29. PHYSIKOLYMPIADE DES LANDES THÜRINGEN 2019/2020
Lösungen 1.Runde - **KLASSENSTUFE 7** -

*Hinweis: Hier sind in Kurzform Lösungs**vorschläge** angegeben, die sich auf die Aufgabenstellungen beziehen. Die endgültige Entscheidung über die Vergabe der Punkte trifft im Zweifelsfall der korrigierende Physiklehrer selbst. Achten Sie bitte auf korrekten sprachlich- physikalischen Ausdruck der Schüler.*
Wichtig!
Gerade in der Klassenstufe 7 sollten die korrigierenden Fachkollegen in der Bewertung bitte beachten, dass die Schüler in der Regel keine physikalischen Vorkenntnisse besitzen, aber Dank des Werkunterrichts in der Grundschule und im Fach MNT am Gymnasium, persönlicher Erfahrungen und der zur Verfügung stehenden Hilfsmittel – insbesondere der Internetangebote – in eigenständiger Arbeit zur Lösung finden sollen und können.
Es zählt hier die individuelle Bereitschaft zum erfolgreichen Forschen in Natur und Technik!

Lösung 29.1.07.1 (10 Punkte)

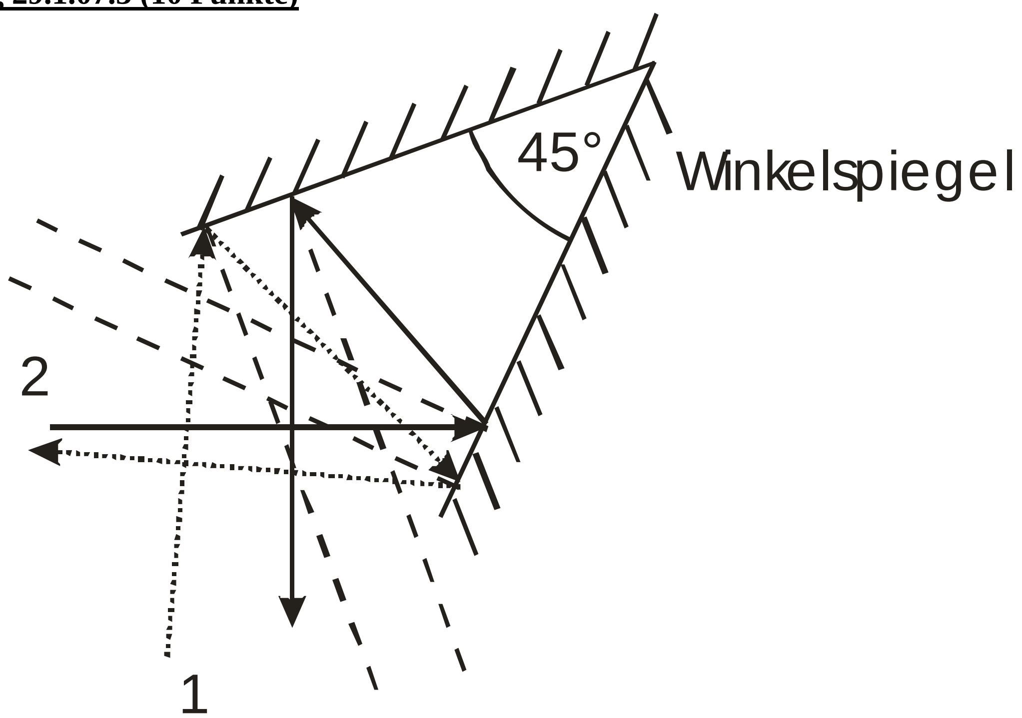
7.1.1	Versuchsaufbau	3 BE
.	Massen der Dosen fast gleich	1 BE
7.1.2	Versuchsdurchführung -10 Messwerte jeweils	1 BE
.	- Durchschnitt bilden	1 BE
7.1.3	Dose mit Wasser ist eindeutig schneller, Erklärung:	1 BE
.	E_{pot} wird in E_{kin} der geradlinigen Bewegung und E_{rot} der Dose umgewandelt $E_{pot}= E_{kin}+ E_{rot}$	1 BE
	Dose mit Wasser: Wasser „ruht“ in der Dose => E_{pot} wird fast vollständig in E_{kin} umgesetzt => Dose	1 BE
	schneller (Reibung gering)	1 BE
	Dose mit festen Stoffen: Es muss ein großer Teil der E_{pot} in E_{rot} umgewandelt werden => E_{kin} kleiner=> Dose langsamer	
	Die Punkte können auch vergeben werden, wenn die Schüler sinngemäß, ohne Nutzung der Fachbegriffe argumentieren.	

Aufgabe 29.1.07.2 (8 Punkte)

7.2.1	Experimentieranordnung☑ (mindestens zwei Fotos an unterschiedlichen Tagen) ☑☑	3 BE
	Die Waage wird in ein (geringes) Ungleichgewicht geraten. ☑	5 BE
	Der Zweig, der im Wasser steht, saugt das Wasser an und verdunstet über die Blätter. ☑☑	
	Im anderen Becherglas gibt es weniger Verdunstung, da nur die Wasseroberfläche verdunstet und der Zweig keinen Wassernachschub erhält. ☑☑	

Lösung 29.1.07.3 (10 Punkte)

7.3.1.



		5BE
		1 BE
	Einfallender und doppelt reflektierter Strahl stehen immer senkrecht aufeinander.	
7.3.2.	Zeichnung	3 BE
	Ergebnis: einfallender und doppelt reflektierter Strahl verlaufen zueinander parallel.	1 BE

Lösung 29.1.07.4 (12 Punkte)

7.4.1 Skizze — 2 BE

7.4.2 $s = 50\,m + 16\,m + 14\,m + 50\,m = 130\,m$

$$t = \frac{s}{v} = \frac{130\,m}{3\,\frac{km}{h}} = \frac{130\,m}{0{,}833\,\frac{m}{s}} = 156\,s = 2\,min\,36\,s$$ — 3 BE

7.4.3 $s = v \cdot t = 85\,\frac{km}{h} \cdot 156\,s = 23{,}6\,\frac{m}{s} \cdot 156\,s = 3683\,m$ — 2 BE

7.4.4 $s = 14\,m + 50\,m = 64\,m$

$$t = \frac{s}{v} = \frac{64\,m}{3\,\frac{km}{h}} = \frac{64\,m}{0{,}833\,\frac{m}{s}} = 76\,s$$

$$s = v \cdot t = 85\,\frac{km}{h} \cdot 76{,}8\,s = 23{,}6\,\frac{m}{s} \cdot 76\,s = 1794\,m$$ — 4 BE

Er muss den Überholvorgang abbrechen. — 1 BE

29. PHYSIKOLYMPIADE DES LANDES THÜRINGEN 2019/2020
LÖSUNGEN 1.Runde - KLASSENSTUFE **8** -

Lösung 29.1.08.1 (10 Punkte)

Beschreibung der Beobachtung:
Ein Teil der Pfefferkörner schwimmt an der Oberfläche, ✓
aber einige Körner sinken und steigen (✓) solange genügend Kohlenstoffdioxid im Wasser gelöst ist. ✓

Erklärung:
Einige Pfefferkörner sinken zunächst nach unten, da die Gewichtskraft größer ist als die Auftriebskraft. ✓
Dabei bilden sich Kohlenstoffdioxidbläschen an den Pfefferkörnern(✓), so dass der Auftrieb zunimmt und die Pfefferkörner wieder
aufsteigen. (✓) Erreichen die Körner nun wieder die Oberfläche, platzen die Kohlenstoffdioxidbläschen (✓) und die Körner sinken wieder zu Boden. ✓
Der Vorgang wiederholt sich mehrmals, wird aber langsamer, da immer weniger Kohlenstoffdioxid im Wasser vorhanden ist. ✓✓

Lösung 29.1.08.2 (8 Punkte)

a) Hebelgesetz anwenden: $F_{Eimer} \cdot r_{Trommel} = F_{Kurbel} \cdot r_{Kurbel}$ ✓

$F_E = F_{GE} + F_{GW} = 15\ N + 100\ N = 115\ N$ ✓

$$F_K = \frac{F_E \cdot r_T}{r_K} = \frac{115N \cdot 6cm}{50cm} = 13{,}8N \ ✓✓$$

b) Reibung, Masse des Seils unberücksichtigt ✓✓

c) $W = F_E \cdot h = 115\ N \cdot 5m =$ <u>575 J</u> ✓✓

Lösung 29.1.08.3 (10 Punkte)

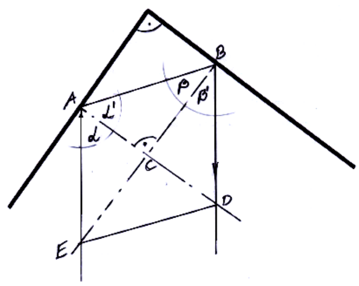
a) $W = F \cdot s$ $\quad F = F_H + F_R$ ✓ $\quad F_H = F_G \cdot \frac{h}{l} = m \cdot g \cdot \frac{h}{l}$ ✓✓ $\quad F_H = 1320N$ ✓

$W = (1320N + 120N) \cdot 500m = 720kJ$ ✓

b) $P = \frac{W}{t} = \frac{F \cdot s}{t} = F \cdot v$ ✓✓ $\quad v = \frac{P}{F_H + F_R}$ ✓ $\quad v = \frac{20000W}{1440N} = 13{,}9\frac{m}{s} = 50\frac{km}{h}$ ✓✓

Lösung 29.1.08.4 (12 Punkte)

a) Konstruktion der Strahlen und Benennung der Winkel. siehe Skizze ✓✓✓✓
(volle Punktzahl wird nur erteilt, wenn die Reflexionswinkel konstruiert wurden)



b) Der einfallende und der zweite reflektierte Strahl verlaufen parallel zueinander. ✓

c) An den Spiegeln gilt das Reflexionsgesetz.
Spiegel 1 $\alpha = \alpha'$ Spiegel 2 $\beta = \beta'$ ✓✓

Da die Einfallslote senkrecht aufeinander stehen gilt ✓

im Dreieck ABC $\alpha' + \beta = 90°$ √ $\Rightarrow$ $\alpha + \alpha' + \beta + \beta' = 180°$ ✓

Im Viereck ABDE handelt es sich dabei um benachbarte Winkel. ✓

$\Rightarrow$ Das Viereck ist ein Parallelogramm. ✓

$\Rightarrow$ Die Strecken $\overline{AE}$ (einfallender Strahl) und $\overline{DB}$ (zweiter reflektierter Strahl) sind parallel. ✓

Lösung 29.1.09.1 (10 Punkte) **glühend**

kalt: $R = \rho \frac{l}{A} = 0{,}055 \frac{\Omega\, mm^2}{m} \frac{0{,}8m}{0{,}0025\,\pi\, mm^2} = 5{,}6\,\Omega$

heiß: $I = \frac{P}{U} = \frac{50VA}{230V} = 0{,}217 \ldots A$ $also$ $R = \frac{U}{I} = \frac{230V}{0{,}217\ldots A} = 1058\Omega$ $oder$ $R = \frac{U^2}{P} = 1058\Omega$

Ursache: Erklärung mit Teilchenmodell oder Ohmsches Gesetz gilt nur für ϑ=const

$Kosten = 0{,}050kW \cdot 14 \cdot 24\text{h} \cdot \frac{25ct}{kWh} = 4{,}20€$

Lösung 29.1.09.2 (10 Punkte) **laufend**

l $\qquad\qquad$ $s_{B2} = 60S = v_B \cdot t_2$

$s_{B1} = 40S = v_B \cdot t_1$ $\qquad$ $v_L \cdot t_1$ $\qquad\qquad$ l $\qquad$ $v_L \cdot t_2$

$l - 40S = v_L \cdot t_1$ (I) $\qquad\qquad$ $l - 60S = -v_L \cdot t_2$ (II)

da v_B=konst., gilt $v_B = \frac{s_{B1}}{t_1} = \frac{s_{B2}}{t_2}$ $\qquad$ also $\frac{t_1}{t_2} = \frac{40S}{60S}$ $\qquad$ (III)

(I):(II) $\qquad \frac{l-40S}{l-60S} = \frac{v_L \cdot t_1}{-v_L \cdot t_2}$

(III) eins. $\qquad \frac{l-40S}{l-60S} = \frac{40S}{-60S}$ $\qquad$ auflösen führt auf l = 48S

Da l=36m folgt 1S=75cm

Lösung 29.1.09.3 (10 Punkte) ***dampfend***

geg: $m_W = 0{,}18\text{kg}$, $\qquad \vartheta_W = 15°C$, $\qquad \vartheta_{WD} = 100°C$, $\qquad q_V, c_W \Rightarrow$ TW

$$m_W \cdot c_W \cdot \Delta T_W = m_{WD} \cdot q_V \Rightarrow m_{WD} = \frac{m_W \cdot c_W \cdot \Delta T_W}{q_V} = \frac{0{,}18\text{kg} \cdot 4{,}19\frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{K}} \cdot 85\text{K}}{2260\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}}$$

$m_{WD} = 0{,}0284\text{kg} \Rightarrow m_{ges} = m_W + m_{WD} = 0{,}2084\text{kg}$

Es würden 0,0084 kg überlaufen, aber:

Volumenvergrößerung bei Erwärmung $\Rightarrow V = \gamma \cdot V_0 \cdot \Delta T_W = 1{,}8 \cdot 10^{-4} \frac{1}{K} \cdot 0{,}2084\, l \cdot 96\, K = 0{,}0036\, l$

(für γ bitte Werte des eigenen Tafelwerkes erlauben)

$V_{neu} = 0{,}2084\, l + 0{,}0036\, l = 0{,}2120\, l$ $\qquad \Rightarrow \qquad$ 0,012 l würden überlaufen

(Volumenvergrößerung der Tasse kann vernachlässigt werden, da der Längenausdehnungskoeffizient von Porzellan zwei Größenordnungen kleiner ist.)

Lösung 29.1.09.4 (10 Punkte) **blickend**

z.B. näherungsweise mit Strahlensatz: $\frac{Armlänge\ bei\ Überdeckung}{Daumenbreite} = \frac{Entfernung\ Erde\ Mond}{Durchmesser\ Mond}$ $also$ $\frac{x}{3cm} = \frac{384000km}{3476km}$ $also\ Armlänge\ 3{,}3m$

Begründung mit der „zu großen“ Armlänge
Skizze mit Mond und Beschriftung, Daumenbreite z.B. 0,6cm und Armlänge (hier 66cm) bei „gerade so“ Überdeckung liefert einen Monddurchmesser von 3500km

Lösung 29.1.10.1 (10 Punkte) Autostopp

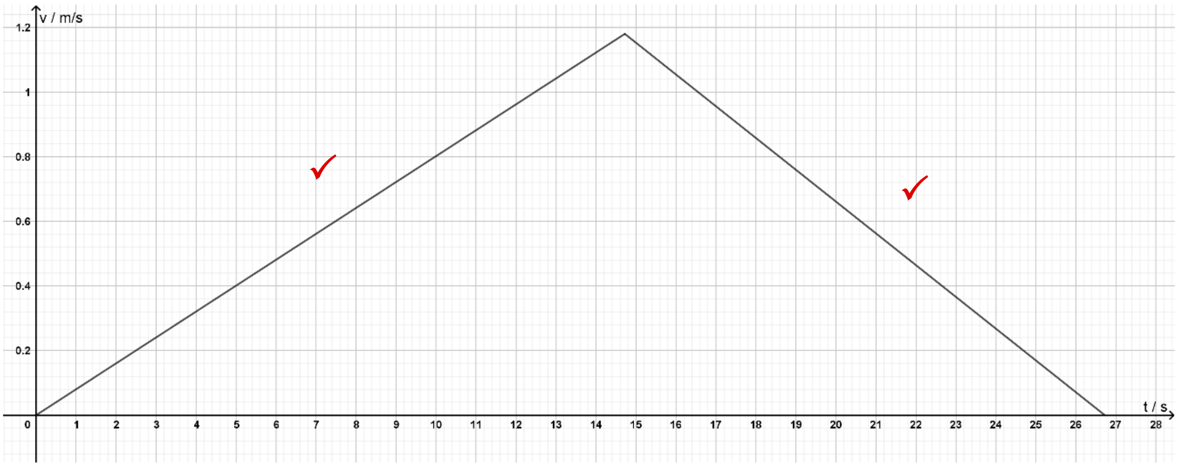
$m \cdot a = F_R = \mu \cdot m \cdot g \rightarrow \ a = \mu \cdot g$ ✓

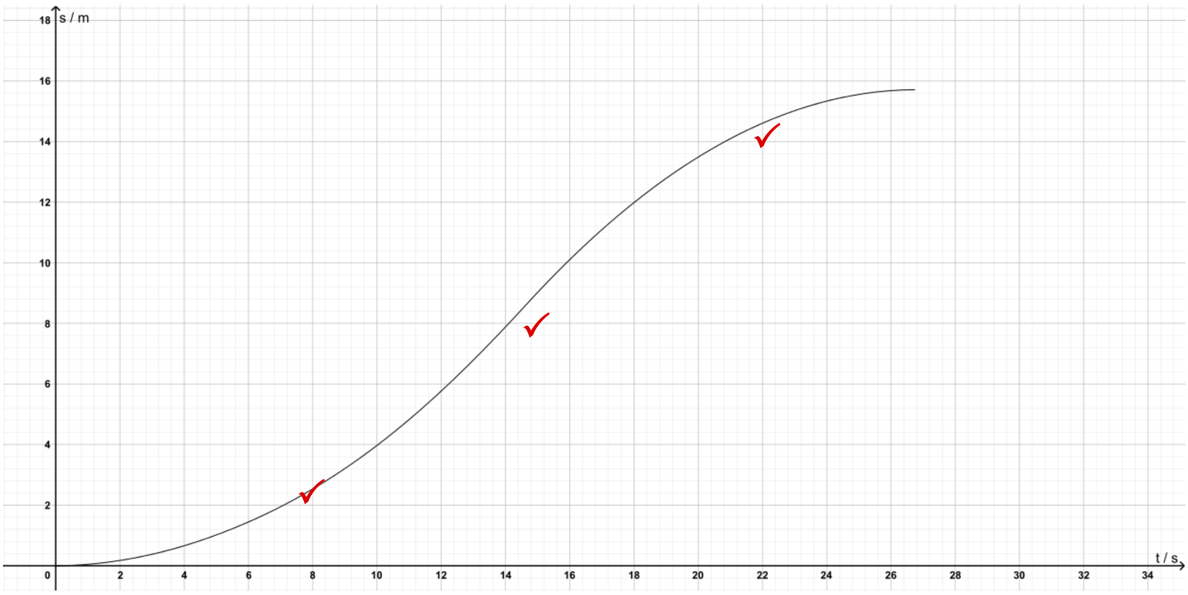
$v_{max} = a \cdot t = 0{,}01 \cdot 9{,}81\ \frac{m}{s^2} \cdot 12\ s = 1{,}18\ \frac{m}{s}$ ✓

$t_{beschl} = \frac{v}{a} = \frac{1{,}18\ \frac{m}{s}}{8\ \frac{cm}{s^2}} = 14{,}72\ s$ ✓

$s_1 = \frac{a}{2} t^2 = \frac{8\ \frac{cm}{s}}{2} \cdot (14{,}72\ s)^2 = 8{,}66\ m$ ✓

$s_2 = \frac{a}{2} t^2 = \frac{0{,}01 \cdot 9{,}81\ \frac{m}{s^2}}{2} \cdot (12\ s)^2 = 7{,}06\ m$ ✓





Lösung 29.1.10.2 (10 Punkte) Bleiernes Eis

$$F_A \leq F_G$$ ✓

$$F_A = V_{Eiswürfel} \cdot \varrho_{Wasser} \cdot g$$ ✓

$$V_{Eiswürfel} = \frac{M^*_{Eis}}{\varrho_{Eis}} + \frac{m}{\varrho_{Blei}}$$ ✓

$$F_g = (M^*_{Eis} + m) \cdot g$$ ✓

$$\Rightarrow \left(\frac{M^*_{Eis}}{\varrho_{Eis}} + \frac{m}{\varrho_{Blei}}\right) \cdot \varrho_{Wasser} \cdot g \leq (M^*_{Eis} + m) \cdot g$$ ✓

$$\Leftrightarrow \left(\frac{M^*_{Eis}}{\varrho_{Eis}}+\frac{m}{\varrho_{Blei}}\right)\cdot \varrho_{Wasser} \le M^*_{Eis}+m$$

$$\Leftrightarrow\ M^*_{Eis}\cdot\frac{\varrho_{Wasser}}{\varrho_{Eis}}+m\cdot\frac{\varrho_{Wasser}}{\varrho_{Blei}} \le M^*_{Eis}+m$$

$$\Leftrightarrow\ M^*_{Eis}\cdot\frac{\varrho_{Wasser}}{\varrho_{Eis}}-M^*_{Eis} \le m-m\cdot\frac{\varrho_{Wasser}}{\varrho_{Blei}}$$

$$\Leftrightarrow\ M^*_{Eis}\cdot\left(\frac{\varrho_{Wasser}}{\varrho_{Eis}}-1\right) \le m\cdot\left(1-\frac{\varrho_{Wasser}}{\varrho_{Blei}}\right)$$

$$\Leftrightarrow\ M^*_{Eis} \le m\cdot\frac{1-\frac{\varrho_{Wasser}}{\varrho_{Blei}}}{\frac{\varrho_{Wasser}}{\varrho_{Eis}}-1}$$

$$M^*_{Eis}=M-\frac{Q}{q_s} \Leftrightarrow Q=q_S\cdot(M-M^*_{Eis})$$

$$Q \ge q_s\cdot\left(M-m\cdot\frac{1-\frac{\varrho_{Wasser}}{\varrho_{Blei}}}{\frac{\varrho_{Wasser}}{\varrho_{Eis}}-1}\right)=15{,}88\ kJ$$

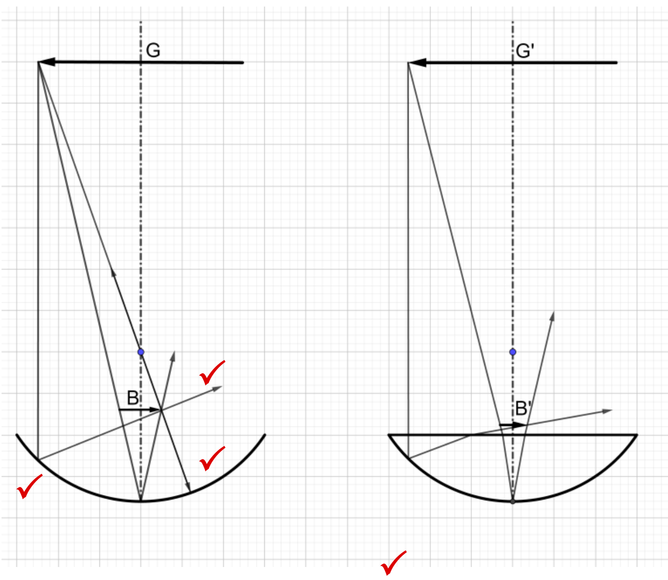
<u>Lösung 29.1.10.3 (10 Punkte)</u> Wassersuppe

a) das Bild B in Löffel A) ist:
- umgekehrt (seitenverkehrt, auf Kopf)
- verkleinert
- reell (mit Schirm auffangbar)
- zwischen Löffel und Betrachter

(etwas verzerrt und unscharf - wegen ungleicher Krümmung und etwas matter Oberfläche des Löffels)

3 Eigenschaften genügen

A) B)



b) Das Bild B' im wassergefüllten Löffel B) ist kleiner als das im leeren Löffel A).

<u>Erklärung:</u> (in Worten oder durch Zeichnung)

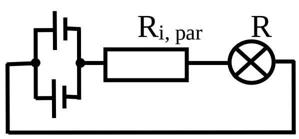
Die eingefüllte Wassermenge wirkt wie eine zusätzliche Sammellinse. Schräg zur Wasseroberfläche austretende Strahlen werden vom Einfallslot weggebrochen. Die Gesamt-brennweite wird dadurch verkleinert. Das Bild entsteht dadurch näher am Spiegel und ist kleiner.

<u>Lösung 29.1.10.4 (10 Punkte)</u> Lampenmarathon

Widerstände der Glühlampe: $R_{>2V}=\frac{U}{I}=\frac{U^2}{P}=\frac{(3V)^2}{2W}=\underline{4{,}5\Omega}$ und $R_{\le 2V}=\frac{1}{2}\cdot R_{>2V}=\underline{2{,}25\Omega}$

<u>1. Möglichkeit:</u> Die Glühlampe wird an parallel geschaltete Batterien angeschlossen.

<u>Ersatzschaltplan:</u>



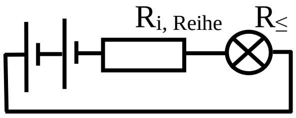
Gesamtleistung:

$$P_{ges1}=U_0\cdot I=\frac{U_0^{\,2}}{R_{ges1}}=\frac{U_0^{\,2}}{R_{i,\,par}+R_{\le 2V}}=\frac{U_0^{\,2}}{\left(\frac{1}{R_i}+\frac{1}{R_i}\right)^{-1}+R_{\le 2V}}=\frac{(1{,}5V)^2}{0{,}25\Omega+2{,}25\Omega}=\frac{9}{10}W=0{,}90W$$

Laufzeit: $t_1 = 240\text{min}$ (gegeben)

Gesamtenergie beider Batterien: $E_{ges}=P_{ges1}\cdot t=0{,}90W\cdot 240\cdot 60s=12960\,J$

2. Möglichkeit: Die Batterien werden in Reihe geschaltet. Ersatzschaltplan:



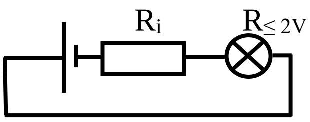
Gesamtleistung:

$$P_{ges2} = \frac{U_{0;2}^{\;2}}{R_{ges2}} = \frac{U_{0;2}^{\;2}}{R_{i,\,Reihe} + R_{>2V}} = \frac{U_{0;2}^{\;2}}{(R_i + R_i) + R_{>2V}} = \frac{(3V)^2}{1{,}0\Omega + 4{,}5\Omega} = \frac{18}{11} W \approx 1{,}64 W$$

(der größere Lampenwiderstand wird eingesetzt, da: $U_{L;2} = \frac{4{,}5\Omega}{5{,}5\Omega} \cdot 3V \approx 2{,}45V > 2V$)

Laufzeit: $t_2 = \frac{E_{ges}}{P_{ges2}} = \frac{12960\,J}{\frac{18}{11} W} = 7920\,s = \underline{\underline{132\,\text{min}}}$

3. Möglichkeit: Die Glühlampe wird zuerst mit einer Batterie betrieben.
Nachdem die Batterie leer ist, wird die zweite Batterie eingesetzt.



Ersatzschaltplan:

Gesamtleistung: $$P_{ges3} = \frac{U_0^{\;2}}{R_{ges3}} = \frac{U_0^{\;2}}{R_i + R_{\le 2V}} = \frac{(1{,}5V)^2}{0{,}5\Omega + 2{,}25\Omega} = \frac{9}{11} W \approx 0{,}82 W$$

Laufzeit: $t_3 = \frac{E_{ges}}{P_{ges3}} = \frac{12960\,J}{\frac{9}{11} W} = 15840\,s = \underline{\underline{264\,\text{min}}}$

(Mit der letzten Möglichkeit hat der Höhlenforscher folglich am längsten Licht.)

Lösung 29.1.11.1 (10 Punkte)

Aufbau, Durchführung, verschiedene Messwerte **(5)**

$U_2 \approx U_1 \cdot \sqrt{2}$

Bei einem genügend großen Innenwiderstand des Voltmeters verhindert die Diode ein Entladen des Kondensators.

U_1 Effektivwert der Wechselspannung

U_2 Scheitelwert der Wechselspannung **(5)**

Lösung 29.1.11.2 (12 Punkte)

a) Im Moment des Stoßes hat die Kugel 1 die Geschwindigkeit $v_1 = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$ **(1)**

Mit $m_1 = 2 \cdot m_2$ wird nach dem Stoß $u_1 = \frac{1}{3}\sqrt{2 \cdot g \cdot h}$ und $u_2 = \frac{4}{3}\sqrt{2 \cdot g \cdot h}$ **(2)**

Die kinetischen Energien setzen sich in potentielle Energien um.

Für Kugel 1 gilt: $\frac{m_1 \cdot u_1^2}{2} = m_1 \cdot g \cdot h_1 = \frac{m_1 \cdot \frac{1}{9} \cdot 2 \cdot g \cdot h}{2} \Rightarrow \underline{\underline{h_1 = \frac{1}{9}h}}$ **(1)**

Für Kugel 2 gilt; $\frac{m_2 \cdot u_2^2}{2} = m_2 \cdot g \cdot h_2 = \frac{m_2 \cdot \frac{16}{9} \cdot 2 \cdot g \cdot h}{2} \Rightarrow \underline{\underline{h_2 = \frac{16}{9}h}}$ **(1)**

b) Da die Pendellängen gleich und damit die Periodendauern gleich sind, stoßen die Kugeln beim nächsten passieren der Durchgangslage erneut zusammen. **(1)**

Nach dem Energie- und Impulserhaltungssatz muss Kugel 2 zur Ruhe kommen und Kugel 1 wieder h erreichen. Laut Aufgabenstellung soll dies aber auch berechnet werden.

Im Moment des Stoßes hat die Kugel 1 die Geschwindigkeit $v_1 = \sqrt{2 \cdot g \cdot \frac{1}{9}h}$

und die Kugel 2 die Geschwindigkeit $v_2 = \sqrt{2 \cdot g \cdot \frac{16}{9}h}$.

Nach dem Stoß wird daraus für Kugel 1:

$$u_1 = \frac{(m_1 - m_2) \cdot v_1 + 2 \cdot m_2 \cdot v_2}{m_1 + m_2} = \frac{m_2\sqrt{2 \cdot g \cdot \frac{1}{9}h} + 2 \cdot m_2 \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot \frac{16}{9}h}}{3 \cdot m_2} = \frac{\left(\frac{1}{3}m_2 + \frac{2 \cdot 4}{3}m_2\right) \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h}}{3 \cdot m_2}$$

$\Rightarrow u_1 = \sqrt{2 \cdot g \cdot h} \Rightarrow$ Kugel 1 wird die Höhe h wieder erreichen. $\Rightarrow$ $\underline{\underline{h_1 = h}}$ **(2)**

Nach dem Stoß ergibt sich für Kugel 2:

$$u_2 = \frac{(m_2 - m_1) \cdot v_2 + 2 \cdot m_1 \cdot v_1}{m_1 + m_2} = \frac{-m_2\sqrt{2 \cdot g \cdot \frac{16}{9}h} + 2 \cdot 2 \cdot m_2 \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot \frac{1}{9}h}}{3 \cdot m_2} = \frac{\left(-\frac{4}{3}m_2 + \frac{4}{3}m_2\right) \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h}}{3 \cdot m_2}$$

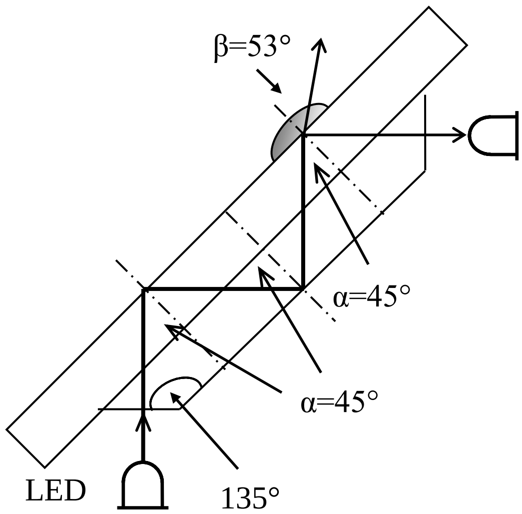
$\Rightarrow u_2 = 0\frac{m}{s} \Rightarrow$ Kugel 2 kommt zur Ruhe $\Rightarrow$ $\underline{\underline{h_2 = 0}}$ **(2)**

Lösung 29.1.11.3 (8 Punkte)

a) $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$ mit $m = \rho \cdot \frac{V}{1\,s} \cdot 24 \cdot 3600\,s$ folgt $\underline{\underline{Q = 4{,}344 \cdot 10^{20}\,J}}$ **(4)**

b) $P_{GS} = \frac{Q}{t} = \frac{4{,}344 \cdot 10^{20}\,J}{24 \cdot 3600\,s} = 5{,}028 \cdot 10^{15}\,W \quad P_{GS} = 6{,}28 \cdot 10^{8} \cdot P_{WKA}$ **(4)**

Lösung 29.1.11.4 (10 Punkte)



(2)

Übergang Luft – Prisma:	senkrechter Lichteinfall, keine Brechung	**(1)**
Übergang Prisma – Scheibe:	gleiche Brechzahl, keine Brechung (geringe Reflexion nicht gezeichnet)	

Übergang Scheibe – Luft:

$\sin \alpha_{Gr} = \frac{1}{n} \quad \rightarrow \quad \alpha_{Gr} = 41{,}8° \quad \rightarrow \quad \alpha = 45° > \alpha_{Grenz} \rightarrow$ Totalreflexion **(2)**

Ebenso beim Übergang Prisma – Luft **(1)**

Übergang Scheibe – Regentropfen (Wasser):

$\sin \beta = \frac{n_G}{n_W} \sin \alpha \rightarrow \beta = 53°$ **(1)**

Bei trockener Scheibe erreicht der Lichtstrahl aufgrund der Totalreflexionen mit voller Intensität die Fotodiode. Der Scheibenwischer ist ausgeschaltet.

Bei nasser Scheibe tritt ein Großteil des Lichtes aus, weniger Licht erreicht die Fotodiode und der Scheibenwischer wird angeschaltet. **(3)**

29. PHYSIKOLYMPIADE DES LANDES THÜRINGEN 2019/2020
LÖSUNGEN 1. Runde - KLASSENSTUFE **12**

Lösung 29.1.12.1

Die Stöße als Folge der Vertiefungen entsprechen einer erzwungenen Schwingung. 1P
Resonanzfall → Erregerfrequenz = Eigenfrequenz des Kinderwagens 2P

Schwingungsdauer des Wagens erhält man aus $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{D}}$ 1P

m = 10 kg/2 =5 kg
Richtgröße wird über hookesches Gesetz ermittelt $D = F_G/\Delta x$ = 9,81 N/ 0,02 m =490 N/m 2P

damit ergibt sich für die Schwingungsdauer T = 0,63 s 1P

Die Zeit zwischen zwei Stößen t = l/v 1P

→ v = l/ T = 0,3 m / 0,63 s = 0,476 m/s = $\underline{\underline{1{,}7\ \text{km/h}}}$ 2P

Lösung 29.1.12.2

a) für f_1 gilt: $R_L = 2\pi f_1 L = 31{,}4\ \Omega$, $R = 50\ \Omega$, $R_C = 1 / 2\pi f_1 C = 79{,}6\ \Omega$, $Z = 69{,}4\ \Omega$ und damit

$$\frac{U_0}{U_R} = 1{,}38$$

für f_2 gilt entsprechend

$$\frac{U_0}{U_R} = \underline{\underline{1{,}101}}$$

gilt für f_3 **2 P**

$$\frac{U_0}{U_R} = \underline{\underline{1{,}684}}$$

b) Da sich mit den veränderten Frequenzen auch R_L und R_C verändern, ergibt sich jeweils ein anderer Wert für den Scheinwiderstand Z und damit auch für das Verhältnis $U_0 : U_R$.
1 P

c) Für die Frequenz f_4 muss gelten: $R_L = R_C$ (= R). Durch Einsetzen ergibt sich f_4 =159,155 Hz.
Bei dieser Frequenz betragen induktiver Widerstand und kapazitiver Widerstand jeweils 50 Ω, was auch dem ohmschen Widerstand entspricht. **1 P**

d) 1. Möglichkeit: L austauschen, für das Spannungsverhältnis muss dann gelten $U_R : U_C = 3:4$
$R : R_C = 3 : 4$, also

$$R = \frac{3}{8\pi f C}$$

$$f = \frac{3}{8\pi RC} = 119{,}4\,Hz$$

Um das geforderte Spannungsverhältnis auch an der Spule zu erreichen, muss diese einen Widerstand von $R_L = 33{,}33\ \Omega$ haben und damit eine Induktivität von
2 P

$$L = \frac{R_L}{2\pi f} = 44{,}44\,\text{mH}$$

2. Möglichkeit: R austauschen, für das Spannungsverhältnis muss dann gelten $U_L : U_C = 2:4$

$R_L : R_C = 2 : 4 = 1 : 2$, also

$$2 \cdot 2\pi f L = \frac{1}{2\pi f C}$$

und damit

$$f = \sqrt{\frac{1}{8\pi^2 LC}} = 112{,}5\,\mathrm{Hz}$$

Für diese Frequenz ergibt sich das geforderte Spannungsverhältnis. Der ohmsche Widerstand muss dann R = 53,0 Ω betragen.

2 P

3. Möglichkeit: C austauschen, für das Spannungsverhältnis muss dann gelten $U_L : U_R = 2:3$

$R_L : R = 2 : 3$, also

$$R = \frac{3 \cdot 2\pi f L}{2}$$

und damit

$$f = \frac{R}{3\pi L} = 106{,}1\,\mathrm{Hz}$$

Um das geforderte Spannungsverhältnis auch am Kondensator zu erreichen, muss dieser einen Widerstand von $R_C = 66{,}6\ \Omega$ haben und damit eine Kapazität von 2 P

$$C = \frac{1}{2\pi f R_C} = 22{,}5\,\mu\mathrm{F}$$

<u>Lösung 29.1.12.3</u>

Analyse der Aufgabe: Interferenz an dünnen Schichten und am optischen Gitter

2 P

Bei Interferenzen gleicher Neigung gilt für den optischen Gangunterschied unter Beachtung der beiden Phasensprünge an der Ober- und der Unterseite der Lackschicht die Gleichung **1 P**

$$\Delta L = 2 \cdot d \cdot \sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha} \qquad (1)$$

Für die maximale Verstärkung einer bestimmten Wellenlänge gilt **1 P**

$$\Delta L = k \cdot \lambda \quad \text{mit} \quad k = 1,2,3 \ldots \qquad (2)$$

Aus (1) und (2) folgt $2 \cdot d \cdot \sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha} = k \cdot \lambda$. (3) **1 P**

Weiterhin gilt für die Maxima bei Interferenz am optischen Gitter in guter Näherung **1 P**

$$\frac{m \cdot \lambda}{g} \approx \frac{e}{s} \qquad m = 0,1,2, \ldots \qquad (4)$$

m … Ordnung der Interferenz
g … Gitterkonstante
e … Abstand zwischen zwei benachbarten Interferenzstreifen
s … Abstand zwischen Gitter und Schirm

Aus (3) und (4) erhält man mit m =1 die Gleichung **1 P**

$$2 \cdot d \cdot \sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha} = k \cdot \frac{g \cdot e}{s} . \qquad (5)$$

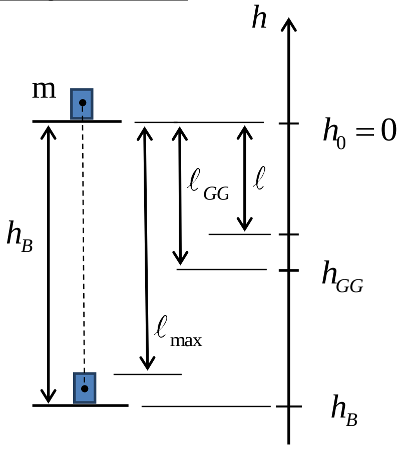
Mit den gegebenen Größen folgt aus (5) **2 P**

$$\frac{n^2 - \sin^2\alpha_1}{n^2 - \sin^2\alpha_2} = \left(\frac{e_1}{e_2}\right)^2 .$$

$$n = 1{,}48$$

Für die Schichtdicke erhält man mit (5) und der berechneten Brechzahl d = 200 nm. **1 P**

Lösung 29.1.12.4



Größe des Mannes: $h_M = 2m$

Höhe der Brücke: $h_B = 42m$

Gesucht: Länge ℓ des Seils, maximale Geschwindigkeit $v_{\max}$ des Mannes

Abschätzen der Länge des Bungee-Seils

(1) $m \cdot g \cdot h_B = \frac{1}{2} \cdot k \cdot \left(\ell_{\max} - \ell\right)^2$ $\ell_{\max}$ … maximale Seillänge

(2) $m \cdot g = k \cdot \left(\ell_{GG} - \ell\right)$ ℓ_{GG} … Seillänge im Gleichgewicht **2P**

Aus (1) und (2) erhält man: $k \cdot \left(\ell_{GG} - \ell\right) = \frac{k \cdot \left(\ell_{\max} - \ell\right)^2}{2 \cdot h_B}$

$$\ell^2 + 2 \cdot \left(h_B - \ell_{\max}\right) \cdot \ell - 2 \cdot h_B \cdot \ell_{GG} + \ell_{\max}^2 = 0$$

Mit $\ell_{\max} = 42m - 2m = 40m$ und $\ell_{GG} = 42m - 2m - 10m = 30m$ folgt daraus die quadratische Gleichung (hier ohne Angabe der Einheiten):

$$\ell^2 + 4 \cdot \ell - 920 = 0$$ **2P**

Die physikalisch sinnvolle Lösung ist: $\ell = -2m \pm \sqrt{4 + 920}\,m = 28{,}397\,m \approx 28{,}4\,m$ **2P**

Berechnen der maximalen Geschwindigkeit des Mannes

Die Geschwindigkeit des Mannes ist dann maximal, wenn seine Beschleunigung Null ist. Das ist bei der Seillänge ℓ_{GG} der Fall. Dann gilt:

(3) $\frac{1}{2} \cdot m \cdot v_{\max}^2 + \frac{1}{2} \cdot k \cdot \left(\ell_{GG} - \ell\right)^2 = m \cdot g \cdot \left(\ell_{GG} + h_M\right)$ h_M … Größe des Mannes **2P**

$k = \frac{m \cdot g}{\left(\ell_{GG} - \ell\right)}$ aus Gl. (2)

(4) $v = \sqrt{2 \cdot g \cdot \left(\ell_{GG} + h_M\right) - g \cdot \left(\ell_{GG} - \ell\right)}$

$$v = \sqrt{2 \cdot 9{,}81 \cdot (30 + 2) - 9{,}81 \cdot (30 - 28{,}4)}\ m \cdot s^{-1}$$

$$v = 24{,}7\,m \cdot s^{-1} \approx 89\,km \cdot h^{-1}$$

2P