

– Lösungshinweise –

Musterprüfung Nr. 002 zum Fachabitur
zum Erwerb der Fachhochschulreife
an Fachoberschulen und Berufsoberschulen

Physik

Ausbildungsrichtung Technik

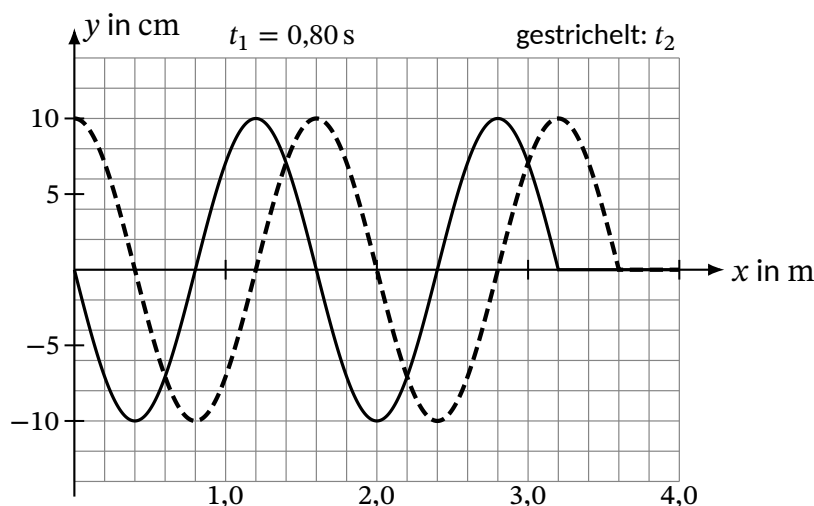
Notenschlüssel:	Note	Punkte	Bewertungseinheiten	
			von	bis
	+	15	100	96
	1	14	95	91
	–	13	90	86
	+	12	85	81
	2	11	80	76
	–	10	75	71
	+	9	70	66
	3	8	65	61
	–	7	60	56
	+	6	55	51
	4	5	50	46
	–	4	45	41
	+	3	40	34
	5	2	33	27
	–	1	26	20
	6	0	19	0

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

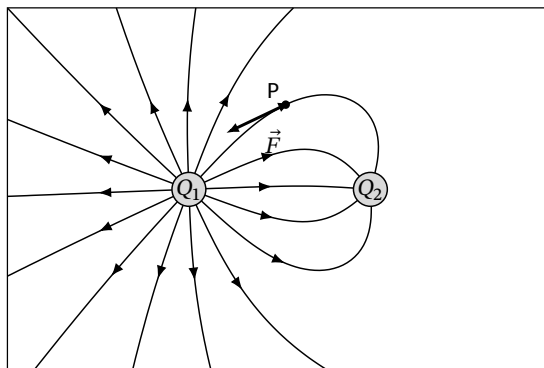
BE	
2	1.1 (G) Der Betrag der Impulsänderung entspricht der Maßzahl der Fläche unter dem t - F -Graphen. (1 BE) $\Delta p = \frac{1}{2} \cdot 1,2 \cdot 10^3 \text{ N} \cdot 10 \cdot 10^{-3} \text{ s} = 6,0 \text{ N s}$ (1 BE)
3	1.2 (G) Orientierung von der Wand weg positiv: vorher $v_{1x} = -8,0 \text{ m/s}$, nachher $v_{2x} = +v_2$; der Ball kehrt seine Bewegungsrichtung um. (1 BE) $\Delta p = m(v_2 - (-v_1)) = m(v_2 + v_1)$ (1 BE) $v_2 = \frac{\Delta p}{m} - v_1 = \frac{6,0 \text{ N s}}{0,43 \text{ kg}} - 8,0 \text{ m/s} \approx 6,0 \text{ m/s}$ (1 BE) <i>Korrekturhinweis: Wer die Richtungsumkehr nicht berücksichtigt ($v_2 = 22 \text{ m/s}$, schneller als vorher), erhält höchstens 1 BE.</i>
2	2.1 (G) Die Höhe entspricht der Maßzahl der Fläche unter dem t - v -Graphen (Trapez): (1 BE) $h = \frac{1}{2} \cdot (10,0 \text{ s} + 6,0 \text{ s}) \cdot 3,0 \text{ m/s} = 24 \text{ m}$ (1 BE)
3	2.2 (G) Beschleunigung im Intervall $[0; 2,0 \text{ s}]$: $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{3,0 \text{ m/s}}{2,0 \text{ s}} = 1,5 \text{ m/s}^2$ (nach oben) (1 BE) Kraftansatz (nach oben positiv): $F_W - F_G = m a$ (1 BE) $F_W = m(g + a) = 60 \text{ kg} \cdot (9,81 \text{ m/s}^2 + 1,5 \text{ m/s}^2) \approx 0,68 \text{ kN}$ (1 BE)
4	3.1 (G) Die Gravitationskraft des Jupiters ist die Zentripetalkraft für Io: $G \frac{m M_J}{r^2} = m \frac{4\pi^2}{T^2} r$ (2 BE) $M_J = \frac{4\pi^2 r^3}{G T^2}$ mit $r = 4,22 \cdot 10^8 \text{ m}$ und $T = 1,77 \cdot 86\,400 \text{ s} = 1,53 \cdot 10^5 \text{ s}$ (1 BE) $M_J = \frac{4\pi^2 \cdot (4,22 \cdot 10^8 \text{ m})^3}{6,674 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3/(\text{kg s}^2) \cdot (1,53 \cdot 10^5 \text{ s})^2} \approx 1,9 \cdot 10^{27} \text{ kg}$ (1 BE)
2	3.2 (G) $T_E = 2\pi \sqrt{\frac{r_E^3}{G M_J}} = 2\pi \sqrt{\frac{(6,71 \cdot 10^8 \text{ m})^3}{6,674 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3/(\text{kg s}^2) \cdot 1,9 \cdot 10^{27} \text{ kg}}} \approx 3,07 \cdot 10^5 \text{ s}$ (1 BE) $T_E \approx 3,5 \text{ d}$ (1 BE) Alternativ: $\frac{T_E^2}{r_E^3} = \frac{T_{Io}^2}{r_{Io}^3}$.
2	4.1 (G) Abstand zweier benachbarter Wellenberge: $\lambda = 1,6 \text{ m}$ (1 BE) $c = \lambda \cdot f = 1,6 \text{ m} \cdot 2,5 \text{ Hz} = 4,0 \text{ m/s}$ (1 BE)
3	4.2 (G) $\ln \Delta t = t_2 - t_1 = 0,10 \text{ s} = \frac{1}{4} T$ verschiebt sich das Momentbild um $c \Delta t = 0,40 \text{ m} = \frac{1}{4} \lambda$ in positive x -Richtung; die Wellenfront liegt bei $x = 3,6 \text{ m}$. (2 BE) Der Erreger befindet sich zum Zeitpunkt t_2 in der oberen Umkehrlage ($y = 10 \text{ cm}$). (1 BE)

Fortsetzung siehe nächste Seite

BE



- 3 **5.1 (G)** Die Feldlinien beginnen an Q_1 und enden an Q_2 (Orientierung von + nach –): Q_1 ist positiv, Q_2 negativ. (2 BE)
 Von Q_1 gehen 16 Feldlinien aus, an Q_2 enden nur 4; die übrigen verlaufen ins Unendliche. Die Feldliniendichte an Q_1 ist größer, also hat Q_1 den größeren Betrag (etwa das Vierfache). (1 BE)
- 2 **5.2 (G)** Die Kraft auf eine negative Ladung ist der Feldrichtung entgegengesetzt; sie wirkt tangential zur Feldlinie durch P (Tangente) (1 BE), entgegen der Pfeilrichtung der Feldlinie. (1 BE)



- 2 **5.3 (G)** Rechts von Q_2 . (1 BE)
 Nach dem Superpositionsprinzip addieren sich die Feldstärken beider Ladungen. Zwischen den Kugeln zeigen beide Beiträge in dieselbe Richtung (von Q_1 weg und auf Q_2 zu), dort kann die Feldstärke nicht null sein. Links von Q_1 ist Q_1 näher und hat den größeren Betrag, sein Beitrag überwiegt. Rechts von Q_2 sind die Beiträge entgegengesetzt; dort gleicht die Nähe zur betragskleineren Ladung Q_2 den größeren Betrag von Q_1 aus. (1 BE)
- 3 **6.1 (G)** $E = \frac{U}{d} = \frac{1,6 \cdot 10^3 \text{ V}}{2,0 \cdot 10^{-3} \text{ m}} = 8,0 \cdot 10^5 \text{ V/m}$ (1 BE);
 $F_{el} = qE = 2,0 \cdot 10^{-13} \text{ C} \cdot 8,0 \cdot 10^5 \text{ V/m} = 1,6 \cdot 10^{-7} \text{ N}$ (1 BE)
 $F_G = mg = 1,2 \cdot 10^{-10} \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \approx 1,2 \cdot 10^{-9} \text{ N}$; das sind nur etwa 0,7 % von F_{el} , die Gewichtskraft kann vernachlässigt werden. (1 BE)

- 3 **6.2 (G)** Ungestörte Überlagerung: parallel zu den Platten gleichförmig, senkrecht dazu

Fortsetzung siehe nächste Seite

BE

gleichmäßig beschleunigt.

$$\text{Flugzeit im Kondensator: } t = \frac{l}{v_0} = \frac{1,2 \cdot 10^{-2} \text{ m}}{20 \text{ m/s}} = 6,0 \cdot 10^{-4} \text{ s} \quad (1 \text{ BE})$$

$$a = \frac{F_{\text{el}}}{m} = \frac{1,6 \cdot 10^{-7} \text{ N}}{1,2 \cdot 10^{-10} \text{ kg}} \approx 1,3 \cdot 10^3 \text{ m/s}^2 \quad (1 \text{ BE})$$

$$y = \frac{1}{2} a t^2 = \frac{1}{2} \cdot 1,33 \cdot 10^3 \text{ m/s}^2 \cdot (6,0 \cdot 10^{-4} \text{ s})^2 \approx 0,24 \text{ mm} \quad (1 \text{ BE})$$

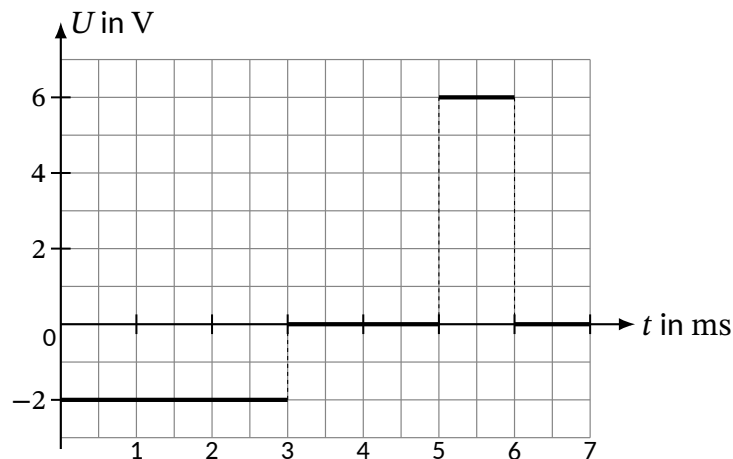
- 3 7.1 (G) Induktionsgesetz: $U = -N \cdot \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$ (abschnittsweise konstante Steigung) (1 BE)

$$[0; 3,0 \text{ ms}]: U = -100 \cdot \frac{60 \cdot 10^{-6} \text{ Wb}}{3,0 \cdot 10^{-3} \text{ s}} = -2,0 \text{ V}; \quad [3,0 \text{ ms}; 5,0 \text{ ms}]: U = 0 \text{ (Fluss konstant);}$$

$$[5,0 \text{ ms}; 6,0 \text{ ms}]: U = -100 \cdot \frac{-60 \cdot 10^{-6} \text{ Wb}}{1,0 \cdot 10^{-3} \text{ s}} = 6,0 \text{ V} \quad (2 \text{ BE})$$

Korrekturhinweis: Lösungen mit vertauschtem Vorzeichen in beiden Intervallen (andere Orientierung) sind zu akzeptieren.

- 3 7.2 (G) Abschnittsweise konstante Spannung, Sprünge bei 3,0 ms, 5,0 ms und 6,0 ms:



Intervalle

(1 BE)

Vorzeichen

(1 BE)

Werte

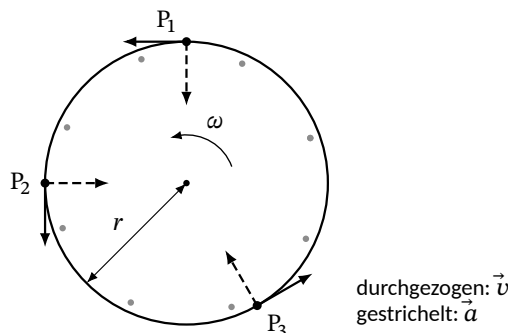
(1 BE)

40

BE

2 1.1 $\omega = 2\pi \cdot \frac{1200}{60\text{ s}} \approx 126\text{ 1/s}$ (1 BE); $v = \omega \cdot r = 126\text{ s}^{-1} \cdot 0,25\text{ m} \approx 31,4\text{ m/s}$ (1 BE)

- 3 1.2 (G) Geschwindigkeit tangential im Drehsinn (gegen den Uhrzeigersinn), Beschleunigung zum Mittelpunkt (Zentripetalbeschleunigung).



je Punkt

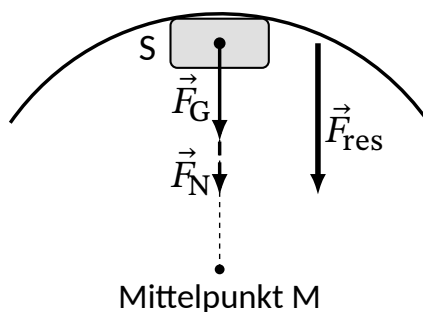
(1 BE)

- 3 1.3 Die Erklärung ist falsch. Im Bezugssystem des Raums wirkt auf das Wasser keine nach außen gerichtete Kraft. (1 BE)

Damit sich das Wasser auf der Kreisbahn bewegt, muss die Trommelwand (über die Wäsche) eine zum Mittelpunkt gerichtete Zentripetalkraft ausüben. An einem Loch fehlt diese Kraft. (1 BE)

Nach dem Beharrungsprinzip bewegt sich das Wasser dort geradlinig in Richtung seiner momentanen Geschwindigkeit (tangential) weiter und gelangt durch das Loch aus der Trommel. (1 BE)

- 2 1.4.1 (G) Gewichtskraft $\vec{F}_G$ nach unten, Kraft $\vec{F}_N$ der Trommelwand ebenfalls nach unten (zum Mittelpunkt); resultierende Kraft $\vec{F}_{\text{res}} = \vec{F}_G + \vec{F}_N$ zum Mittelpunkt (Zentripetalkraft).

 F_G

(1 BE)

 F_N und F_{res}

(1 BE)

- 4 1.4.2 Im höchsten Punkt gilt: $F_G + F_N = m \omega^2 r$. (1 BE)

Solange das Wäschestück anliegt, ist $F_N \geq 0$; es verlässt die Wand gerade dann, wenn

$$F_N = 0: m g = m \omega^2 r \quad (1\text{ BE})$$

$$\Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{g}{r}} = \sqrt{\frac{9,81\text{ m/s}^2}{0,25\text{ m}}} \approx 6,3\text{ 1/s} \quad (1\text{ BE})$$

$$\text{Umdrehungen pro Minute: } n = \frac{\omega}{2\pi} \cdot 60\text{ s} \approx 60 \quad (1\text{ BE})$$

- 2 1.4.3 Bei 50 Umdrehungen pro Minute ist ω kleiner als in 1.4.2, die nötige Zentripetalkraft $m \omega^2 r$ ist kleiner als die Gewichtskraft. (1 BE)

Die Gewichtskraft zieht das Wäschestück daher im höchsten Punkt von der Wand weg:

Die Wäsche fällt herunter (wie gewünscht). (1 BE)

Fortsetzung siehe nächste Seite

BE

- 4 **2.1** Aus dem Diagramm: Amplitude $\hat{y} = 6,0 \text{ mm}$ (1 BE), vier Perioden in 0,80 s, also
 $T = 0,20 \text{ s}$ (1 BE)
 $\omega = \frac{2\pi}{T} \approx 31 \text{ 1/s}$; Start im oberen Umkehrpunkt ($y(0) = \hat{y}$): (1 BE)
 $y(t) = 6,0 \text{ mm} \cdot \cos(31 \text{ s}^{-1} \cdot t)$ bzw. $y(t) = 6,0 \text{ mm} \cdot \sin(31 \text{ s}^{-1} \cdot t + \frac{\pi}{2})$ (1 BE)
- 2 **2.2** $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{D}} \Rightarrow D = \frac{4\pi^2 m}{T^2} = \frac{4\pi^2 \cdot 45 \text{ kg}}{(0,20 \text{ s})^2} \approx 44 \text{ kN/m}$ (2 BE)
- 2 **2.3** $a_{\max} = \omega^2 \cdot \hat{y} = (31,4 \text{ s}^{-1})^2 \cdot 6,0 \cdot 10^{-3} \text{ m} \approx 5,9 \text{ m/s}^2$ (2 BE)
- 4 **2.4** Die Unwucht regt den Bottich periodisch mit der Drehfrequenz der Trommel an. (1 BE)
 Stimmt die Anregungsfrequenz mit der Eigenfrequenz des schwingenden Systems überein, schwingt der Bottich mit großer Amplitude (Resonanz). Beim Hochfahren wird diese Drehfrequenz kurz durchlaufen. (1 BE)
 Eigenfrequenz $f_0 = \frac{1}{T} = 5,0 \text{ Hz}$ (1 BE), also $n = 5,0 \text{ s}^{-1} \cdot 60 \text{ s} = 300$ Umdrehungen pro Minute. (1 BE)
- 2 **2.5** Wegen $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{D}}$ wird die Periodendauer bei größerer Masse größer, die Eigenfrequenz also kleiner. (1 BE)
 Das starke Rütteln tritt deshalb bei einer kleineren Anzahl von Umdrehungen pro Minute auf. (1 BE)

30

BE

3 **1.1** $Q_0 = C \cdot U_0 = 150 \cdot 10^{-6} \text{ F} \cdot 1,6 \cdot 10^3 \text{ V} = 0,24 \text{ C}$ (1 BE)

$W_0 = \frac{1}{2} C U_0^2 = \frac{1}{2} \cdot 150 \cdot 10^{-6} \text{ F} \cdot (1,6 \cdot 10^3 \text{ V})^2 \approx 0,19 \text{ kJ}$ (2 BE)

2 **1.2.1** Abgelesen: $I_0 = 32 \text{ A}$ (1 BE); $R = \frac{U_0}{I_0} = \frac{1,6 \cdot 10^3 \text{ V}}{32 \text{ A}} = 50 \Omega$ (1 BE)

4 **1.2.2** Abgelesen: $I(5,0 \text{ ms}) \approx 16 \text{ A}$ (1 BE); Spannung am Kondensator:
 $U = R \cdot I \approx 50 \Omega \cdot 16 \text{ A} = 800 \text{ V}$ (1 BE)

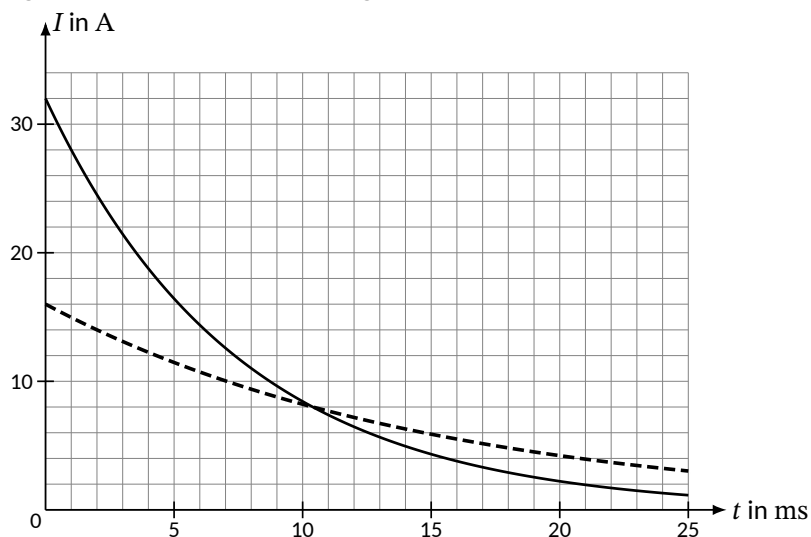
Abgegebene Energie:

$\Delta W = \frac{1}{2} C (U_0^2 - U^2) = \frac{1}{2} \cdot 150 \cdot 10^{-6} \text{ F} \cdot ((1600 \text{ V})^2 - (800 \text{ V})^2) \approx 0,14 \text{ kJ}$ (2 BE)

Korrekturhinweis: Ablesewerte zwischen 16 A und 17 A sind zu akzeptieren (0,13 kJ bis 0,14 kJ).

3 **1.2.3 (G)** Anfangsstromstärke $I'_0 = \frac{U_0}{2R} = 16 \text{ A}$, also halb so groß. (1 BE)

Bei kleinerer Stromstärke fließt die Ladung langsamer ab: Der Graph fällt flacher ab und liegt nach einiger Zeit über dem ursprünglichen Graphen. (1 BE)



Skizze

(1 BE)

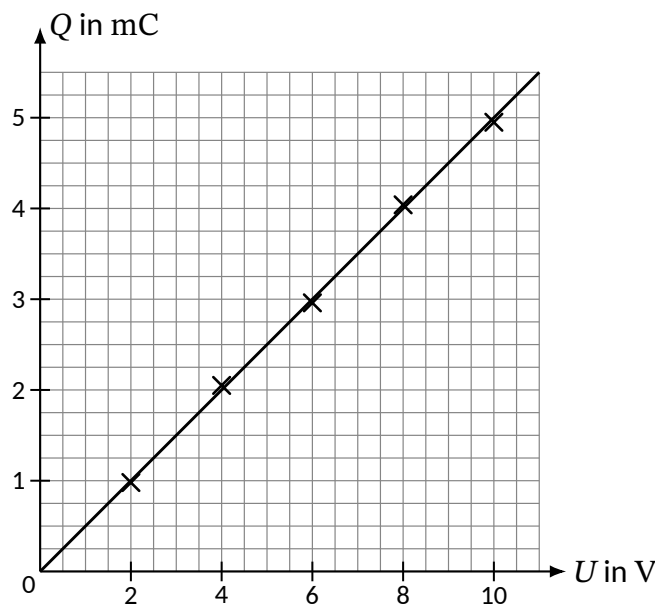
4 **1.3**

Aussage	wahr	falsch	nicht entscheidbar
Lädt man den Kondensator auf die doppelte Spannung auf, so speichert er die doppelte Energie. ($W \sim U^2$: vierfach)		x	
7,5 ms nach Beginn der Entladung ist der Kondensator vollständig entladen. (Diagramm: $I \approx 12 \text{ A}$)		x	
Die Stromstärke nimmt während der Entladung ab, weil die Spannung am Kondensator abnimmt.	x		
Der Kondensator im Defibrillator ist ein Elektrolytkondensator. (keine Angabe)			x

5 **2.1** U - Q -Diagramm der Messwerte: (2 BE)

Fortsetzung siehe nächste Seite

BE



Die Messpunkte liegen im Rahmen der Messgenauigkeit auf einer Ursprungsgeraden, also gilt $Q \sim U$. (1 BE)

Die Steigung der Ausgleichsgeraden ist die Kapazität:

$$C = \frac{\Delta Q}{\Delta U} = \frac{5,0 \cdot 10^{-3} \text{ C}}{10 \text{ V}} \approx 0,50 \text{ mF} \quad (2 \text{ BE})$$

Korrekturhinweis: Werte zwischen 0,48 mF und 0,52 mF sind zu akzeptieren; ohne Diagramm höchstens 2 BE.

- 3 **2.2** Um die kleine Ladung ΔQ bei der Spannung U auf den Kondensator zu bringen, ist die Arbeit $\Delta W = U \cdot \Delta Q$ nötig. Die Energie entspricht daher der Maßzahl der Fläche zwischen Graph und Q -Achse. (1 BE)

Diese Fläche ist ein Dreieck mit den Seiten Q und U : $W = \frac{1}{2} \cdot Q \cdot U$. (1 BE)

$$W = \frac{1}{2} \cdot 4,95 \cdot 10^{-3} \text{ C} \cdot 10,0 \text{ V} \approx 25 \text{ mJ} \quad (1 \text{ BE})$$

- 4 **2.3** Aufbau: Kondensator über einen Umschalter an einer Spannungsquelle (bekannte Spannung U_0 , Spannungsmessgerät) laden; nach dem Umschalten über einen bekannten Widerstand R (z. B. 10 k Ω) entladen; Stromstärkesensor (computergestützte Messwerterfassung) in Reihe zum Widerstand. Schaltskizze mit Quelle, Umschalter, C , R , Messgerät. (1 BE)

Messgrößen: Ladespannung U_0 und Stromstärke I in Abhängigkeit von der Zeit t (Entladekurve). (1 BE)

Auswertung: Die Maßzahl der Fläche unter dem t - I -Graphen ist die abgeflossene Ladung Q_0 (z. B. durch Auszählen der Kästchen); daraus $C = \frac{Q_0}{U_0}$. Kontrolle: $I_0 = \frac{U_0}{R}$. (2 BE)

Korrekturhinweis: Gleichwertige Verfahren (z. B. Messung von $U(t)$ am Kondensator und Bestimmung von I_0 aus der Tangente, $C = \frac{I_0}{|\Delta U / \Delta t|}$) sind zu akzeptieren. Vollständig ist die Antwort mit Schaltung, Messgrößen und nachvollziehbarer Auswertung.

- 2 **2.4** $W = \frac{1}{2} C U^2 = \frac{1}{2} \cdot 10 \text{ F} \cdot (2,7 \text{ V})^2 \approx 36 \text{ J}$ – deutlich weniger als die nötigen 0,19 kJ; zudem ist 2,7 V viel zu klein, um durch den Brustkorb eine ausreichende Stromstärke zu treiben. (1 BE)

Fortsetzung siehe nächste Seite

BE
30

Als Ersatz ungeeignet.

(1 BE)

BE

3 **1.1** $x(t) = v_0 t, \quad y(t) = -\frac{1}{2} g t^2$ (1 BE)

$t = \frac{x}{v_0}$ eingesetzt: $y(x) = -\frac{g}{2 v_0^2} x^2$ (1 BE)

$k = \frac{g}{2 v_0^2} = \frac{9,81 \text{ m/s}^2}{2 \cdot (25 \text{ m/s})^2} \approx 7,85 \cdot 10^{-3} \frac{1}{\text{m}}$ (1 BE)

4 **1.2** Hang: $y_H(x) = -\tan \alpha \cdot x$ (1 BE)

Schnittpunkt: $-k x^2 = -\tan \alpha \cdot x \Rightarrow x_L = \frac{\tan \alpha}{k} = \frac{\tan 35^\circ}{7,85 \cdot 10^{-3} \text{ m}^{-1}} \approx 89 \text{ m}$ (2 BE)

$s = \frac{x_L}{\cos \alpha} = \frac{89 \text{ m}}{\cos 35^\circ} \approx 109 \text{ m}$ (1 BE)

3 **1.3** Fallhöhe: $h = x_L \cdot \tan \alpha \approx 62 \text{ m}$ (1 BE)

Energieerhaltung: $\frac{1}{2} m v_L^2 = \frac{1}{2} m v_0^2 + m g h$ (1 BE)

$v_L = \sqrt{v_0^2 + 2 g h} = \sqrt{(25 \text{ m/s})^2 + 2 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 62 \text{ m}} \approx 43 \text{ m/s}$ (1 BE)

2 **1.4** Die Aussage ist im Modell falsch: Die Bahnkurve $y(x) = -\frac{g}{2 v_0^2} x^2$ hängt nicht von der Masse ab; alle Körper erfahren dieselbe Fallbeschleunigung g . (1 BE)

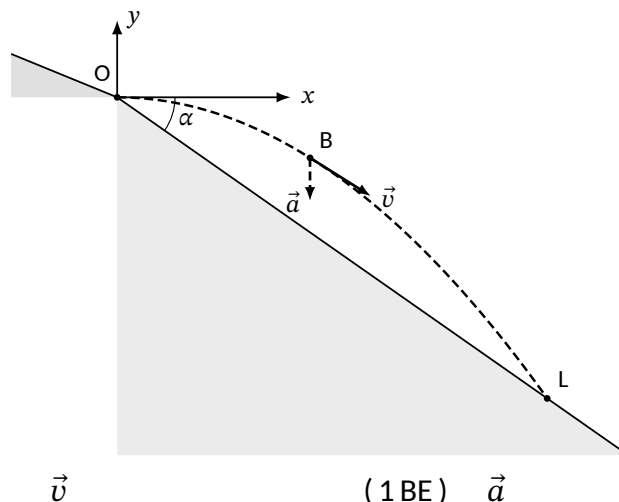
Bei gleichem v_0 fliegen leichte und schwere Springer gleich weit. Unterschiede entstehen erst durch die im Modell vernachlässigten Wirkungen der Luft. (1 BE)

3 **1.5** Ohne Reibung: $m g h_{\min} = \frac{1}{2} m v_0^2$ (1 BE)

$h_{\min} = \frac{v_0^2}{2 g} = \frac{(25 \text{ m/s})^2}{2 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2} \approx 32 \text{ m}$ (1 BE)

Der tatsächliche Höhenunterschied von etwa 45 m ist größer und damit plausibel: Ein Teil der Lageenergie wird durch Reibung zwischen Ski und Spur und durch den Luftwiderstand umgewandelt (etwa ein Drittel). (1 BE)

2 **1.6** (G) Geschwindigkeit tangential an die Bahnkurve in Bewegungsrichtung, Beschleunigung ($\vec{a} = \vec{g}$) senkrecht nach unten.



$\vec{v}$ (1 BE) $\vec{a}$ (1 BE)

2 **2.1** $T = 4 \text{ DIV} \cdot 5 \text{ ms/DIV} = 20 \text{ ms}$ (1 BE); $\hat{U} = 1,5 \text{ DIV} \cdot 2 \text{ V/DIV} = 3,0 \text{ V}$ (1 BE)

3 **2.2** Zum Zeitpunkt $t_0 = 0$ ist der Fluss maximal: $\Phi(t) = B \cdot A \cdot \cos(\omega t)$ (1 BE)

Induktionsgesetz: $U(t) = -N \cdot \dot{\Phi}(t)$ (1 BE)

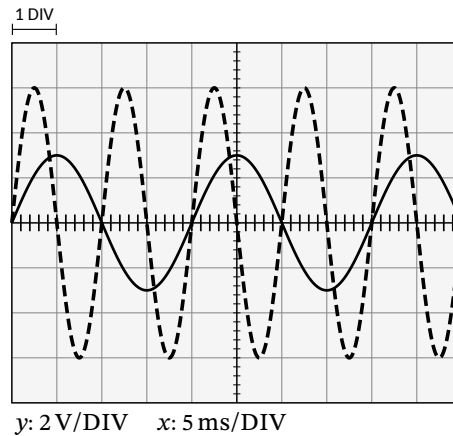
$U(t) = -N \cdot B \cdot A \cdot (-\omega \sin(\omega t)) = N \cdot B \cdot A \cdot \omega \cdot \sin(\omega t)$ (1 BE)

Fortsetzung siehe nächste Seite

BE

2 **2.3** $\omega = \frac{2\pi}{T} \approx 314 \text{ 1/s}; \quad B = \frac{\hat{U}}{NA\omega} = \frac{3,0 \text{ V}}{300 \cdot 10 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot 314 \text{ s}^{-1}} \approx 32 \text{ mT}$ (2 BE)

- 3 **2.4** (G) Doppelte Winkelgeschwindigkeit: halbe Periodendauer (10 ms = 2 DIV) (1 BE) und wegen $\hat{U} = NBA\omega$ doppelter Scheitelwert (6,0 V = 3 DIV) (1 BE); Sinusform mit Start bei $U = 0$, ansteigend. (1 BE)



- 3 **2.5** Bei eingeschalteter Lampe ist der Stromkreis geschlossen, es fließt ein Induktionsstrom durch die Spule. (1 BE)
 Nach der Lenz'schen Regel ist dieser Strom so gerichtet, dass er seiner Ursache, der Drehung der Spule, entgegenwirkt: Auf die stromdurchflossenen Leiter der Spule wirken im Magnetfeld Kräfte, die die Drehung bremsen. (1 BE)
 Beim Kurbeln muss deshalb mehr Arbeit verrichtet werden; diese Energie wird in der Lampe umgewandelt. Ohne Strom wirken diese Kräfte nicht. (1 BE)

30