeptieren.</i></p> <p><u>Angeben:</u></p> $y(t) = 20 \text{ cm} \cdot e^{-0,16 \frac{1}{\text{s}} \cdot t} \cdot \cos\left(2\pi \cdot \frac{7}{20} \text{ Hz} \cdot t\right)$	<p>5</p> <p>2</p>
1.5.1	<p><u>Untersuchen:</u> Durch das Stehen der Person verkleinert sich die Länge <math>l</math>. Da diese in der Formel im Nenner steht, wird dadurch die Frequenz erhöht. Durch eine größere Gewichtskraft der schaukelnden Person wird die Reibung der Schaukel erhöht. Da eine größere Reibung mit einer größeren Dämpfungskonstante verbunden ist, ergibt sich aus der Formel eine kleinere Frequenz der Schwingung.</p>	3
1.5.2	<p><u>Entscheiden und begründen:</u> Die Messung ergibt, dass die Schwingung der Schwester eine kleinere Schwingungsdauer und damit eine größere Frequenz als die Schwingung des Bruders besitzt. Das bedeutet, dass der Unterschied der Schwerpunktlagen einen quantitativ stärkeren Einfluss als der Unterschied der Gewichtskräfte auf den Frequenzunterschied hat.</p>	2
2.1	<p><u>Beschreiben:</u> Die Amplitude von Schaukel 1 hat am Anfang ihren maximalen Wert und nimmt dann in einem bestimmten Zeitintervall bis zum Wert null ab. In den beiden darauffolgenden, gleichlangen Zeitintervallen nimmt die Amplitude zu und erreicht wieder ihren maximalen Wert und sinkt danach wieder bis zum Wert null ab. Bei Schaukel 2 verändert sich die Amplitude in denselben Zeitintervallen mit einer Phasenverschiebung von <math>90^\circ</math>. Beide Schwingungen haben die gleiche Schwingungsdauer und die gleiche maximale Amplitude. Die Schwingung von Schaukel 2 hat den gleichen Verlauf wie die Schwingung von Schaukel 1, ist aber phasenverschoben.</p>	4

Aufg.	erwartete Leistungen	BE
	<u>Erläutern:</u> Die Amplitude von Schaukel 2 nimmt zu, während die Amplitude von Schaukel 1 abnimmt. Dies setzt sich fort, bis die Amplitude von Schaukel 2 ihren maximalen Wert erreicht hat. In diesem Zeitintervall überträgt Schaukel 1 ihre gesamte Energie an Schaukel 2. Danach kehrt sich dieser Prozess um und die Energie wird in einem gleich großen Zeitintervall wieder von Schaukel 2 an Schaukel 1 übertragen.	2
2.2	<u>Erklären:</u> Die maximale Amplitude hat bei beiden Schwingungen den gleichen maximalen Betrag $y_{\max}$ . Die Ab- und Zunahme der Amplitude bei der Schwingung von Schaukel 1 durch die Kopplung mit Schaukel 2 wird durch den ersten Kosinus-Term mit der Kreisfrequenz $\omega^*$ beschrieben. Der zweite Kosinus-Term mit der Kreisfrequenz $\omega$ beschreibt den Verlauf der ursprünglichen Schwingung ohne Kopplung der Schaukeln. Da bei der Schwingung von Schaukel 2 die Amplitude anfangs vom Wert Null bis zum maximalen Amplitudenbetrag zunimmt, muss hier als erster Faktor anstelle des Kosinus-Terms der entsprechende Sinus-Term (mit der Kreisfrequenz $\omega^*$ ) verwendet werden. Der Verlauf der ursprünglichen Schwingung ohne Kopplung wird durch den Sinus-Term mit der Kreisfrequenz $\omega$ beschrieben. Nach dem Loslassen bis zum anschließenden Durchgang durch die Ruhelage ist die Elongation von Schaukel 1 positiv und nimmt ab. Durch die Kopplung wird Schaukel 2 aus ihrer Ruhelage zum Startzeitpunkt von Schaukel 1 in positiver Richtung in Bewegung gesetzt. <i>Die Bedeutungen von <math>\omega</math> und <math>\omega^*</math> können auch vertauscht werden.</i>	5
3.1	<u>Begründen:</u> Ein festes Ende bedeutet, dass der Schwinger an dieser Stelle ortsfest ist und selbst nicht schwingen kann. Zum Einkoppeln einer Schwingung muss sich der Schwinger jedoch bewegen können, was nur bei einem losen Ende möglich ist. Das motorisiert angeregte erste Fadenpendel muss daher ein loses Ende darstellen.	3

Aufg.	erwartete Leistungen	BE
	<u>Skizzieren:</u> 	3
3.2	<u>Angeben:</u> $l = n \cdot \frac{\lambda}{2}$ mit $n = 1, 2, 3 \dots$ <u>Berechnen:</u> $l = \frac{\lambda}{2} = 3 \text{ m} \Rightarrow \lambda = 6 \text{ m}$ $c = \lambda \cdot f = 6 \text{ m} \cdot 0,8 \text{ Hz} = 4,8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$	1  4
	<b>Summe</b>	<b>50</b>

### III Bewertung und Beurteilung

Die Bewertung und Beurteilung erfolgt unter Beachtung der nachfolgenden Vorgaben nach § 33 der Oberstufen- und Abiturverordnung (OAVO) in der jeweils geltenden Fassung. Bei der Bewertung und Beurteilung der sprachlichen Richtigkeit in der deutschen Sprache sind die Bestimmungen des § 9 Abs. 12 Satz 3 OAVO in Verbindung mit Anlage 9b anzuwenden.

Der Fehlerindex ist nach Anlage 9b zu § 9 Abs. 12 OAVO zu berechnen. Für die Ermittlung der Punkte nach Anlage 9a zu § 9 Abs. 12 OAVO bzw. des Abzugs nach Anlage 9b zu § 9 Abs. 12 OAVO wird jeweils der ganzzahlige nicht gerundete Prozentsatz bzw. Fehlerindex zugrunde gelegt. Der prozentuale sprachliche Anteil nach Anlage 9b zu § 9 Abs. 12 OAVO wird auf 20 % festgesetzt.

Darüber hinaus sind die Vorgaben der Erlasse „Hinweise zur Vorbereitung auf die schriftlichen Abiturprüfungen (Abiturerlass)“ und „Durchführungsbestimmungen zum Landesabitur“ in der für den Abiturjahrgang geltenden Fassung zu beachten.

Im Fach Physik besteht die Prüfungsleistung aus der Bearbeitung je eines Vorschlags aus den Aufgabengruppen A und B, wofür insgesamt maximal 100 BE vergeben werden können. Ein Prüfungsergebnis von **5 Punkten (ausreichend)** setzt voraus, dass mindestens 45 % der zu vergebenden BE erreicht werden. Ein Prüfungsergebnis von **11 Punkten (gut)** setzt voraus, dass mindestens 75 % der zu vergebenden BE erreicht werden.

#### Gewichtung der Aufgaben und Zuordnung der Bewertungseinheiten zu den Anforderungsbereichen

Aufgabe	Bewertungseinheiten in den Anforderungsbereichen			Summe
	AFB I	AFB II	AFB III	
1	7	14	7	28
2		8	3	11
3	8	3		11
Summe	15	25	10	50

Die auf die Anforderungsbereiche verteilten Bewertungseinheiten innerhalb der Aufgaben sind als Richtwerte zu verstehen.