Lösung 32.2.07.1 „Was schlägt die Glocke“ (10 BE)

a) Zwischen den beiden Gongs legt der Schall die Strecke s (von Erwin bis zum Bauernhof) zweimal zurück. Daraus ergibt sich:

$$2 \cdot s = v_{Schall} \cdot t$$

$$s = \frac{v_{Schall} \cdot t}{2} = \frac{340\,\frac{m}{s} \cdot 0{,}7\,s}{2} = 119\,m$$

Die Entfernung zur Kirche kann man aus den Daten nicht bestimmen. 3 BE

b) In diesem Fall beträgt die Zeit zwischen zwei „Gongs“ (also Schall und Echo) 0,8 s.

$$s = \frac{v_{Schall} \cdot t}{2} = \frac{340\,\frac{m}{s} \cdot 0{,}8\,s}{2} = 136\,m$$

3 BE

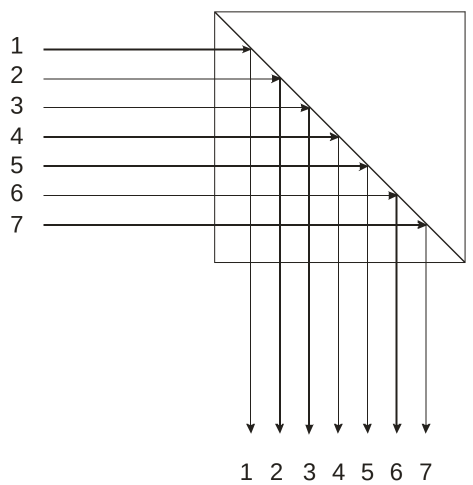
c) Die Zeit zwischen Glockenschlag und Echo beträgt 1/5 von 1,6 s, die Zeit zwischen Echo und dem nächsten Glockenschlag beträgt 4/5 von 1,6 s.

$$\frac{1}{5} \cdot 1{,}6\,s = 0{,}32\,s \qquad \frac{4}{5} \cdot 1{,}6\,s = 1{,}28\,s$$

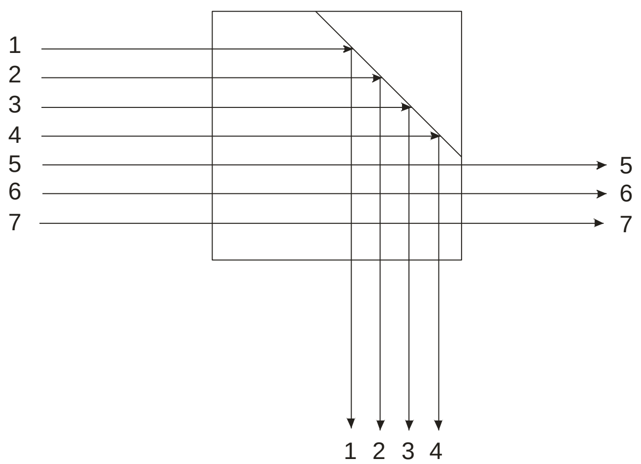
$$s = \frac{v_{Schall} \cdot t}{2} = \frac{340\,\frac{m}{s} \cdot 0{,}32\,s}{2} = 54{,}4\,m$$

Erwin muss 54,4 m vor der Scheunenwand stehen. Also muss er $(136\,m - 54{,}4\,m) = 81{,}6\,m$ in Richtung Scheune gehen. 4 BE

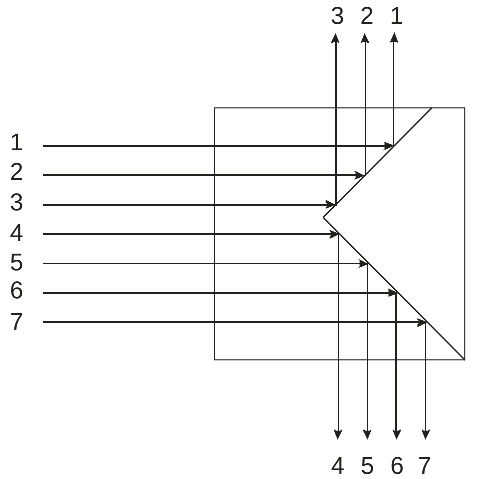
Lösung 32.2.07.2 „Schwarzer Kasten“ (10 BE)



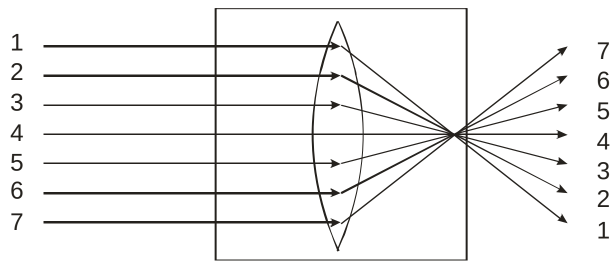
1 BE



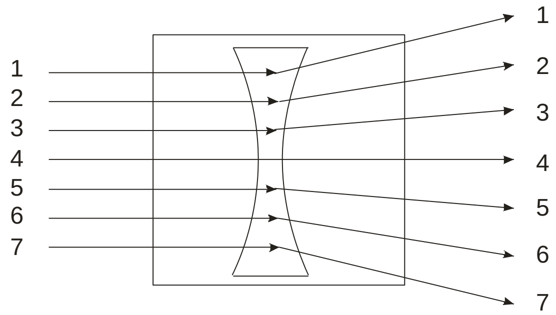
1 BE



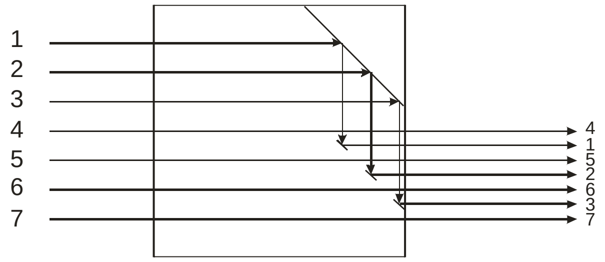
2 BE



2 BE



2 BE



2 BE

Lösung 32.2.07.3 „Fundament“ (8 BE)

a) $V = l \cdot b \cdot h \qquad V_B = 8\,\text{m} \cdot 0{,}3\,\text{m} \cdot 0{,}8\,\text{m} = 1{,}92\,\text{m}^3$ 2 BE

b) $\rho = \dfrac{m_B}{V_B} \qquad m_B = \rho \cdot V_B = 2200\dfrac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 1{,}92\,\text{m}^3 = 4224\,\text{kg}$

Fünf Fahrten sind mit dem Anhängernötig. 2 BE

c) Beton hat Poren (Kapillaren)

- Wasser steigt aus dem Boden durch Kapillarität im Beton auf (Adhäsionskräfte)
- Mauermischung und Ziegel haben auch Kapillaren => Wasser könnte weiter aufsteigen 2 BE
- Teerpappe verhindert den weiteren Aufstieg des Wassers 2 BE
- Hinweis: Wenn das Wasser im Mauerwerk aufsteigt und an der Ziegel- oder Putzoberfläche verdunsten, bleibt Salz übrig. Salz zerstört das Mauerwerk

Lösung 32.2.07.4 „Verdunstung von Wasser“ (12 BE)

a) Versuch 1
Wasser im Teller verdunstet schneller
Je größer die Oberfläche der Flüssigkeit, desto schneller verdunstet die Flüssigkeit. 2 BE
Versuch 2
Wasser im Teller am warmen Ort verdunstet schneller
Je größer die Temperatur der Flüssigkeit, desto schneller verdunstet die Flüssigkeit.
Versuch 3 2 BE
Wasser im Teller bei starkem Luftzug verdunstet schneller
Je schneller der gebildete Dampf weggeführt wird, desto schneller verdunstet die Flüssigkeit.

2 BE

b) Versuch 1
Je größer die Oberfläche der Flüssigkeit, desto mehr Teilchen können aus der Oberfläche heraustreten.
Versuch 2
Je größer die Temperatur der Flüssigkeit, desto schneller bewegen sich die Teilchen und können aus der Oberfläche heraustreten.
Versuch 3
Wird der gebildete Dampf weggeführt wird, können die Teilchen nicht wieder in die Flüssigkeit hineintreten.

3 BE

c) Beispiele
Versuch 1
Flache Pfützen verdunsten schneller
Versuch 2
Bei hohen Temperaturen trocknet die Wäsche schneller
Versuch 3
Wind trocknet die Wäsche schneller. 3 BE

Lösung 32.2.08.1 „Druck – Sache“ (10 BE)

a) $h_r = 4cm \qquad p_l = 2 \cdot p_r$

Da ein U-Rohr an allen Stellen den gleichen Querschnitt hat, muss auch die Höhe auf der linken Seite doppelt so groß sein. $h_l = 8cm$ √√

$\Rightarrow \quad p_r = \rho \cdot g \cdot h = 1000\frac{kg}{m^3} \cdot 10\frac{m}{s^2} \cdot 0{,}04m = 400Pa \qquad p_l = 800Pa$ √√√

$\Rightarrow \quad \Delta p = 400Pa = \frac{3}{2}$ Skt $\quad \Rightarrow$ 1Skt. = 267 Pa √√ 7 BE

b) Dieses Druckmessgerät funktioniert auch auf dem Mond. √

$$\Delta p = \rho \cdot g \cdot \left(h_l - h_r\right)$$

In dieser Gleichung würde sich auf dem Mond nur g ändern und damit der Druckunterschied. Die Messmethode würde aber funktionieren. √√ 3 BE

Lösung 32.2.08.2 „Abkühlung“ (10 BE)

a) Die zum Schmelzen von Eis benötigte Wärme wird dem Wasser entzogen. Dabei kühlt sich das Wasser ab. Das vollständig geschmolzene Eis erwärmt sich auf 18°C, indem es Wärme dem Wasser entzieht. √√√√ 4 BE

b) Geg.: $V_W = 10l \rightarrow m_W = 10kg \qquad \vartheta_W = 30°C \qquad \vartheta_m = 18°C \qquad \vartheta_E = 0°C$

$q_s = \frac{334kJ}{kg} \quad c_W = 4{,}19\frac{kJ}{kg \cdot K} \qquad c_E = 2{,}09\frac{kJ}{kg \cdot K} \qquad \Delta T_E = 18K \qquad \Delta T_W = 12K$

Ges.: m_E in g

Lös.: $Q_{auf} = Q_{ab}$ √ $Q + Q_s = Q_w$ √ $c_E \cdot m_E \cdot \Delta T_E + q_E \cdot m_E = c_W \cdot m_W \cdot \Delta T_W$ √√

$m_E = \frac{c_W \cdot m_W \cdot \Delta T_W}{c_E \cdot \Delta T_E + q_s}$ √ $\qquad m_E = 1{,}35kg$

√

Die volle Punktzahl ist nur zu erteilen, wenn auch die Einheiten betrachtet wurden!

6 BE

Lösung 32.2.08.1 „Brennpunkt gesucht“ (10 BE)

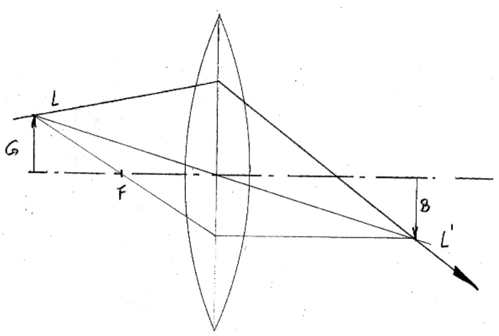
Man zeichnet einen beliebigen Gegenstand G ein. √ Zeichnung √ √ √

Von der Spitze des Gegenstandes zeichnet man einen Mittelpunktstrahl. Wo dieser Strahl L` schneidet entsteht das Bild B. √√

Durch die Spitze von B zeichnet man einen Parallelstrahl bis zur Linsenebene. √

Auf der anderen Seite der Linse muss jetzt der gebrochene Strahl durch die Spitze von G verlaufen. Da es sich dabei um einen Brennpunktstrahl handelt, ist der Schnittpunkt dieses Strahls mit der optischen Achse der Brennpunkt. √√

Brennweite gemessen: g = 4,3 cm √



10 BE

Lösung 32.2.08.4 „Winterfreuden“ (10 BE)

a) Hangabtriebskraft auf den Schlitten: 5 BE

$\frac{F_H}{F_G} = \frac{h}{l}$ $\quad F_H = \frac{h}{l} \cdot F_G$ $\quad F_H = \frac{18m}{100m} \cdot 50N = 9N$ √ √ √

Zum hangaufwärts ziehen muss die Hangabtriebskraft und die Reibungskraft überwunden werden:

$F = F_H + F_R$= 9 N +10 N = 19 N √ √

b) Max muss zusätzlich noch seine Hangabtriebskraft überwinden, so gilt: 3 BE

$\frac{F_H}{F_G} = \frac{h}{l}$ $\quad F_H = \frac{18m}{100m} \cdot 450N = 81N$ √ √

$F_{ges} = F_{HMax} + F_{HSchlitten} + F_R = 81N + 9N + 10N = 100N$ √

$W = F_{ges} \cdot s = 100N \cdot 100m = 10000J = 10kJ$

c) Max poliert die Kufen, um die Reibungskraft zwischen den Kufen und dem Schnee zu verringern. √ √ 2 BE

32. Physikolympiade des Landes Thüringen 2022/2023

Klassenstufe 9

Lösungen der 2. Runde

Lösung 32.2.09.1 — Flugzeuge (10 BE)

a) $v_1 = \frac{s}{t} = 320\,\text{kmh}^{-1}$ ✓ $\qquad v_2 = \frac{s}{t - 0{,}5h} = 625\,\text{kmh}^{-1}$ ✓✓

$320\,\text{kmh}^{-1} \cdot t = 625\,\text{kmh}^{-1} \cdot (t - 0{,}5h)$, $\quad t = 1{,}025h$ ✓✓

b) $s_1 = 320\,\text{kmh}^{-1} \cdot 1{,}025h = 328\,\text{km}$ oder $s_2 = 625\,\text{kmh}^{-1} \cdot (1{,}025h - 0{,}5h) = 328\,\text{km}$ ✓✓

c) zeichnerische Lösung und Überprüfung der berechneten Ergebnisse ✓✓

d) z.B. Fliegen in unterschiedlichen Höhen ✓

Lösung 32.2.09.2 — Stoßfugen (10 BE)

Volumen des Zwischenraumes bei 5°C: $V_1 = 1\,\text{cm} \cdot 10\,\text{cm} \cdot 20\,\text{cm} = 200\,\text{cm}^3$ ✓

Breite des Zwischenraumes bei 30°C: $\Delta l = 10\,\text{m} \cdot 1{,}2 \cdot 10^{-5}\,\text{K}^{-1} \cdot 25\,\text{K} = 3\,\text{mm}$ ✓✓

$l_2 = 10\,\text{mm} - 3\,\text{mm} = 7\,\text{mm}$ ✓

Volumen des Zwischenraumes bei 30°C: $V_2 = 0{,}7\,\text{cm} \cdot 10\,\text{cm} \cdot 20\,\text{cm} = 140\,\text{cm}^3$ ✓✓

Teervolumenbei 30°C: $V_3 = 200\,\text{cm}^3\,(1 + 25\,\text{K} \cdot 5{,}5 \cdot 10^{-4}\,\text{K}^{-1}) = 202{,}8\,\text{cm}^3$ ✓✓✓

Es quellen heraus: $V_3 - V_2 = 62{,}8\,\text{cm}^3$ ✓

Lösung 32.2.09.3 — Schaltbilder (10 BE)

a) Skizze des Widerstandsquadrates ✓ $\frac{1}{R_{ges}} = \frac{1}{2R} + \frac{1}{2R} = \frac{1}{40\,\Omega} + \frac{1}{40\,\Omega}$, $R_{ges} = 20\,\Omega$ ✓✓

b) $\frac{1}{R_{ges}} = \frac{1}{3R} + \frac{1}{R}$, $R_{ges} = 15\,\Omega$ ✓✓

c) Parallelschaltung von 20Ω und 40Ω und 40Ω, $R_{ges} = 10\,\Omega$ ✓✓

d) Schaltskizze (z.B. Reihenschaltung zweier Widerstände und Parallelschaltung der anderen beiden Widerstände.) ✓ $\quad R_{ges} = 2R + R/2$, $R_{ges} = 50\,\Omega$ ✓✓

Lösung 32.2.09.4 — Winkelspiegel (10 BE)

Die Einfallslote stehen senkrecht auf den Spiegeln und bilden mit diesen zusammen ein Viereck. ✓
Die Winkelsumme im Viereck beträgt 360°. Von dem Viereck sind bekannt zwei rechte Winkel und der 45° Winkel zwischen den beiden Spiegeln. ✓✓
Damit ist der Winkel zwischen den Einfallsloten 135°. ✓
Die Einfallslote bilden mit dem Strahl, der von einem zum anderen Spiegel verläuft, ein Dreieck. Die Innenwinkelsumme im Dreieck beträgt 180°, ✓ also ist die Summe des einen Einfallswinkels und des anderen Reflexionswinkels 45°. ✓✓ Dabei ist egal, wie groß jeder einzelne Winkel ist, wichtig ist die Summe der beiden. Die Summe der beiden Einfalls- und Reflexionswinkel ist dann doppelt so groß, also 90°. ✓✓
Damit ergibt sich dann für den Winkel zwischen dem einfallenden Strahl und dem „ausfallenden“ Strahl ein Winkel von 90°. ✓

32. Physikolympiade des Landes Thüringen 2022/2023

Klassenstufe 10

Lösungen der 2. Runde

Lösung 32.2.10.1 „Warme Milch“ (10 BE)

a) Milch besteht zu großen Anteilen aus Wasser ✓ — 1 BE

Füllstand des Glases: $V = \pi \cdot r_i^2 \cdot h$ ✓ $\rightarrow h = \frac{V}{\pi \cdot r_i^2} = \frac{200\ cm^3}{\pi \cdot (5{,}4\ cm:2)^2} = 8{,}73\ cm$ ✓ — 2BE

Glasvolumen: $V_G = V_{Boden} + V_{Mantel} = \pi \cdot r_a^2 \cdot d + 2\pi \cdot h \cdot (r_a^2 - r_i^2)$ ✓ — 1BE

$= \pi \cdot (3\ cm)^2 \cdot 0{,}3\ cm + \pi \cdot 8{,}73\ cm \cdot ((3\ cm)^2 - (2{,}7\ cm)^2) = 55{,}4\ cm^3$ ✓ — 1BE

Notwendige Wärme: $Q = Q_{Milch} + Q_{Glas} = m_{Milch} \cdot c_{Milch} \cdot \Delta T + m_{Glas} \cdot c_{Glas} \cdot \Delta T$ ✓ — 1BE

$= \left(0{,}2\ kg \cdot 4{,}19\ \frac{kJ}{kg \cdot K} + 0{,}0025\ \frac{kg}{cm^3} \cdot 55{,}4\ cm^3 \cdot 0{,}72\ \frac{kJ}{kg \cdot K}\right) \cdot 92\ K = 86{,}3\ kJ$ ✓ — 1BE

Wirkungsgrad: $\eta = \frac{Q_{nutz}}{Q_{zu}} = \frac{Q_{nutz}}{P \cdot t} = \frac{86300\ J}{1200\ W \cdot 90\ s} = 0{,}80$ ✓ — 1BE

b) z.B. tatsächlich ist die Dichte/ die Wärmekapazität von Milch geringer als die von Wasser, dadurch ist die notwendige Wärme etwas geringer und damit der Wirkungsgrad kleiner. ✓✓ — 2 BE

Lösung 32.2.10.2 „Rettende Spur“ (10 BE)

Neigung der Straße: $\tan \alpha = 0{,}1 \rightarrow \alpha = 5{,}71°$ ✓ — 1BE

Beschleunigende Kraft auf der Straße:

$F_{Besch} = F_H - F_R = F_H - \mu_R \cdot F_N = m \cdot g \cdot \sin \alpha - \mu_R \cdot m \cdot g \cdot \cos \alpha$ ✓

$$= 20000\ kg \cdot 9{,}81\ \frac{m}{s^2} \cdot \sin 5{,}71° - 0{,}002 \cdot 20000\ kg \cdot 9{,}81\ \frac{m}{s^2} \cdot \cos 5{,}71°$$

$$= 19130\ N$$ ✓ — 2BE

Geschwindigkeit beim Einfahren in die Notfallspur:

$$v = a \cdot t + v_0 = \frac{F}{m} \cdot t + v_0 \checkmark = \frac{19130\ N}{20000\ kg} \cdot 5\ s + \frac{50}{3.6}\ \frac{m}{s} = 18{,}67\ \frac{m}{s} \checkmark$$ — 2BE

Neigung der Notfallspur: $\tan \beta = 0{,}04 \rightarrow \beta = 2{,}29°$ ✓ — 1BE

bremsende Kraft auf der Notfallspur:

$F_{Brems} = F_H + F_R = F_H + \mu_R \cdot F_N = m \cdot g \cdot \sin \beta + \mu_R \cdot m \cdot g \cdot \cos \beta$ ✓

$$= 20000\ kg \cdot 9{,}81\ \frac{m}{s^2} \cdot \sin 2{,}29° + 0{,}05 \cdot 20000 kg \cdot 9{,}81\ \frac{m}{s^2} \cdot \cos 2{,}29°$$

$$= 17641\ N$$ ✓ — 2BE

notwendige Länge der Notfallspur:

$$t = \frac{v}{a} \text{ und } s = \frac{a}{2} t^2 \Rightarrow s = \frac{v^2}{2a} = \frac{v^2 \cdot m}{2 \cdot F} \checkmark = \frac{\left(18{,}67\ \frac{m}{s}\right)^2 \cdot 20000\ kg}{2 \cdot 17641\ N} = 197{,}6\ m \checkmark$$ — 2BE

Lösung 32.2.10.3 „Lange Leitung“ (10BE)

a) mit Originalleitung: $P_{ges,alt} = U \cdot I = \frac{U^2}{R_{ges,alt}}$ ✓ $\Rightarrow R_{ges,alt} = \frac{U^2}{P} = \frac{(230V)^2}{1000W} = \underline{52{,}90\Omega}$ ✓ — 5 BE

ohne Leitung: $R_{Kochplatte} = R_{ges,alt} - 2 \cdot \rho_{Cu} \cdot \frac{\ell}{A} = 52{,}9\Omega - 2 \cdot 0{,}0172\ \frac{\Omega \cdot mm^2}{m} \cdot \frac{1m}{0{,}75mm^2} = \underline{52{,}854\Omega}$ ✓

nach Umbau: $R_{ges,neu} = R_{Kochplatte} + 2 \cdot \rho_{Cu} \cdot \frac{\ell_{neu}}{A_{neu}} = 52{,}854\Omega + 2 \cdot 0{,}0172\ \frac{\Omega \cdot mm^2}{m} \cdot \frac{5m}{1{,}5mm^2} =$

$\underline{52{,}969\Omega}$ ✓

$$\underline{P_{ges,neu}} = \frac{U^2}{R_{ges,neu}} = \frac{(230V)^2}{52{,}97\Omega} = \underline{998{,}70W} \checkmark$$

b) Von der Gesamtleistung muss der Anteil, der auf die Zuleitung entfällt, abgezogen werden. Durch die Reihenschaltung von Kochplatte und Zuleitung ergibt sich: — 5 BE

$$I_{alt} = \frac{U}{R_{ges,alt}} = \frac{230V}{52{,}900\Omega} = \underline{4{,}348A} \qquad P_{Kochplatte,alt} = R_{Kochplatte} \cdot I_{alt}^{\ 2} = 52{,}854\Omega \cdot (4{,}348A)^2 = \underline{\underline{999{,}21W}}$$

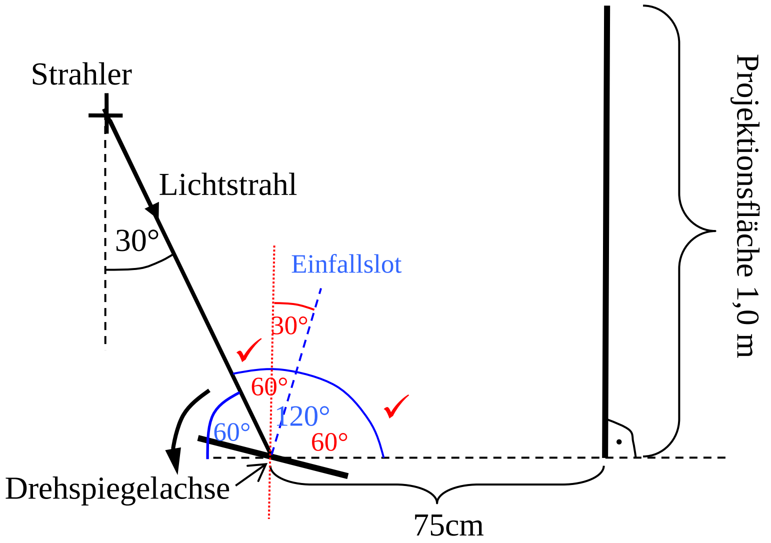
$$I_{neu} = \frac{U}{R_{ges,neu}} = \frac{230V}{52{,}969\Omega} = \underline{4{,}342A} \qquad P_{Kochplatte,neu} = R_{Kochplatte} \cdot I_{neu}^{\ 2} = 52{,}854\Omega \cdot (4{,}342A)^2 = \underline{\underline{996{,}45W}}$$

$$\frac{999{,}21W}{100\%} = \frac{999{,}21W - 996{,}45\,W}{\Delta p} \Rightarrow \Delta p = \underline{\underline{0{,}28\%}}$$

Die Kochplatte ist mit dem neuen Anschlusskabel 0,28 % weniger leistungsfähig als vorher. Man sollte den Unterschied im Betrieb also kaum merken.

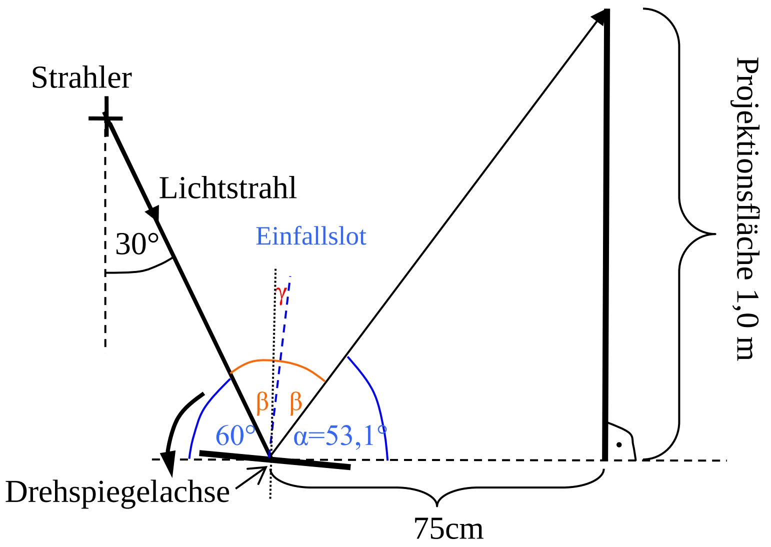
Lösung 32.2.10.4 „Der springende Punkt“ (10 BE)

a) Für das Auftreffen auf den untersten Punkt der Projektionsfläche gilt: 9 BE



Der Drehspiegel muss so stehen, dass der 120°-Winkel halbiert wird. Dies ist der Fall, wenn das Einfallslot 30° nach oben rechts geneigt ist.

Für das Auftreffen auf den obersten Punkt der Projektionsfläche gilt:



1.) $\tan\alpha = \frac{1{,}0m}{0{,}75m} \Rightarrow \underline{\alpha = 53{,}1°}$ 2.) $\underline{\beta} = \frac{180° - 60° - \alpha}{2} \underline{\approx 33{,}5°}$

3.) Neigungswinkel des Einfallslotes: $\underline{\gamma} = 90° - \alpha - \beta = \underline{3{,}4°}$ nach oben rechts.

Für die Sekunde der Projektion auf dem Schirm muss somit der Spiegel einen Winkel von 30°-3,4° = 26,6° überstreichen. Damit erhält man für eine Umlaufdauer: $\frac{26{,}6°}{1s} = \frac{360°}{T} \Leftrightarrow \underline{T} = \frac{360°}{26{,}6°} \cdot 1s = \underline{13{,}5s}$

Für die Drehzahl n erhält man: $\underline{\underline{n}} = \frac{60s}{13{,}5s} \frac{1}{\min} = \underline{\underline{4{,}4 \frac{1}{\min}}}$ (4,4 Umdrehungen pro Minute)

b) Der Auftreffpunkt nach 0,5s müsste <u>etwas geringer als 50cm vom untersten Auftreffpunkt</u> der Projektionsfläche sein. (Begründung: Je weiter oberhalb der Strahl auf den Schirm trifft, desto mehr Weg legt er pro weiterem Drehwinkelgrad des Spiegels auf dem Schirm zurück. Die Strecke auf der Tangente nimmt tangensförmig zum Winkel bzw. der verstrichenen Zeit zu.) 1 BE

Lösung 32.2.11.1 „Radler“ (10 E)

a) Hauptgegenkraft ist die Luftwiderstandskraft, die quadratisch mit der Geschwindigkeit wächst. 8 BE

Ansatz: Energie $E = E`$

$$F \cdot s = F` \cdot s`$$

$$\left(\frac{1}{2} \cdot c_W \cdot A \cdot \rho_L \cdot (v)^2\right) \cdot s = \left(\frac{1}{2} \cdot c_W \cdot A \cdot \rho_L \cdot (v`)^2\right) \cdot s` \quad \text{mit} \quad v = \frac{s}{t} \text{ und } t` = t + \Delta t$$

$$\left(\frac{s}{t}\right)^2 \cdot s = \left(\frac{s`}{t+\Delta t}\right)^2 \cdot s`$$

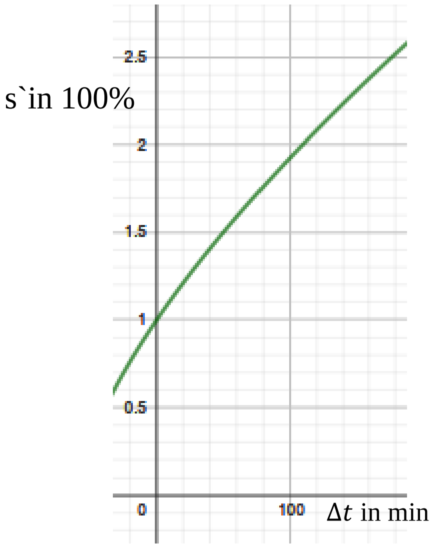
$$\left(\frac{s`}{s}\right)^3 = \left(\frac{t+\Delta t}{t}\right)^2 \quad \text{mit t=60min}$$

$$s` = s \cdot \sqrt[3]{\left(\frac{t+\Delta t}{t}\right)^2} = s \cdot \sqrt[3]{\left(\frac{60min+10min}{60min}\right)^2} = s \cdot 1{,}11$$

Er kommt 11% weiter.

b) Bei halber Geschwindigkeit benötigt man die doppelte Zeit und kommt mit $s` = s \cdot 1{,}59$ also 59% weiter. 1 BE

c) 1 BE



Lösung 32.2.11.2 „Aufgespultes“ (10 BE)

a) Der elektrische Widerstand einer Spule ist abhängig vom OHMSCHEN Widerstand des Spulendrahtes, der anliegenden Wechselspannungsfrequenz f und der Induktivität L.

Es gilt $Z = \sqrt{R^2 + 4\pi^2 f^2 L^2}$.

Im zweiten Teilversuch werden sowohl die Frequenz als auch die Induktivität verändert. Dies bewirkt eine Änderung der Impedanz Z. $Z_1 = 2{,}5\ \Omega$, $Z_2 = 500\ \Omega$ 3 BE

b) Gesucht ist der OHMSCHE Widerstand der Spule. Gegeben sind nur Wechselspannungsgrößen, demnach wird das folgende Gleichungssystem gelöst:

$$\begin{cases} R = \sqrt{Z_1^{\ 2} - 4\pi^2 f_1^{\ 2} L_0^{\ 2}} \\ R = \sqrt{Z_2^{\ 2} - 4\pi^2 f_2^{\ 2} \cdot \mu^2 \cdot L_0^{\ 2}} \end{cases} \rightarrow L = \sqrt{\frac{\frac{U_2^2}{I_2^2} - \frac{U_1^2}{I_1^2}}{4\pi^2\left(\mu^2 f_2^2 - f_1^2\right)}} \quad \text{4 BE}$$

$$\underline{\underline{L_0 = 0{,}2\ mH \quad R = 2{,}16\Omega}}$$

c) $R=\rho_{Cu}\cdot\frac{\ell}{A}$ $A=\frac{\pi}{4}\cdot d_{Draht}^2$ → $\underline{\underline{\ell=4{,}07\,m}}$ ✓

$u_{Spule}=2\pi\cdot r_{Spule}=\underline{0{,}0314\,m}$

$n=\frac{\ell}{u}\approx\underline{\underline{130}}$ ✓ 3 BE

$\ell_{Spule}=n\cdot d_{Draht}=0{,}0259\,m\approx\underline{\underline{2{,}6\,cm}}$ ✓

Lösung 32.2.11.3 „Wasserbottich“ (10 BE)

$V_{Stahl}=d(lb+2lh+2bh)=4600\,cm^3$ $m_{Stahl}=36{,}1kg$ ✓ 1 BE

$V_{Wasser+Eis}=l\cdot b\cdot\frac{2}{3}h=200dm^3$ $m_{Wasser+Eis}=200kg$ ✓ 1 BE

$V_{0°CEis}=lb\cdot 2cm=0{,}01m^3$ $m_{0°CEis}=9{,}2kg$ ✓✓ 2 BE

$m_{0°CWasser}=190{,}8kg$ ✓ 1 BE

$Q_{auf}=Q_{Wasser/gesamt}+Q_{Schmelz/Eis}+Q_{Behälter}\rightarrow\underline{\underline{Q_{auf}\approx 24{,}4\,MJ}}$ ✓✓ 2 BE

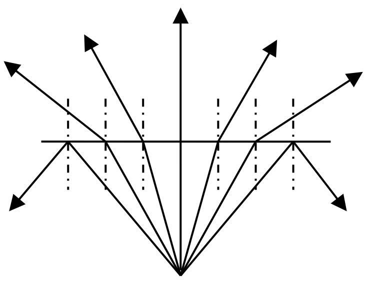
$Q_{zu}=m_{Dampf}(q_V+c_{Wasser}\cdot 75K)$ ✓

$0{,}75\cdot Q_{zu}=Q_{auf}$ ✓ 3 BE

$\underline{\underline{m_{Dampf}\approx 12{,}6kg}}$ ✓

Lösung 32.2.11.4 Durchblick (10 BE)

a) Skizze



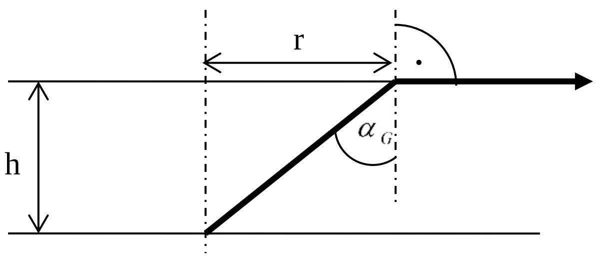
3 BE

b) Die <u>kreisförmige</u> Form ergibt sich aus der <u>Totalreflexion</u> und der <u>Rotationssymmetrie</u> der Brechnung. 3 BE

c) $\sin\alpha_G=\frac{1}{n_W}$

$\alpha_G=48{,}75°$ 4 BE

$r=h\cdot\tan\alpha_G=2{,}05\,m$



32. Physikolympiade des Landes Thüringen 2022/2023

Klassenstufe 12

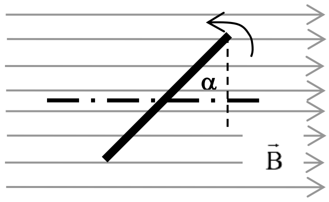
Lösungen der 2. Runde

Lösung 32.2.12.1 „Fahrraddynamo“ (10 BE)

a) Nach der Abbildung gilt

$$U_0(t) = -N \cdot \dot{\Phi} = -N \cdot B \cdot \frac{\mathrm{d}A}{\mathrm{d}t} = -N \cdot B \cdot \frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t} A_0 \cdot \sin(\omega \cdot t)$$

$$U_0(t) = -N \cdot B \cdot A_0 \cdot \omega \cdot \cos(\omega \cdot t) \quad \text{mit} \quad \omega = 2 \cdot \pi \cdot n_0$$



2 BE

Der Effektivwert der Spannung ist

$$U_{\mathrm{eff},0} = \frac{\hat{U}_0}{\sqrt{2}} = \frac{N \cdot B \cdot A_0 \cdot 2 \cdot \pi \cdot n_0}{\sqrt{2}} = 14\ \mathrm{V}$$

1 BE

b)
$$I = \frac{U_{\mathrm{eff}}}{Z} = \frac{N \cdot B \cdot A_0 \cdot 2 \cdot \pi \cdot n}{\sqrt{2} \cdot \sqrt{R_{ges}^{\ 2} + (2 \cdot \pi \cdot n \cdot L)^2}}$$

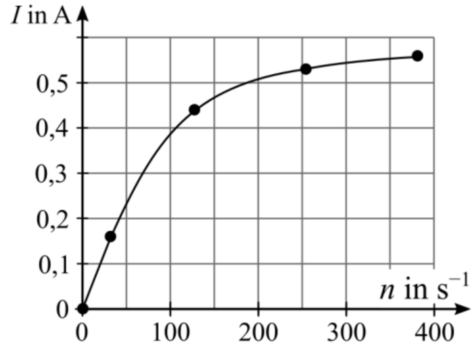
mit $R_{\mathrm{ges}} = R_0 + \frac{R_{\mathrm{L1}} \cdot R_{\mathrm{L2}}}{R_{\mathrm{L1}} + R_{\mathrm{L2}}} = 21{,}0\ \Omega$,

mit $R_{\mathrm{L1}} = \frac{6\mathrm{V}}{0{,}1\mathrm{A}} = 60\ \Omega$ und $R_{\mathrm{L2}} = \frac{6\mathrm{V}}{0{,}4\mathrm{A}} = 15\ \Omega$

Es folgen die in der Tabelle gezeigten Werte und das Diagramm.

3 BE

n	U_0 in V	X_L in Ω	Z in Ω	I in A
$n_0 = 127\ \mathrm{s}^{-1}$	14	24	31,9	0,44
$n_0/4$	3,5	6,0	21,8	0,16
$2\ n_0$	28	48	52,4	0,53
$3\ n_0$	42	72	75,0	0,56

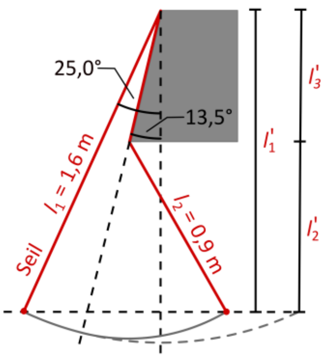


3 BE

c) Im Bereich größerer Drehzahlen ändern sich die Stromstärke in Abhängigkeit der Drehzahl nur gering. Die Lampen werden bei Erhöhung der Drehzahl kaum überlastet. Die Lichtanalage ist für den praktischen Betrieb gut geeignet. 1 BE

Lösung 32.2.12.2 „Ein Pendel auf dem Mond“ (10 BE)

a) Für die Pendel mit den Längen l_1 und l_2 berechnen Sie die Periodendauern im ungehemmten Fall als $T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{l_1}{g_M}} = 6{,}244$ s und $T_2 = 4{,}683$ s.



2 BE

Da die Hemmung nicht genau in der Gleichgewichtslage angebracht ist, gilt **nicht** die Formel $T_{\mathrm{ges}} = \frac{1}{2} \cdot (T_1 + T_2)$.

Zeit Δt_1:

Für die Bewegung des langen Pendels gilt $\alpha_1(t) = \hat{\alpha}_1 \cdot \sin\left(\omega_1 \cdot t_1 - \frac{\pi}{2}\right)$.

Es wird bei $t_1 = 0$ im linken Umkehrpunkt bei losgelassen und pendelt bis zur Aufhängung bei $\alpha_1(t_1') = -13{,}5°$. Es erreicht diese Position zum Zeitpunkt $t_1' = \left[\arcsin\left(\frac{\alpha_1(t_1')}{\hat{\alpha}_1}\right) + \frac{\pi}{2}\right] \cdot \frac{T_1}{2\pi} = 0{,}994\ \mathrm{s} = \Delta t_1$.

1 BE

Zeit Δt_2:

Für die Bewegung des kurzen Pendels muss zunächst die Amplitude $\hat{\alpha}_2$ bestimmt werden. Dies erfolgt mit Hilfe des Energieerhaltungssatzes, denn das Pendel muss auf der rechten Seite in die gleiche Höhe schwingen, wie beim Start auf der linken Seite.

Aus der Skizze entnimmt man die Beziehungen $l_1' = l_1 \cdot \cos\hat{\alpha}_1$, $l_2' = l_2 \cdot \cos\hat{\alpha}_2$ und $l_3' = l_3 \cdot \cos 13{,}5°$ sowie $l_1' = l_2' + l_3'$. Dabei ist $l_3 = 0{,}7$ m. Man erhält

$\hat{\alpha}_2 = \arccos\left(\frac{l_1' - l_3'}{l_2}\right) = \arccos\left(\frac{0{,}769\mathrm{m}}{0{,}9\ \mathrm{m}}\right) = 31{,}25°$. 2 BE

Hinweis: Die Amplitude lässt sich auch aus einer maßstäblichen Skizze ablesen, dann sollte aber nur 1 BE (von 2BE) erteilt werden.

Für die Bewegung des kurzen (ungehemmten) Pendels soll gelten $\alpha_2(t) = \hat{\alpha}_2 \cdot \sin\left(\omega_2 \cdot t_2 - \frac{\pi}{2}\right)$. 1 BE

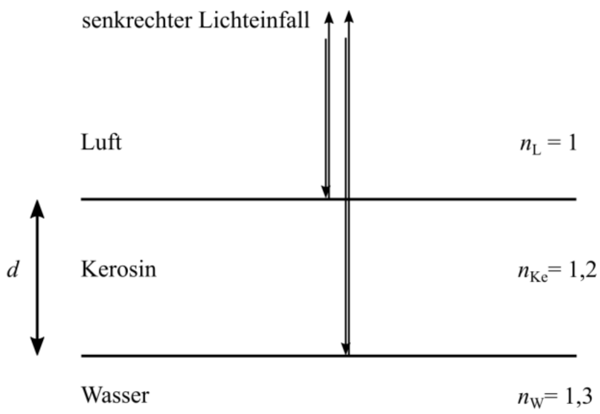
Würde das kurze Pendel zum Zeitpunkt $t_2 = 0$ im linken Umkehrpunkt starten, würde es die Auslenkung $\alpha_2 = -13{,}5°$ zum Zeitpunkt $t_2' = \left[\arcsin\left(\frac{\alpha_2(t_2')}{\hat{\alpha}_2}\right) + \frac{\pi}{2}\right] \cdot \frac{T_2}{2\pi} = 0{,}838$ s erreichen. Das Pendel benötigt ab dieser Position bis zum rechten Umkehrpunkt die Zeit $\Delta t_2 = \frac{T_2}{2} - t_2' = 1{,}50$ s. 1 BE 1 BE

Nun gilt für die Periodendauer des „Mondpendels" $T_{\text{ges}} = 2 \cdot (\Delta t_1 + \Delta t_2) = 5{,}0$ s.

b) Die Periodendauer ist deutlich länger als auf der Erde. 2 BE
Die Bewegung erfolgt nahezu ungedämpft.

Lösung 32.2.12.3 „Kerosin" (10 BE)

Reflexion Luft → Kerosin Phasensprung um λ/2 3 BE
Reflexion Kerosin → Wasser Phasensprung um λ/2
→ Phasensprünge heben sich auf! 2 BE



Gangunterschied $\Delta g = 2 \cdot n_{\text{Ke}} \cdot d$
(optischer Lichtweg)

$\Delta g = k \cdot \lambda$
(Bedingung für Verstärkung)

$2 \cdot n_{\text{Ke}} \cdot d = k \cdot \lambda$

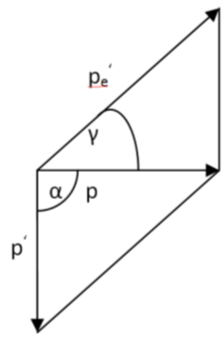
Schichtdicke $d = \frac{k \cdot \lambda}{2 \cdot n_{Ke}}$ 3 BE

3BE

$k = 1$ $d_1 = 2{,}25 \cdot 10^{-7}$ m
$k = 2$ $d_2 = 4{,}5 \cdot 10^{-7}$ m
$k = 3$ $d_3 = 6{,}75 \cdot 10^{-7}$ m 2 BE

Lösung 32.2.12.4 „Compton-Effekt" (10 BE)

a) Begründung über Thales-Kreis der Abschirmung $\alpha = 90°$. 1 BE



$\Delta\lambda = \lambda_C \cdot (1 - \cos\alpha) \quad \rightarrow \Delta\lambda = \lambda_C$
$E_\gamma = h \cdot f = \frac{h \cdot c}{\lambda} \quad \rightarrow \quad \lambda = \frac{h \cdot c}{E_\gamma} = 2{,}08 \cdot 10^{-11}$ m
$\lambda' = \lambda + \Delta\lambda = \lambda + \lambda_C = 2{,}32 \cdot 10^{-11}$ m
$E_\gamma' = 8{,}54 \cdot 10^{-15}$ J ≈ 53,3 keV 3 BE

b) $p = \frac{h}{\lambda}$ $\qquad p' = \frac{h}{\lambda'}$
$p = 3{,}18 \cdot 10^{-23}$Ns $\qquad p' = 2{,}85 \cdot 10^{-23}$Ns

Aus der Abbildung folgt
$\tan\gamma = \frac{p}{p'} \quad \rightarrow \quad \gamma \approx 42°$ 2 BE

c) Relativistische kin. Energie der Elektronen
$E_{\text{kin,e'}} = E_\gamma - E_\gamma' = 6{,}2 \text{ keV} = 9{,}94 \cdot 10^{-16}$ J

$$E_{\text{kin,e'}} = (m - m_0) \cdot c^2 = m_0 \cdot c^2 \cdot \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - 1\right)$$

Umstellen nach v oder Lösen mit dem CAS liefert 2 BE
$v \approx 4{,}63 \cdot 10^7$ m/s ≈ 0,15c

d) Wenn Registrierung, dann $p_e' \perp$ zu $p \rightarrow p' > p$! Unmöglich! 2 BE