

– Lösungshinweise –

Musterprüfung Nr. 005 zum Fachabitur
zum Erwerb der Fachhochschulreife
an Fachoberschulen und Berufsoberschulen

Physik

Ausbildungsrichtung Technik

Notenschlüssel:	Note	Punkte	Bewertungseinheiten	
			von	bis
	+	15	100	96
	1	14	95	91
	–	13	90	86
	+	12	85	81
	2	11	80	76
	–	10	75	71
	+	9	70	66
	3	8	65	61
	–	7	60	56
	+	6	55	51
	4	5	50	46
	–	4	45	41
	+	3	40	34
	5	2	33	27
	–	1	26	20
	6	0	19	0

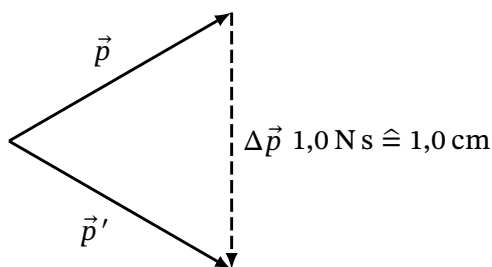
Ergibt die Gesamtsumme der Bewertungseinheiten n,5, so wird einmalig aufgerundet.

BE

- 3 **1.1** Orientierung: Kabine abwärts, Gegengewicht aufwärts positiv.
 Kabine: $m_K a = m_K g - F_S$; Gegengewicht: $m_G a = F_S - m_G g$ (1 BE)
 Addition: $(m_K + m_G) a = (m_K - m_G) g$ (1 BE)
 $a = \frac{(m_K - m_G) g}{m_K + m_G} = \frac{5,0 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2}{45 \text{ kg}} \approx 1,1 \text{ m/s}^2$ (1 BE)

- 2 **1.2** $F_S = m_G (g + a) = 20 \text{ kg} \cdot (9,81 \text{ m/s}^2 + 1,09 \text{ m/s}^2)$ (1 BE) $\approx 0,22 \text{ kN}$ (1 BE)

- 4 **2.1** (G) $p = m v = 0,17 \text{ kg} \cdot 20 \text{ m/s} = 3,4 \text{ N s} (\hat{=} 3,4 \text{ cm})$, vorher und nachher gleich groß. (1 BE)
 $\Delta \vec{p} = \vec{p}' - \vec{p}$: Impulsplan (2 BE)



Gemessen: $|\Delta \vec{p}| \hat{=} 3,4 \text{ cm}$, also $\Delta p \approx 3,4 \text{ N s}$, senkrecht zur Bande, von der Bande weg ins Spielfeld gerichtet. (1 BE)

Korrekturhinweis: Werte zwischen $3,2 \text{ N s}$ und $3,6 \text{ N s}$ sind zu akzeptieren;
 rechnerisch $\Delta p = 2 m v \sin \beta$.

- 2 **2.2** $\bar{F} = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{3,4 \text{ N s}}{4,0 \cdot 10^{-3} \text{ s}} \approx 0,85 \text{ kN}$ (2 BE)

- 2 **3.1** Die Gravitationskraft ist die Zentripetalkraft: $G \frac{mM}{r^2} = m \frac{v^2}{r}$ mit $r = R + h$ (1 BE)

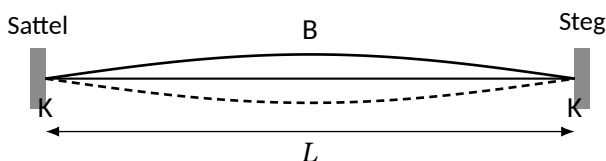
$$v^2 = \frac{GM}{r} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{GM}{R+h}} \quad (1 \text{ BE})$$

- 2 **3.2** $r = 6\,371 \text{ km} + 700 \text{ km} = 7\,071 \text{ km}$
 $v = \sqrt{\frac{6,67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2} \cdot 5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}}{7,071 \cdot 10^6 \text{ m}}} \approx 7,5 \text{ km/s}$ (1 BE)

$$T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi \cdot 7,071 \cdot 10^6 \text{ m}}{7,5 \cdot 10^3 \text{ m/s}} \approx 5,9 \cdot 10^3 \text{ s} \approx 99 \text{ min} \quad (1 \text{ BE})$$

- 2 **3.3** Die Aussage trifft nicht zu: In der Gleichung aus 3.1 kürzt sich die Masse m des Satelliten heraus. (1 BE)
 Gravitationskraft und nötige Zentripetalkraft wachsen beide proportional zur Masse; auf derselben Bahn haben leichte und schwere Satelliten dieselbe Geschwindigkeit. (1 BE)

- 2 **4.1** (G)



Knoten an beiden fest eingespannten Enden, ein Bauch in der Mitte; $L = \frac{\lambda}{2}$. (2 BE)

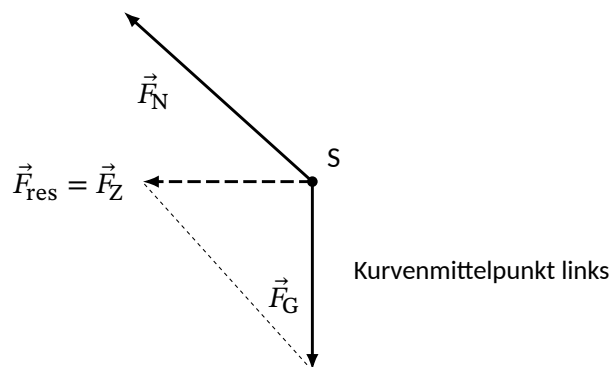
- 2 **4.2** $\lambda = 2L = 0,70 \text{ m}$ (1 BE); $c = \lambda f = 0,70 \text{ m} \cdot 392 \text{ Hz} \approx 274 \text{ m/s}$ (1 BE)

Fortsetzung siehe nächste Seite

BE				
2	4.3	$L' = \frac{c}{2f'} = \frac{274 \text{ m/s}}{2 \cdot 440 \text{ Hz}}$	(1 BE) $\approx 31,1 \text{ cm}$	(1 BE)
2	5.1	$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{340 \text{ m/s}}{170 \text{ Hz}} = 2,0 \text{ m}$		(2 BE)
4	5.2	Gangunterschied: $\Delta s = s_2 - s_1 = 13,0 \text{ m} - 10,0 \text{ m} = 3,0 \text{ m}$		(1 BE)
		$\frac{\Delta s}{\lambda} = \frac{3,0 \text{ m}}{2,0 \text{ m}} = 1,5$, also $\Delta s = \left(1 + \frac{1}{2}\right) \lambda$		(1 BE)
		Die Wellen der beiden Lautsprecher kommen in P gegenphasig an und schwächen sich ab (destruktive Interferenz, Minimum).		(1 BE)
		Der Zuhörer hört den Ton besonders leise (keine völlige Auslöschung, da die Amplituden wegen der verschiedenen Entfernungen nicht genau gleich sind).		(1 BE)
2	6.1	$E = \frac{U}{d} = \frac{60 \cdot 10^3 \text{ V}}{0,30 \text{ m}} = 0,20 \text{ MV/m}$		(1 BE);
		$F_{\text{el}} = q E = 2,0 \cdot 10^{-14} \text{ C} \cdot 2,0 \cdot 10^5 \text{ V/m} = 4,0 \cdot 10^{-9} \text{ N}$		(1 BE)
2	6.2	$F_G = m g = 2,0 \cdot 10^{-11} \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \approx 2,0 \cdot 10^{-10} \text{ N}$		(1 BE)
		$\frac{F_{\text{el}}}{F_G} \approx 20,4$: Die Gewichtskraft beträgt nur etwa 5 % der elektrischen Kraft und darf in guter Näherung vernachlässigt werden.		(1 BE)
2	6.3	Energieansatz: $ q U = \frac{1}{2} m v^2$		(1 BE)
		$v = \sqrt{\frac{2 q U}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 2,0 \cdot 10^{-14} \text{ C} \cdot 60 \cdot 10^3 \text{ V}}{2,0 \cdot 10^{-11} \text{ kg}}} \approx 11 \text{ m/s}$		(1 BE)
2	7.1	$ U = L \frac{\Delta I}{\Delta t} = 0,80 \text{ H} \cdot \frac{0,50 \text{ A}}{3,0 \cdot 10^{-3} \text{ s}} \approx 0,13 \text{ kV}$		(2 BE)
3	7.2	Die induzierte Spannung ist etwa elfmal so groß wie die Betriebsspannung von 12 V: Die Aussage trifft zu.		(1 BE)
		Ursache: Im Magnetfeld der Spule ist die Energie $W = \frac{1}{2} L I^2 = \frac{1}{2} \cdot 0,80 \text{ H} \cdot (0,50 \text{ A})^2 = 0,10 \text{ J}$ gespeichert; sie muss beim Ausschalten abgegeben werden – je schneller, desto höher die Spannung (Funken am Schalter, Gefahr für Elektronik).		(1 BE)
		Schutzmaßnahme: z. B. ein parallel zur Spule geschalteter Widerstand, über den der Strom langsamer abklingt und die Energie in innere Energie umgesetzt wird.		(1 BE)
40				

BE

4 1.1 (G)



Gewichtskraft senkrecht nach unten, Kraft der Bahn senkrecht zur geneigten Fahrbahn (2 BE); ihre Resultierende zeigt waagrecht zum Kurvenmittelpunkt und wirkt als Zentripetalkraft (1 BE); Winkel zwischen $\vec{F}_N$ und der Senkrechten ist α . (1 BE)

3 1.2 Aus dem Kräfteplan: $\tan \alpha = \frac{F_Z}{F_G}$ (1 BE)

$$\tan \alpha = \frac{m v^2 / r}{m g} \quad (1 \text{ BE}) = \frac{v^2}{r g} \quad (1 \text{ BE})$$

2 1.3 $v = \sqrt{r g \tan \alpha} = \sqrt{25 \text{ m} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot \tan 42^\circ} \approx 15 \text{ m/s}$ (1 BE) $\approx 53 \text{ km/h}$ (1 BE)

2 1.4 $a_Z = \frac{v^2}{r} = g \tan \alpha$ (1 BE); $\frac{a_Z}{g} = \tan 42^\circ \approx 0,90$ (1 BE)

3 1.5 Bei 10 m/s ist die nötige Zentripetalkraft kleiner; die Resultierende aus Gewichtskraft und Kraft der Bahn wäre aber gleich groß wie bei 15 m/s. (1 BE)
Ohne Haftkraft würde der Fahrer deshalb auf der schrägen Bahn nach unten (zur Kurveninnenseite) rutschen. (1 BE)
Die Haftkraft muss längs der Fahrbahn schräg nach oben (nach außen) wirken. (1 BE)

2 1.6 Auf der überhöhten Fahrbahn liefert schon die Kraft der Fahrbahn (zusammen mit der Gewichtskraft) die nötige Zentripetalkraft; die Fahrzeuge sind nicht oder kaum auf Haftkraft angewiesen (1 BE) – höhere Geschwindigkeiten sind sicher möglich, auch bei schlechter Haftung (Nässe). (1 BE)

3 2.1 Die Arbeit ist die Maßzahl der Fläche unter dem s - F -Graphen (1 BE), hier ein Trapez (1 BE):
 $W = \frac{300 \text{ N} + 100 \text{ N}}{2} \cdot 40 \text{ m} = 8,0 \text{ kJ}$ (1 BE)

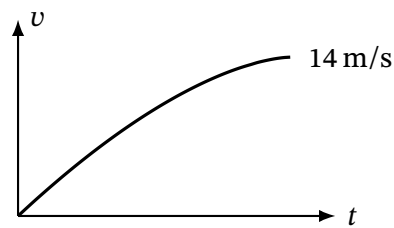
3 2.2 $W = \frac{1}{2} m v^2$ (1 BE); $v = \sqrt{\frac{2W}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 8000 \text{ J}}{80 \text{ kg}}}$ (1 BE) $\approx 14 \text{ m/s}$ (1 BE)

3 2.3 $E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} \cdot 80 \text{ kg} \cdot (12,5 \text{ m/s})^2 = 6,25 \text{ kJ}$ (1 BE)
Reibungsarbeit: $W_R = 8,0 \text{ kJ} - 6,25 \text{ kJ} = 1,75 \text{ kJ}$ (1 BE)
 $\bar{F}_R = \frac{W_R}{s} = \frac{1750 \text{ J}}{40 \text{ m}} \approx 44 \text{ N}$ (1 BE)

3 2.4 (G)

Fortsetzung siehe nächste Seite

BE



Beginn im Ursprung (Start aus dem Stand) (1 BE); die Steigung (Beschleunigung) nimmt ab, weil die Antriebskraft abnimmt (1 BE); Endwert etwa 14 m/s (1 BE).

2

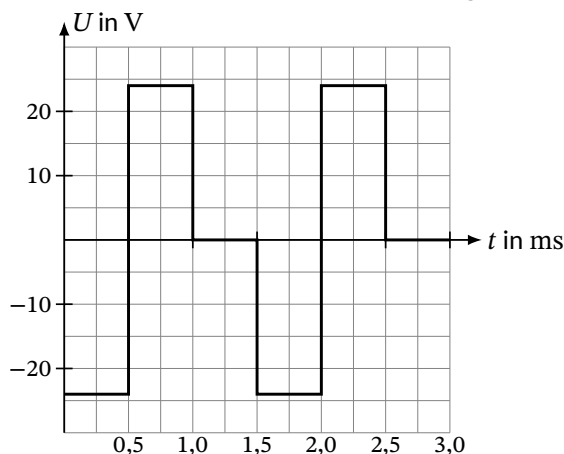
2.5 Die Arbeit der Antriebskraft ($8,0 \text{ kJ}$) wird zu $6,25 \text{ kJ}$ in kinetische Energie umgewandelt (1 BE); der Rest ($1,75 \text{ kJ}$) wird durch Luftwiderstand und Reibung in innere Energie (Umgebung, Reifen) umgewandelt. (1 BE)

30

BE

2 **1.1** $B = \frac{\Phi}{A} = \frac{0,20 \cdot 10^{-3} \text{ Wb}}{50 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2} = 0,040 \text{ T}$ (2 BE)

5 **1.2 (G)** Steigung: Zunahme $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{0,20 \cdot 10^{-3} \text{ Wb}}{0,50 \cdot 10^{-3} \text{ s}} = 0,40 \text{ Wb/s}$, Abnahme $-0,40 \text{ Wb/s}$ (2 BE)
 $U = -N \dot{\Phi}$: -24 V bei zunehmendem, 24 V bei abnehmendem Fluss (1 BE), $U = 0$ bei konstantem Fluss (1 BE); Darstellung (1 BE)



Korrekturhinweis: Das Vorzeichen hängt von der gewählten Orientierung ab; vertauschte Vorzeichen mit Begründung sind gleichwertig.

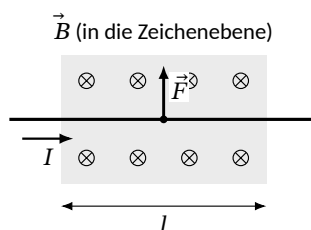
2 **1.3** $|U| = N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = 60 \cdot 0,40 \text{ Wb/s} = 24 \text{ V}$ (2 BE)

- 3 **1.4** Die Flussänderung der Sendespule durchsetzt auch die Münze; im geschlossenen Ring wird eine Spannung induziert und es fließt ein Strom. (1 BE)
 Nach der Lenz'schen Regel ist das Magnetfeld dieses Stroms so gerichtet, dass es seiner Ursache, der Flussänderung, entgegenwirkt. (1 BE)
 Die Flussänderung in der Empfangsspule wird dadurch kleiner, das Signal ändert sich – das zeigt der Detektor an. (1 BE)

- 3 **1.5** Der Schüler hat $U(t)$ wie $\Phi(t)$ gezeichnet (Spannung proportional zum Fluss). (1 BE)
 Die induzierte Spannung hängt aber von der Änderung des Flusses ab: Bei gleichmäßig steigendem bzw. fallendem Fluss ist sie konstant, bei konstantem Fluss null. (1 BE)
 Richtiger Verlauf: Rechteckpulse wie in 1.2. (1 BE)

- 3 **1.6** In der halben Zeit ändert sich der Fluss um denselben Betrag: $|\dot{\Phi}|$ ist doppelt so groß. (1 BE)
 Die Spannungspulse sind doppelt so hoch (48 V) (1 BE) und nur halb so lang (0,25 ms). (1 BE)

- 2 **2.1 (G)**



Dreifingerregel (rechte Hand): Daumen in Stromrichtung, Zeigefinger in Feldrichtung $\Rightarrow$

Fortsetzung siehe nächste Seite

BE			
		Kraft nach oben.	(2 BE)
2	2.2	$B = \frac{F}{Il} = \frac{12 \cdot 10^{-3} \text{ N}}{2,5 \text{ A} \cdot 0,040 \text{ m}} = 0,12 \text{ T}$	(2 BE)
4	2.3	Aufbau: Leiterstück an einem Kraftmesser bzw. auf einer elektronischen Waage im Feld des Magneten, in Reihe mit einem Netzgerät und einem Strommessgerät. Bei fester Leiterlänge wird die Stromstärke schrittweise verändert (z. B. 0,5 A bis 3,0 A). Messgrößen: Stromstärke I und Kraft F (Änderung der Waagenanzeige). Auswertung: F über I auftragen; liegen die Messpunkte auf einer Ursprungsgeraden, gilt $F \sim I$. Korrekturhinweis: Andere sinnvolle Anordnungen (z. B. Leiterschaukel mit Auslenkung) sind gleichwertig.	(1 BE) (1 BE) (1 BE) (1 BE)
4	2.4	Das Leiterstück liegt weiterhin in der Zeichenebene und steht damit nach wie vor senkrecht zu $\vec{B}$. $F = IlB = 2,5 \text{ A} \cdot 0,040 \text{ m} \cdot 0,12 \text{ T} = 12 \text{ mN}$ Die Aussage ist falsch: Der Betrag bleibt gleich, nur die Richtung der Kraft dreht sich mit dem Leiter (sie bleibt senkrecht zu Leiter und Feld). Eine Halbierung ergäbe sich erst, wenn der Leiter um 30° gegen die Feldrichtung geneigt wäre.	(1 BE) (2 BE) (1 BE)
30			

BE

- 3 **1.1** Bei der Auslenkung um den Winkel φ wirkt längs der Bahn die Komponente $F = -mg \sin \varphi$ der Gewichtskraft. (1 BE)
 Für kleine Winkel gilt $\sin \varphi \approx \varphi = \frac{s}{l}$. (1 BE)
 Also $F \approx -\frac{mg}{l}s$: lineares Kraftgesetz mit der Richtgröße $D = \frac{mg}{l}$. (1 BE)
- 2 **1.2** $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{D}} = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} = 2\pi\sqrt{\frac{0,65 \text{ m}}{9,81 \text{ m/s}^2}} \approx 1,6 \text{ s}$ (2 BE)
- 3 **1.3** Im Modell: zwei Schritte pro Periode, also $\frac{2}{T} \cdot 60 \text{ s} \approx 74$ Schritte pro Minute. (1 BE)
 Gemessen werden 112 Schritte pro Minute – deutlich mehr. (1 BE)
 Das Pendelmodell beschreibt nur das lockere, langsame Gehen; beim zügigen Gehen wird der Arm durch Muskelkraft schneller geführt (keine freie Schwingung). (1 BE)
- 4 **1.4** Aus dem Diagramm: zwei volle Perioden in 3,2 s, also $T = 1,6 \text{ s}$; $\hat{a} = 3,0 \text{ m/s}^2$ (1 BE)
 $\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{1,6 \text{ s}} \approx 3,9 \text{ 1/s}$ (1 BE)
 $\hat{a} = \omega^2 \hat{s} \Rightarrow \hat{s} = \frac{\hat{a}}{\omega^2} = \frac{3,0 \text{ m/s}^2}{(3,93 \text{ 1/s})^2} \quad (1 \text{ BE}) \approx 19 \text{ cm} \quad (1 \text{ BE})$
- | Aussage | wahr | falsch | nicht entscheidbar |
|---|----------|----------|--------------------|
| Die Periodendauer hängt im Modell nicht von der Masse des Arms ab. $(T = 2\pi\sqrt{l/g})$ | x | | |
| Im Modell ist die Periodendauer bei größerer Amplitude größer. (harmonisch) | | x | |
| In den Umkehrpunkten ist die Beschleunigung des Handgelenks null. (dort maximal) | | x | |
| Die Smartwatch zählt genauer als ein Schrittzähler am Gürtel. | | | x |
- 4 **1.5**
- 2 **1.6** In den Umkehrpunkten ist die Lageenergie am größten und die kinetische Energie null (1 BE); beim Durchgang durch die Ruhelage ist die Lageenergie vollständig in kinetische Energie umgewandelt; die Summe bleibt im Modell konstant. (1 BE)
- 2 **2.1** $C = \epsilon_0 \frac{A}{d} = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ A s/(V m)} \cdot \frac{2,0 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2}{2,0 \cdot 10^{-6} \text{ m}} \approx 0,89 \text{ pF}$ (2 BE)
- 2 **2.2** $E = \frac{U}{d} = \frac{1,8 \text{ V}}{2,0 \cdot 10^{-6} \text{ m}} = 9,0 \cdot 10^5 \text{ V/m}$ (2 BE)
- 2 **2.3** $Q = CU = 0,885 \cdot 10^{-12} \text{ F} \cdot 1,8 \text{ V} \approx 1,6 \text{ pC}$ (1 BE); $W = \frac{1}{2}CU^2 \approx 1,4 \text{ pJ}$ (1 BE)
- 3 **2.4** $C' = \epsilon_0 \frac{A}{1,9 \cdot 10^{-6} \text{ m}} \approx 0,93 \text{ pF}$ (1 BE); $\Delta C = C' - C \approx 0,047 \text{ pF}$ (1 BE)
 Relative Änderung: $\frac{\Delta C}{C} \approx 5,3 \%$ (1 BE)
- 3 **2.5** Wegen $C \sim \frac{1}{d}$ gilt für kleine Änderungen $\frac{\Delta C}{C} \approx \frac{\Delta d}{d}$: Dieselbe Verschiebung Δd bewirkt bei kleinem d eine große relative Kapazitätsänderung – der Sensor wird empfindlich. (2 BE)

Fortsetzung siehe nächste Seite

BE
30

Grenze: Die Platten dürfen sich nicht berühren; bei sehr kleinem Abstand wird außerdem die Feldstärke sehr groß (Durchschlag) und die Fertigung schwierig. (1 BE)