

– Lösungshinweise –

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

Physik

Ausbildungsrichtung Technik

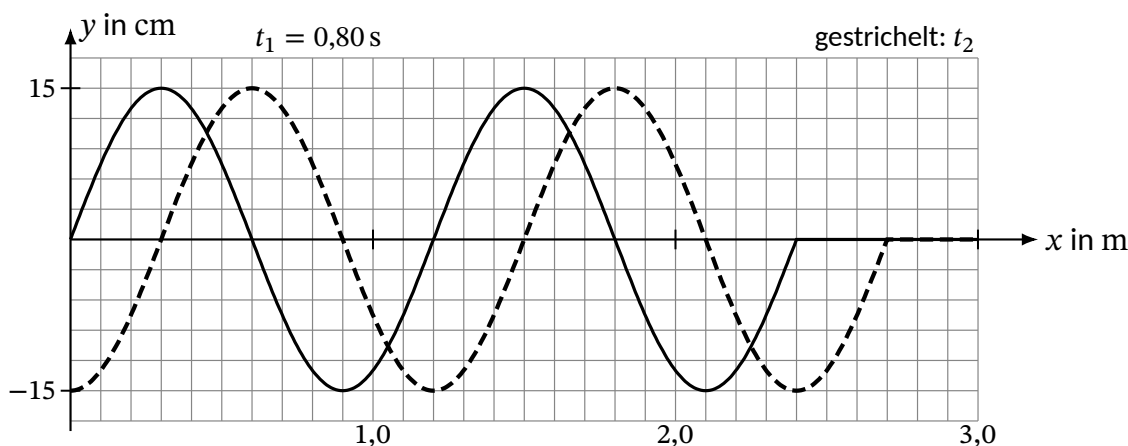
Notenschlüssel:	Note	Punkte	Bewertungseinheiten	
			von	bis
	+	15	100	96
	1	14	95	91
	–	13	90	86
	+	12	85	81
	2	11	80	76
	–	10	75	71
	+	9	70	66
	3	8	65	61
	–	7	60	56
	+	6	55	51
	4	5	50	46
	–	4	45	41
	+	3	40	34
	5	2	33	27
	–	1	26	20
	6	0	19	0

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

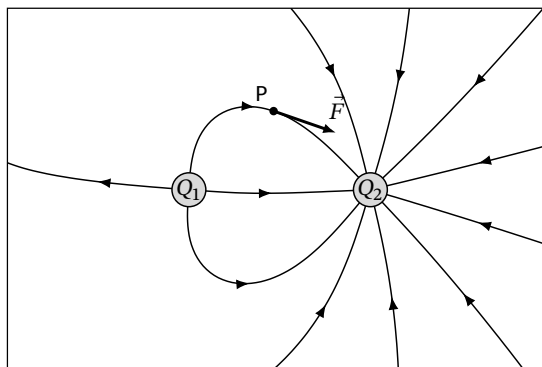
BE	
2	1.1 (G) Der Betrag der Impulsänderung entspricht der Maßzahl der Fläche unter dem t - F -Graphen. (1 BE) $\Delta p = \frac{1}{2} \cdot 0,80 \cdot 10^3 \text{ N} \cdot 5,0 \cdot 10^{-3} \text{ s} = 2,0 \text{ N s}$ (1 BE)
3	1.2 (G) Orientierung von der Wand weg positiv: vorher $v_{1x} = -20 \text{ m/s}$, 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) $v_2 = \frac{\Delta p}{m} - v_1 = \frac{2,0 \text{ N s}}{0,057 \text{ kg}} - 20 \text{ m/s} \approx 15 \text{ m/s}$ (1 BE) <i>Korrekturhinweis: Wer die Richtungsumkehr nicht berücksichtigt ($v_2 = 55 \text{ m/s}$, schneller als vorher), erhält höchstens 1 BE.</i>
2	2.1 (G) Die Strecke entspricht der Maßzahl der Fläche unter dem t - v -Graphen (Trapez): (1 BE) $h = \frac{1}{2} \cdot (24 \text{ s} + 16 \text{ s}) \cdot 6,0 \text{ m/s} = 120 \text{ m}$ (1 BE)
3	2.2 (G) Im Intervall $[20 \text{ s}; 24 \text{ s}]$ wird die Abwärtsbewegung abgebremst; die Beschleunigung ist nach oben gerichtet: $a = \frac{ \Delta v }{\Delta t} = \frac{6,0 \text{ m/s}}{4,0 \text{ s}} = 1,5 \text{ m/s}^2$ (1 BE) Kraftansatz (nach oben positiv): $F_B - F_G = m a$ (1 BE) $F_B = m(g + a) = 25 \text{ kg} \cdot (9,81 \text{ m/s}^2 + 1,5 \text{ m/s}^2) \approx 0,28 \text{ kN}$ (1 BE) <i>Korrekturhinweis: Wer die Beschleunigung nach unten ansetzt ($F = m(g - a) \approx 0,21 \text{ kN}$), erhält höchstens 2 BE.</i>
4	3.1 (G) Die Gravitationskraft des Saturns ist die Zentripetalkraft für Titan: $G \frac{m M_S}{r^2} = m \frac{4\pi^2}{T^2} r$ (2 BE) $M_S = \frac{4\pi^2 r^3}{G T^2}$ mit $r = 1,22 \cdot 10^9 \text{ m}$ und $T = 15,9 \cdot 86\,400 \text{ s} = 1,37 \cdot 10^6 \text{ s}$ (1 BE) $M_S = \frac{4\pi^2 \cdot (1,22 \cdot 10^9 \text{ m})^3}{6,674 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3/(\text{kg s}^2) \cdot (1,37 \cdot 10^6 \text{ s})^2} \approx 5,7 \cdot 10^{26} \text{ kg}$ (1 BE)
2	3.2 (G) $T_E = 2\pi \sqrt{\frac{r_E^3}{G M_S}} = 2\pi \sqrt{\frac{(2,38 \cdot 10^8 \text{ m})^3}{6,674 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3/(\text{kg s}^2) \cdot 5,7 \cdot 10^{26} \text{ kg}}} \approx 1,18 \cdot 10^5 \text{ s}$ (1 BE) $T_E \approx 1,4 \text{ d}$ (1 BE) Alternativ: $\frac{T_E^2}{r_E^3} = \frac{T_T^2}{r_T^3}$.
2	4.1 (G) Abstand zweier benachbarter Wellentäler: $\lambda = 1,2 \text{ m}$ (1 BE) $c = \lambda \cdot f = 1,2 \text{ m} \cdot 2,5 \text{ Hz} = 3,0 \text{ m/s}$ (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 $c \Delta t = 0,30 \text{ m} = \frac{1}{4} \lambda$ in positive x -Richtung; die Wellenfront liegt bei $x = 2,7 \text{ m}$. (2 BE) Der Erreger befindet sich zum Zeitpunkt t_2 in der unteren Umkehrlage ($y = -15 \text{ cm}$). (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 nur 4 Feldlinien aus, an Q_2 enden 12; die übrigen kommen aus dem Unendlichen. Die Feldliniendichte an Q_2 ist größer, also hat Q_2 den größeren Betrag (etwa das Dreifache). (1 BE)
- 2 5.2 (G) Die Kraft auf eine positive Ladung hat die Richtung der Feldstärke; sie wirkt tangential zur Feldlinie durch P (1 BE), in Pfeilrichtung der Feldlinie. (1 BE)



- 2 5.3 (G) Links von Q_1 . (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. Rechts von Q_2 ist Q_2 näher und hat den größeren Betrag, sein Beitrag überwiegt. Links von Q_1 sind die Beiträge entgegengesetzt; dort gleicht die Nähe zur betragskleineren Ladung Q_1 den größeren Betrag von Q_2 aus. (1 BE)
- 3 6.1 (G) $E = \frac{U}{d} = \frac{2,0 \cdot 10^3 \text{ V}}{5,0 \cdot 10^{-3} \text{ m}} = 4,0 \cdot 10^5 \text{ V/m}$ (1 BE);
 $F_{\text{el}} = qE = 5,0 \cdot 10^{-14} \text{ C} \cdot 4,0 \cdot 10^5 \text{ V/m} = 2,0 \cdot 10^{-8} \text{ N}$ (1 BE)
 $F_G = mg = 2,0 \cdot 10^{-11} \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \approx 2,0 \cdot 10^{-10} \text{ N}$; das ist nur etwa 1 % von F_{el} , die Gewichtskraft kann vernachlässigt werden. (1 BE)
- 3 6.2 (G) Ungestörte Überlagerung: parallel zu den Platten gleichförmig, senkrecht dazu gleichmäßig beschleunigt.

Fortsetzung siehe nächste Seite

BE

$$\text{Flugzeit im Kondensator: } t = \frac{l}{v_0} = \frac{2,0 \cdot 10^{-2} \text{ m}}{20 \text{ m/s}} = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ s} \quad (1 \text{ BE})$$

$$a = \frac{F_{\text{el}}}{m} = \frac{2,0 \cdot 10^{-8} \text{ N}}{2,0 \cdot 10^{-11} \text{ kg}} = 1,0 \cdot 10^3 \text{ m/s}^2 \quad (1 \text{ BE})$$

$$y = \frac{1}{2} a t^2 = \frac{1}{2} \cdot 1,0 \cdot 10^3 \text{ m/s}^2 \cdot (1,0 \cdot 10^{-3} \text{ s})^2 = 0,50 \text{ mm} \quad (1 \text{ BE})$$

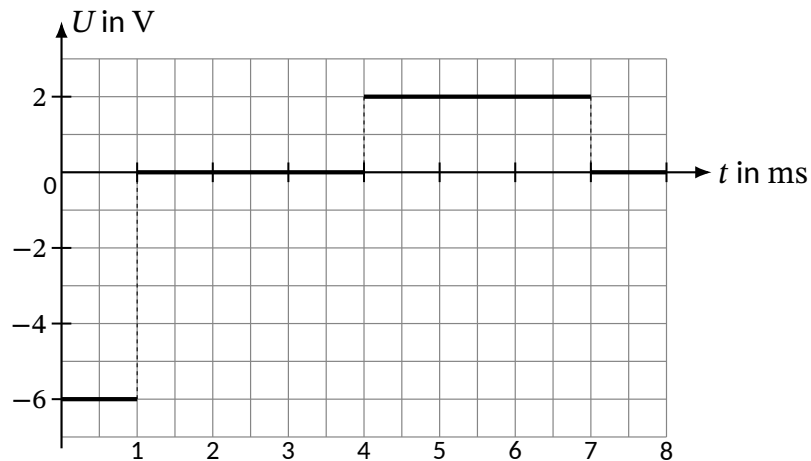
3 7.1 (G) Induktionsgesetz: $U = -N \cdot \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$ (abschnittsweise konstante Steigung) (1 BE)

$$[0; 1,0 \text{ ms}]: U = -200 \cdot \frac{30 \cdot 10^{-6} \text{ Wb}}{1,0 \cdot 10^{-3} \text{ s}} = -6,0 \text{ V}; \quad [1,0 \text{ ms}; 4,0 \text{ ms}]: U = 0 \text{ (Fluss konstant);}$$

$$[4,0 \text{ ms}; 7,0 \text{ ms}]: U = -200 \cdot \frac{-30 \cdot 10^{-6} \text{ Wb}}{3,0 \cdot 10^{-3} \text{ s}} = 2,0 \text{ V} \quad (2 \text{ BE})$$

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

3 7.2 (G) Abschnittsweise konstante Spannung, Sprünge bei 1,0 ms, 4,0 ms und 7,0 ms:



Intervalle

(1 BE)

Vorzeichen

(1 BE)

Werte

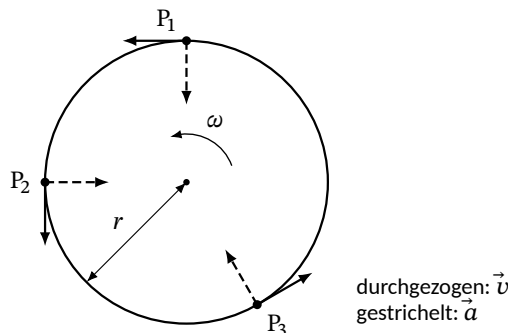
(1 BE)

40

BE

2 **1.1** $\omega = 2\pi \cdot \frac{12}{60\text{ s}} \approx 1,26\text{ 1/s}$ (1 BE); $v = \omega \cdot r = 1,26\text{ s}^{-1} \cdot 0,90\text{ m} \approx 1,13\text{ m/s}$ (1 BE)

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

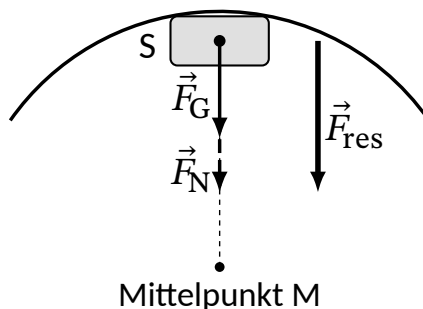


je Punkt

(1 BE)

- 3 **1.3** Die Aussage ist falsch. Im Bezugssystem der Straße wirkt auf den Brocken keine nach außen gerichtete Kraft. (1 BE)
Solange der Brocken haftet, übt die Trommelwand die zum Mittelpunkt gerichtete Zentripetalkraft aus. Löst er sich, fehlt diese Kraft. (1 BE)
Nach dem Beharrungsprinzip bewegt er sich dann (abgesehen von der Gewichtskraft) in Richtung seiner momentanen Geschwindigkeit weiter, also tangential und nicht senkrecht zur Wand. (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 der Brocken anliegt, ist $F_N \geq 0$; er verlässt die Wand gerade dann, wenn

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

$$\Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{g}{r}} = \sqrt{\frac{9,81\text{ m/s}^2}{0,90\text{ m}}} \approx 3,3\text{ 1/s} \quad (1 \text{ BE})$$

$$\text{Umdrehungen pro Minute: } n = \frac{\omega}{2\pi} \cdot 60\text{ s} \approx 32 \quad (1 \text{ BE})$$

- 2 **1.4.3** Bei 40 Umdrehungen pro Minute ist die nötige Zentripetalkraft $m\omega^2 r$ größer als die Gewichtskraft; die Trommelwand muss zusätzlich nach unten drücken, der Brocken bleibt auch im höchsten Punkt an der Wand. (1 BE)
Der Beton fällt nicht mehr herunter und wird kaum durchmischt – der Vorschlag ist ungeeignet. (1 BE)

Fortsetzung siehe nächste Seite

BE		
4	2.1	Aus dem Diagramm: Amplitude $\hat{y} = 2,0 \text{ mm}$ (1 BE), vier Perioden in 0,40 s, also $T = 0,10 \text{ s}$ (1 BE) $\omega = \frac{2\pi}{T} \approx 63 \text{ 1/s}$; Start in der Ruhelage nach oben ($y(0) = 0$): (1 BE) $y(t) = 2,0 \text{ mm} \cdot \sin(63 \text{ s}^{-1} \cdot t)$ (1 BE)
2	2.2	$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{D}} \Rightarrow D = \frac{4\pi^2 m}{T^2} = \frac{4\pi^2 \cdot 450 \text{ kg}}{(0,10 \text{ s})^2} \approx 1,8 \cdot 10^6 \text{ N/m}$ (2 BE)
2	2.3	$a_{\max} = \omega^2 \cdot \hat{y} = (62,8 \text{ s}^{-1})^2 \cdot 2,0 \cdot 10^{-3} \text{ m} \approx 7,9 \text{ m/s}^2$ (2 BE)
4	2.4	Die Unwucht regt den Motor im Takt der Kurbelwellendrehung an. (1 BE) Stimmt die Anregungsfrequenz mit der Eigenfrequenz des schwingenden Systems überein, schwingt der Motor mit großer Amplitude (Resonanz). Beim Anlassen wird diese Drehfrequenz kurz durchlaufen. (1 BE) Eigenfrequenz $f_0 = \frac{1}{T} = 10 \text{ Hz}$ (1 BE), also $n = 10 \text{ s}^{-1} \cdot 60 \text{ s} = 600$ 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** $Q_0 = C \cdot U_0 = 4,0 \cdot 10^{-6} \text{ F} \cdot 5,0 \cdot 10^3 \text{ V} = 0,020 \text{ C}$ (1 BE)

$W_0 = \frac{1}{2} C U_0^2 = \frac{1}{2} \cdot 4,0 \cdot 10^{-6} \text{ F} \cdot (5,0 \cdot 10^3 \text{ V})^2 = 50 \text{ J}$ (2 BE)

2 **1.2.1** Abgelesen: $I_0 = 10 \text{ A}$ (1 BE); $R = \frac{U_0}{I_0} = \frac{5,0 \cdot 10^3 \text{ V}}{10 \text{ A}} = 500 \Omega$ (1 BE)

4 **1.2.2** Abgelesen: $I(1,0 \text{ ms}) \approx 6,0 \text{ A}$ (1 BE); Spannung am Kondensator:
 $U = R \cdot I \approx 500 \Omega \cdot 6,0 \text{ A} = 3,0 \text{ kV}$ (1 BE)

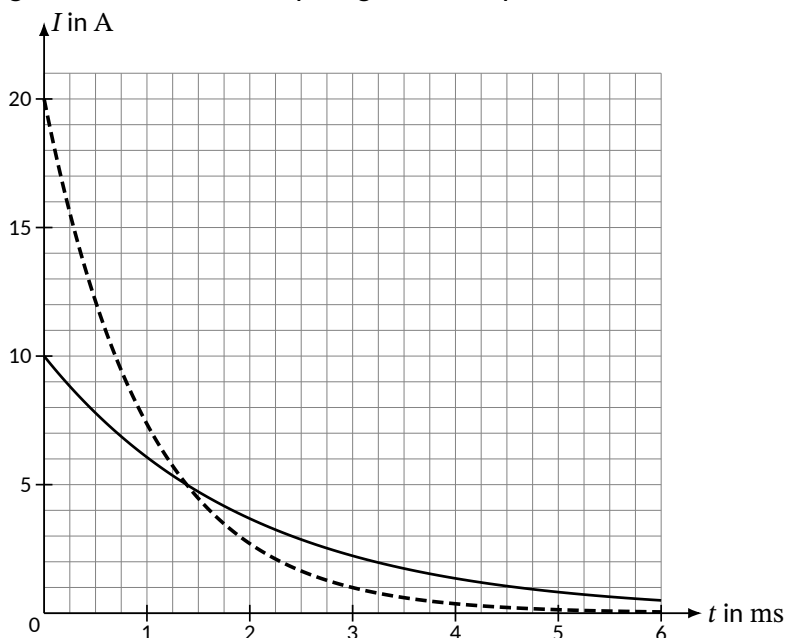
Abgegebene Energie:

$\Delta W = \frac{1}{2} C (U_0^2 - U^2) = \frac{1}{2} \cdot 4,0 \cdot 10^{-6} \text{ F} \cdot ((5,0 \cdot 10^3 \text{ V})^2 - (3,0 \cdot 10^3 \text{ V})^2) = 32 \text{ J}$ (2 BE)

Korrekturhinweis: Ablesewerte zwischen 5,8 A und 6,2 A sind zu akzeptieren (31 J bis 33 J).

3 **1.2.3 (G)** Anfangsstromstärke $I'_0 = \frac{U_0}{R/2} = 20 \text{ A}$, also doppelt so groß. (1 BE)

Bei größerer Stromstärke fließt die Ladung schneller ab: Der Graph fällt steiler ab und liegt nach einiger Zeit unter dem ursprünglichen Graphen. (1 BE)



Skizze

(1 BE)

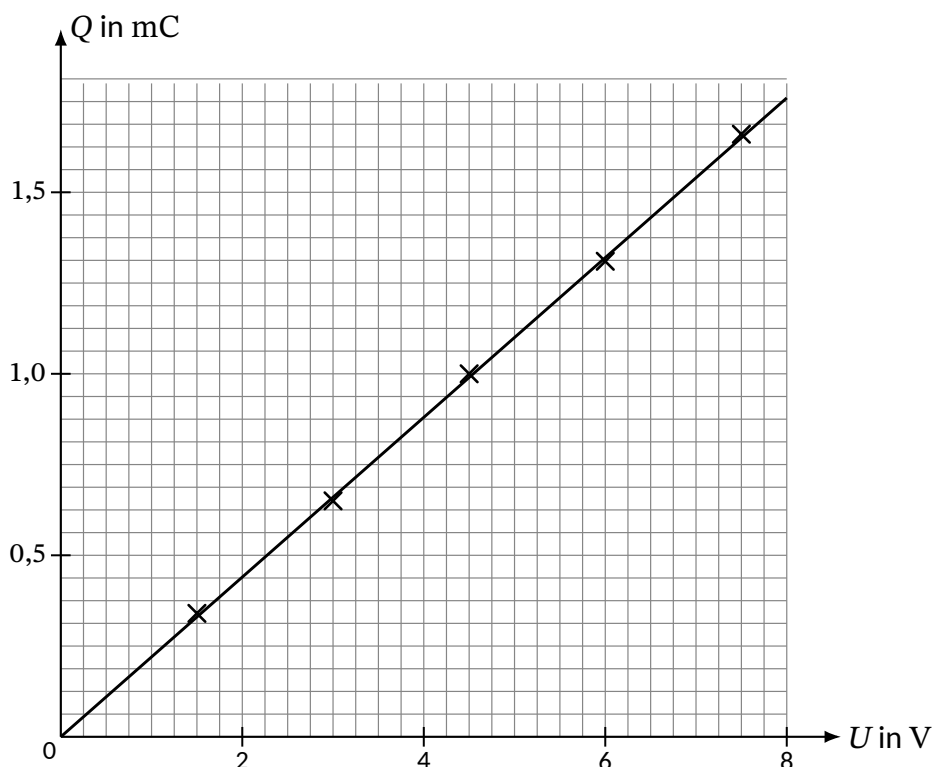
4 **1.3**

Aussage	wahr	falsch	nicht entscheidbar
Halbiert man bei gleicher Spannung die Kapazität, so halbiert sich die gespeicherte Energie. ($W \sim C$)	x		
2,0 ms nach Beginn der Entladung ist die Stromstärke auf die Hälfte ihres Anfangswerts gesunken. (Diagramm: $I \approx 3,7 \text{ A}$)		x	
Während der Entladung nimmt die Ladung des Kondensators in gleichen Zeitabschnitten um gleiche Beträge ab. (I nimmt ab)		x	
Das Weidezaungerät gibt jede Sekunde genau einen Impuls ab. (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:

$$C = \frac{\Delta Q}{\Delta U} = \frac{1,65 \cdot 10^{-3} \text{ C}}{7,5 \text{ V}} \approx 0,22 \text{ mF} \quad (2 \text{ BE})$$

Korrekturhinweis: Werte zwischen 0,21 mF und 0,23 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)

$$W = \frac{1}{2} \cdot 1,66 \cdot 10^{-3} \text{ C} \cdot 7,5 \text{ V} \approx 6,2 \text{ mJ} \quad (1 \text{ BE})$$

- 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.

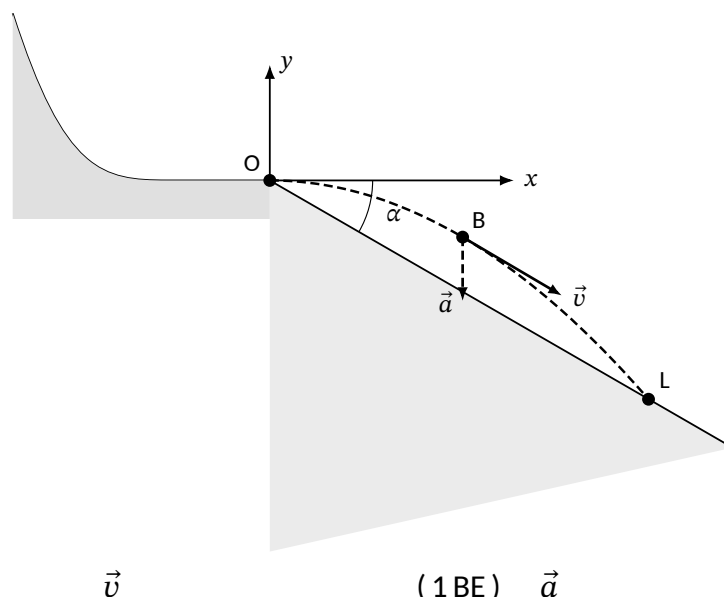
Fortsetzung siehe nächste Seite

BE
2
30

- 2.4** $W = \frac{1}{2} C U^2 = \frac{1}{2} \cdot 4,7 \cdot 10^{-3} \text{ F} \cdot (63 \text{ V})^2 \approx 9,3 \text{ J}$ – deutlich weniger als die nötigen 50 J;
außerdem ist 63 V viel kleiner als die nötige Spannung von 5,0 kV. (1 BE)
Als Ersatz ungeeignet. (1 BE)

BE

- 3 **1.1** $x(t) = v_0 t$, $y(t) = -\frac{1}{2} g t^2$ (1 BE)
 $t = \frac{x}{v_0}$ eingesetzt: $y(x) = -\frac{g}{2 v_0^2} x^2$ (1 BE)
 $k = \frac{g}{2 v_0^2} = \frac{9,81 \text{ m/s}^2}{2 \cdot (5,0 \text{ m/s})^2} \approx 0,196 \frac{1}{\text{m}}$ (1 BE)
- 4 **1.2** Landerampe: $y_R(x) = -\tan \alpha \cdot x$ (1 BE)
 Schnittpunkt: $-k x^2 = -\tan \alpha \cdot x \Rightarrow x_L = \frac{\tan \alpha}{k} = \frac{\tan 30^\circ}{0,196 \text{ m}^{-1}} \approx 2,9 \text{ m}$ (2 BE)
 $s = \frac{x_L}{\cos \alpha} = \frac{2,9 \text{ m}}{\cos 30^\circ} \approx 3,4 \text{ m}$ (1 BE)
- 3 **1.3** Fallhöhe: $h = x_L \cdot \tan \alpha \approx 1,7 \text{ m}$ (1 BE)
 Energieerhaltung: $\frac{1}{2} m v_L^2 = \frac{1}{2} m v_0^2 + m g h$ (1 BE)
 $v_L = \sqrt{v_0^2 + 2 g h} = \sqrt{(5,0 \text{ m/s})^2 + 2 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 1,7 \text{ m}} \approx 7,6 \text{ m/s}$ (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 und fallen gleich schnell. (1 BE)
 Bei gleichem v_0 landet er mit schwerem und leichtem Skateboard an derselben Stelle. Unterschiede entstünden erst durch den im Modell vernachlässigten Luftwiderstand. (1 BE)
- 3 **1.5** Ohne Reibung: $m g h_{\min} = \frac{1}{2} m v_0^2$ (1 BE)
 $h_{\min} = \frac{v_0^2}{2 g} = \frac{(5,0 \text{ m/s})^2}{2 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2} \approx 1,3 \text{ m}$ (1 BE)
 Der tatsächliche Höhenunterschied von etwa 1,8 m ist größer und damit plausibel: Ein Teil der Lageenergie wird durch Reibung (Rollen, Lager) 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.

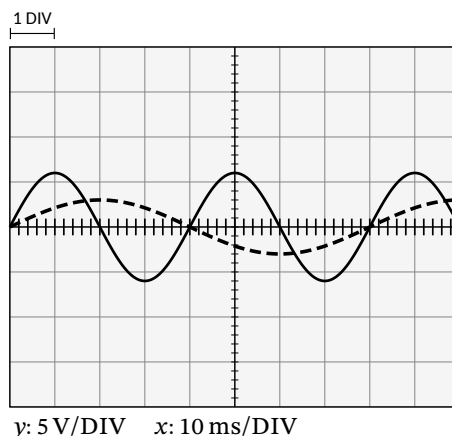


- 2 **2.1** $T = 4 \text{ DIV} \cdot 10 \text{ ms/DIV} = 40 \text{ ms}$ (1 BE); $\hat{U} = 1,2 \text{ DIV} \cdot 5 \text{ V/DIV} = 6,0 \text{ V}$ (1 BE)

Fortsetzung siehe nächste Seite

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)
- 2 2.3 $\omega = \frac{2\pi}{T} \approx 157 \text{ 1/s}$; $B = \frac{\hat{U}}{N A \omega} = \frac{6,0 \text{ V}}{500 \cdot 20 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot 157 \text{ s}^{-1}} \approx 38 \text{ mT}$ (2 BE)
- 3 2.4 (G) Halbe Winkelgeschwindigkeit: doppelte Periodendauer (80 ms = 8 DIV) (1 BE) und wegen $\hat{U} = N B A \omega$ halber Scheitelwert (3,0 V = 0,6 DIV) (1 BE); Sinusform mit Start bei $U = 0$, ansteigend. (1 BE)



- 3 2.5 Im Kurzschluss ist der Stromkreis geschlossen und hat einen sehr kleinen Widerstand; es fließt ein großer 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)
 Der Wind muss gegen diese Kräfte Arbeit verrichten; der Rotor dreht sich langsamer (Schutz vor zu hoher Drehzahl). (1 BE)

30