19. Physikolympiade des Landes Sachsen-Anhalt
Schuljahr 2023/2024 - Endrunde
<u>Lösungen Klasse 10</u>

<u>Hinweise für die Korrektoren:</u>
- **Kommt eine Schülerin oder ein Schüler bei der Bearbeitung der Aufgaben auf einem anderen als dem angegebenen Weg zum richtigen Ergebnis, so ist das als richtig zu werten.**
- **Die Punkte je Aufgabe sind verbindlich. Die aufgeführte Verteilung der Punkte innerhalb einer Aufgabe hat empfehlenden Charakter.**
- **Den Schülern ist mitgeteilt worden, dass Konzepte als solche zu kennzeichnen sind und nicht mit zur Bewertung herangezogen werden.**

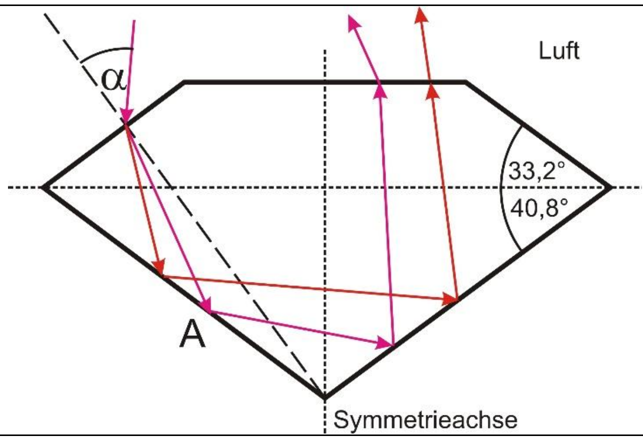
Aufgabe 1: Experiment

a) Beobachtung: 1 Punkt für die richtige Beobachtung (Die Ladung bewegt sich weiter und zwar genau mit der Geschwindigkeit, mit der der Zug vor dem Aufprall unterwegs war.)	1
b) Erklärung: 1 Punkt für den Hinweis auf das Konzept der Massenträgheit, 2 weitere Punkte für Bezug aufs 1. Newtonsche Axiom (Ein Körper behält seine Geschwindigkeit bei, sofern er nicht durch von außen einwirkende Kräfte gezwungen wird, diese zu ändern.)	3
Summe:	**4**

Aufgabe 2: Geschliffene Diamanten

a) Bedingungen für das Entstehen von Totalreflexion: 1. Licht muss von einem optisch dichteren Medium in ein optisch dünneres Medium übergehen. 2. Der Einfallswinkel α muss größer oder gleich dem Grenzwinkel α_G der Totalreflexion sein. Brechungsgesetz für den Übergang von einem Stoff mit der Brechzahl n_1 in einen Stoff der Brechzahl n_2 ($n_1 > n_2$): $\frac{sin\alpha}{sin\beta} = \frac{n_2}{n_1} \quad mit\ \beta = 90° \ für\ \alpha_G \ folgt:$ $\frac{sin\alpha_G}{sin90°} = \frac{n_2}{n_1} \quad \rightarrow \quad \underline{sin\alpha_G = \frac{n_2}{n_1}}$ Ist das dünne Medium Luft mit der Brechzahl 1, gilt: $sin\alpha_G = \frac{1}{n_1}$	1 1 1 1
b) Aus den gegebenen Grenzwinkeln für die Totalreflexion lassen sich die Brechzahlen für rotes und violettes Licht berechnen: $n = \frac{1}{sin\alpha_G} \quad \rightarrow \quad n_v = 2{,}451 \ \ und\ n_v = 2{,}407$ Bei einem Einfallswinkel von 90° **ist** der Brechungswinkel am größten und damit der Einfallswinkel für rotes und violettes Licht auf der Seite A am kleinsten. Es muss also nur gezeigt werden, dass für α = 90 ° die Einfallswinkel auf A größer sind als die vorgegebenen Grenzwinkel. Berechnung der beiden Brechungswinkel: $\frac{sin90°}{sin\beta} = \frac{n}{n_L} \ \rightarrow \ \beta = \arcsin\left(\frac{1}{n}\right) \ \rightarrow \ \beta_v = 24{,}07° \ bzw.\ \beta_r = 24{,}55°$ Über die Innenwinkelsumme im Dreieck (180°) erhält man die Einfallswinkel an der Seite A: $\alpha_v = 49{,}93° \ bzw.\ \alpha_r = 49{,}45°$	1 1 1 1 1

19. Physikolympiade des Landes Sachsen-Anhalt
Schuljahr 2023/2024 - Endrunde
<u>Lösungen Klasse 10</u>

Beide Einfallswinkel sind deutlich größer als die Grenzwinkel, so dass für jeden Winkel Totalreflexion auftritt.	
c) Da die Brechzahl für rotes Licht kleiner ist als für violettes Licht, wird der einfallende weiße Strahl beim Eintritt in den Diamanten aufgespaltet. Das rote Licht wird schwächer gebrochen als das violette Licht. Damit ergibt sich ein unterschiedlicher Strahlenverlauf für die beiden Farben. 	1
Summe:	**10**

Aufgabe 3: Sandkörner

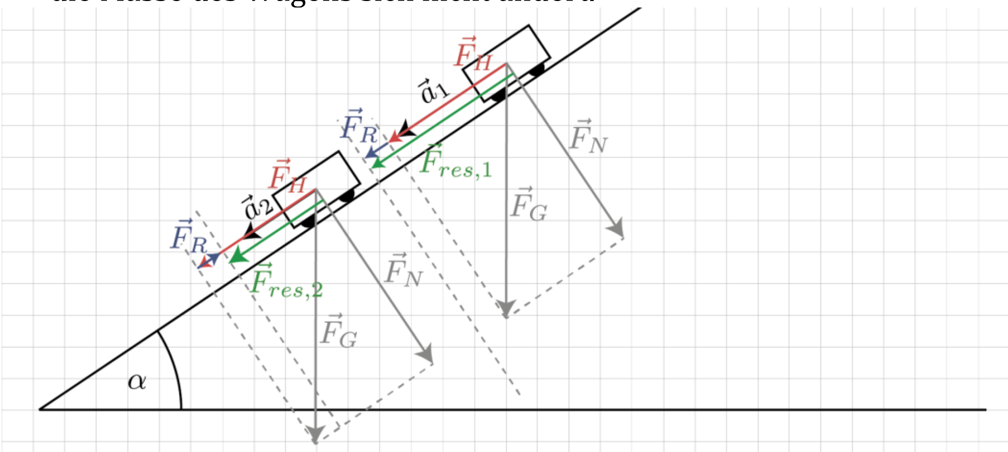
Die Masse der Eiswürfel, die aus Eis und Wasser bestehen, ergibt sich aus der Wassersäule, um deren Höhe die Wasseroberfläche gestiegen ist $m_{Eiswürfel} = A \cdot \Delta h_1 \cdot \rho_{Wasser}\ (1) \ \rightarrow \ A = \frac{\pi}{4} d^2 \ \rightarrow \ A = \frac{\pi}{4}(0{,}16\,m)^2 \ \rightarrow \ A = 201 cm^2$ $m_{Eiswürfel} = 0{,}0201 m^2 \cdot 0{,}1\,m \cdot 1000\,\frac{kg}{m^3} = 2{,}01\,kg$	2
$m_{Eiswürfel} = \rho_{Wasser} \cdot A \cdot (\Delta h_1 - \Delta h_2) + (\rho_{Sand} - \rho_{Wasser}) \cdot V_{Sand} \qquad (2)$	2
$m_{Sand} = \rho_{Sand} \cdot V_{Sand} \qquad mit\ V_{Sand}\ aus\ (2)\ \ folgt:$	1
$m_{Sand} = \dfrac{m_{Eiswürfel} - \rho_{Wasser} \cdot A \cdot (\Delta h_1 - \Delta h_2)}{1 - \frac{\rho_{Wasser}}{\rho_{Sand}}}$	1
mit $m_{Eiswürfel}$ aus (1) folgt weiter: $m_{Sand} = \dfrac{\rho_{Wasser} \cdot A \cdot \Delta h_2}{1 - \frac{\rho_{Wasser}}{\rho_{Sand}}}$	1
$m_{Sand} = \dfrac{1\,\frac{g}{cm^3} \cdot 201 cm^2 \cdot 0{,}5\,cm}{1 - \frac{1}{2{,}5}} \quad \rightarrow \quad \underline{\underline{m_{Sand} = 167{,}5 g}}$	1
$m_{Eis} = m_{Eiswürfel} - m_{Sand} \quad \rightarrow \quad \underline{\underline{m_{Eis} = 1842{,}5 g}}$	1
Summe:	**9**

Aufgabe 4: Rollenfahrbahn

a) Entscheidung: Der Wagen mit der Beschleunigung $\overrightarrow{a_1}$ entspricht dem hinaufrollenden Wagen. 1

Begründung:
Beim Hinaufrollenden gilt für die beschleunigende Kraft $F_{res,1} = F_H + F_R$ und für den hinabrollenden Wagen gilt: $F_{res,2} = F_H - F_R \Rightarrow F_{res,1} > F_{res,2}$

Aus der Skizze erkennt man $a_1 > a_2$. Aus dem 2. Newtonschen Axiom folgt $F \sim a$, da die Masse des Wagens sich nicht ändert. 1



1

Hinweis: Die Normalkraft und die Gewichtskraft müssen nicht gezeichnet werden.

b) An der geneigten Ebene gilt für die Reibungskraft $F_R = \mu\, F_N \Leftrightarrow F_R = \mu\, m\, g \cos(\alpha)$ und für die Hangabtriebskraft gilt: $F_H = m\, g \sin(\alpha)$.
Für das Hinauf- bzw. Hinabrollen folgt:

$$F_{res,1} = F_H + F_R \Leftrightarrow m\, a_1 = m\, g \sin(\alpha) + \mu\, m\, g \cos(\alpha) \qquad (1)$$ 1

$$F_{res,2} = F_H - F_R \Leftrightarrow m\, a_2 = m\, g \sin(\alpha) - \mu\, m\, g \cos(\alpha) \qquad (2)$$ 1

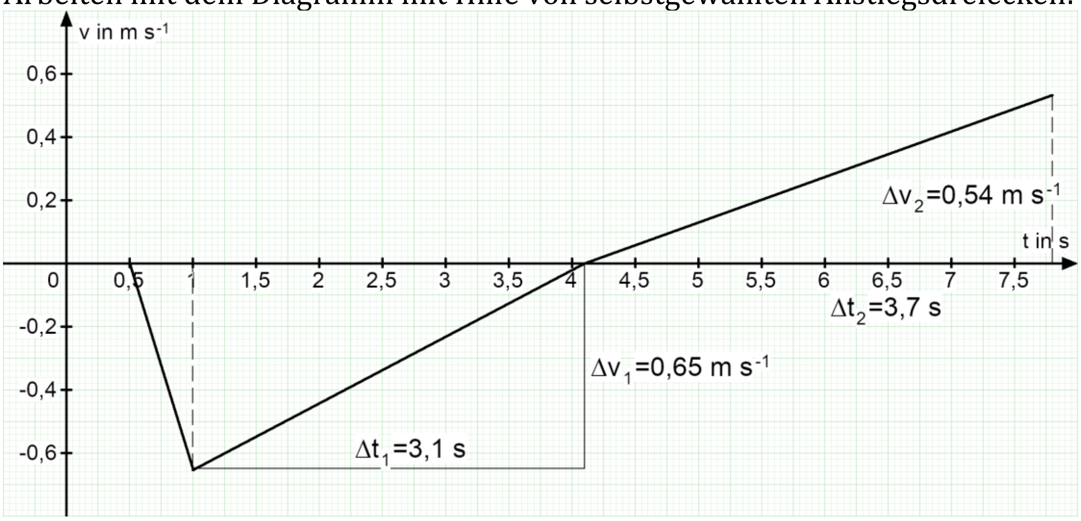
(1)-(2):

$$m\, a_1 - m\, a_2 = m\, g \sin(\alpha) + \mu\, m\, g \cos(\alpha) - [m\, g \sin(\alpha) - \mu\, m\, g \cos(\alpha)]$$ 1

$$m(a_1 - a_2) = 2\, \mu\, m\, g \cos(\alpha)$$

$$\mu = \frac{a_1 - a_2}{g \cos(\alpha)}$$ 1

c) Arbeiten mit dem Diagramm mit Hilfe von selbstgewählten Anstiegsdreiecken:



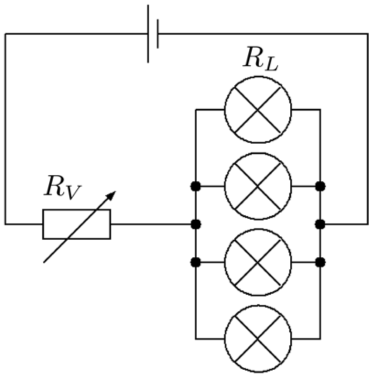
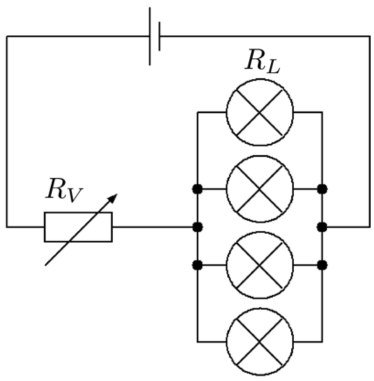
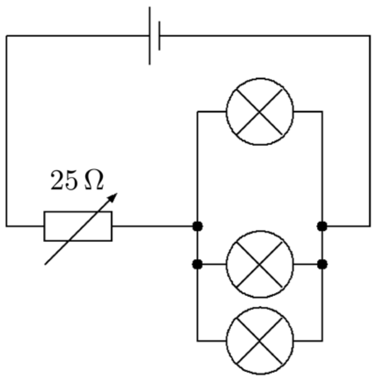
1

Aus dem Diagramm:

$$a_1 = \frac{\Delta v_1}{\Delta t_1} \Leftrightarrow a_1 = \frac{0{,}65\,\frac{m}{s}}{3{,}1\,s} \Leftrightarrow \underline{a_1 = 0{,}210\,\frac{m}{s^2}}$$ und 1

$a_2 = \frac{\Delta v_2}{\Delta t_2} \Leftrightarrow a_2 = \frac{0{,}54\,\frac{m}{s}}{3{,}7\,s} \Leftrightarrow \underline{a_2 = 0{,}146\,\frac{m}{s^2}}$ Einsetzen in die Formel: $\mu = \frac{a_1 - a_2}{g\cos(\alpha)} \Leftrightarrow \mu = \frac{0{,}210\,\frac{m}{s^2} - 0{,}146\,\frac{m}{s^2}}{9{,}81\,\frac{m}{s^2}\cos(1°)} \Leftrightarrow \underline{\underline{\mu = 0{,}0065}}$	1
Summe:	**10**

Aufgabe 5: Studiolampen

a) Schaltplan mit regelbaren Vorwiderstand  	1
b) Fallunterscheidung: Fall 1: vier intakte Lampen:  Ersatzwiderstand für die vier Lampen: $\frac{1}{R_E} = 4 \cdot \frac{1}{R_L} \Leftrightarrow R_E = \frac{R_L}{4}$ Gesamtwiderstand beträgt: $R_1 = R_V + \frac{R_L}{4}$ Fall 2: eine Lampe defekt:  Ersatzwiderstand für die drei Lampen: $\frac{1}{R_E} = 3 \cdot \frac{1}{R_L} \Leftrightarrow R_E = \frac{R_L}{3}$ Gesamtwiderstand beträgt: $R_2 = 25\,\Omega + \frac{R_L}{3}$ Die Stromstärke durch jede Studiolampe soll sich vor und nach dem Ausfall nicht ändern. Die Stromstärke durch die Lampen kann über die Gesamtstromstärke $I_{ges} = \frac{U_{ges}}{R}$ unter Berücksichtigung der Anzahl der Zweige ermittelt werden:	2
Stromstärke durch eine Lampe ist: $I_L = \frac{1}{4} \cdot \frac{U_{ges}}{R_V + \frac{R_L}{4}}$ Stromstärke durch eine Lampe ist: $I_L = \frac{1}{3} \cdot \frac{U_{ges}}{25\,\Omega + \frac{R_L}{3}}$	2

$\frac{1}{4}\cdot\frac{U_{ges}}{R_V+\frac{R_L}{4}}=\frac{1}{3}\cdot\frac{U_{ges}}{25\,\Omega+\frac{R_L}{3}} \Leftrightarrow \frac{R_V+\frac{R_L}{4}}{3}=\frac{25\,\Omega+\frac{R_L}{3}}{4} \Leftrightarrow \underline{\underline{R_V = 18{,}75\,\Omega}}$ Da $\frac{18{,}75\,\Omega}{50\,\Omega}=\frac{3}{5}$ ist, sollte der Regler bei intakten Lampen auf drei Achtel des Vollausschlags eingestellt werden. (Bemerkung: Die Angabe des Widerstandwertes genügt.)	2
c) Für die Leistung, die an jeder Lampe umgesetzt wird, gilt: $P_L = U_L \cdot I_L$. • Die Stromstärke durch die Lampen bleibt infolge des Nachregeln des Vorwiderstandes gleich. • Betrachtet man die Spannungsteilerregel für den Fall von vier intakten Lampen $\frac{U_{V,1}}{U_{L,1}}=\frac{18{,}25\,\Omega}{R_L}$ und für den Fall einer defekten Lampe $\frac{U_{V,2}}{U_{L,2}}=\frac{25\,\Omega}{R_L}$ mit der Bedingung eines konstanten Lampenwiderstandes $R_L = const$ folgt, dass bei konstanter Gesamtspannung durch den vergrößerten Vorwiderstand bei defekter Lampe nun ein kleinerer Teil der Gesamtspannung bei den Lampen anliegt ($U_{L,2} < U_{L,1}$) • Das führt dazu, dass die Helligkeit der Lampen ($P_2 < P_1$) sinkt	1 1 1
Summe:	**10**