19. Physikolympiade des Landes Sachsen-Anhalt
Schuljahr 2022/2023 – Endrunde

Lösungen der Klassenstufe 09

Hinweise für die Korrektoren:
- 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) Punkt für richtige Beobachtung	1
b) 1. Punkt: Brechung 2. Punkt: an der Grenzfläche	2
	Σ 3

Aufgabe 2: Kavernenspeicher in Bernburg

a) $V_K = \frac{\pi}{4} d^2 \cdot h = \frac{\pi}{4}(63\ \text{m})^2 \cdot 160\ \text{m} = 498759\ \text{m}^3 \approx 500\,000\ \text{m}^3$	1
b) $p_0 V_{\text{Gas}} = p_1 \cdot V_K$	
$V_{\text{ges}} = 33 \cdot V_{\text{Gas}} = 33 \cdot \dfrac{96{,}4\ \text{bar} \cdot 500\,000\ \text{m}^3}{1\ \text{bar}} = 1{,}59 \cdot 10^9\ \text{m}^3$	2
c) $\mathrm{E_{el}} = \eta \cdot H \cdot V_{\text{ges}} = 0{,}39 \cdot 10\ \frac{\text{kWh}}{\text{m}^3} \cdot 1{,}59 \cdot 10^9\ \text{m}^3 = 6{,}2 \cdot 10^9\ \text{kWh}$	2
$N = \dfrac{6{,}2 \cdot 10^9 \text{kWh}}{3\,000\ \text{kWh}} \approx 2\,000\,000$	1
d) $Q = m \cdot c \cdot \Delta\vartheta = 600\,000\ \text{kg} \cdot 4{,}185 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{K}} \cdot 16\ \text{K} = 40\,176\,000\ \text{kJ}$	2
Pro m^3 können $Q = 10 \cdot 3{,}6 \cdot 10^6\ \text{J} = 3 \cdot 10^7\ \text{J}$ zur Erwärmung genutzt werden.	1
$V = \dfrac{40{,}176 \cdot 10^9\ \text{J}}{3{,}6 \cdot 10^6 \frac{\text{J}}{\text{m}^3}} = 1\,116\ \text{m}^3$	1
	Σ 10

Lösungen der Klassenstufe 09

Aufgabe 3: Zeigerrennen

a) Sei r der beliebige Radius der Uhr. Geschwindigkeit des großen Zeigers bezogen auf den Rand der Uhr: $v_g = \frac{2\pi r}{3600\ \mathrm{s}}$	1
Geschwindigkeit des kleinen Zeigers bezogen auf den Rand der Uhr: $v_k = \frac{2\pi r}{12 \cdot 3600\ \mathrm{s}}$	1
Überstrichener Teil vom Umfang durch kleinen Zeiger: $s_k = v_k \cdot t$ Überstrichener Teil vom Umfang durch großen Zeiger: $s_g = v_g \cdot t = \frac{\pi}{2} \cdot r + s_k$	1
$\frac{\pi}{2} \cdot r + v_k \cdot t = v_g \cdot t$ $t = \frac{\pi r}{2(v_g - v_k)} = \frac{\pi r}{2\left(\frac{2\pi r}{3600\ \mathrm{s}}(1 - \frac{1}{12})\right)} = 981{,}82\ \mathrm{s} \approx 16\ \mathrm{min}\ 22\ \mathrm{s}$	2
Die Turmuhr geht vor, da sie die 16´22´´ in 16´18´´ anzeigt.	1
b) $t = \frac{2\pi r}{(v_g - v_k)} = \frac{2\pi r}{\frac{2\pi r}{3600\ \mathrm{s}}\left(1 - \frac{1}{12}\right)} = 3927{,}27\ s \approx 1\ \mathrm{h}\ 5\ \mathrm{min}\ 27\ \mathrm{s}$	2
	Σ 8

Aufgabe 4: Öl auf Wasser

a) Das Wasser wird sich in beiden Kammern auf der gleichen Höhe von 33 cm einfinden. Begründung: Es handelt sich um kommunizierende Röhren, in denen sich stets die gleiche Füllhöhe bei einer homogenen Flüssigkeit einstellt (Hydrostatisches Paradoxon). Dies liegt an den gleichen Schweredrücken in beiden Kammern, welche bei homogenen Flüssigkeiten proportional zu den Höhen sind.	1 1
b) Der Schweredruck in Kammer 1 hängt nun nicht nur von der Höhe sondern auch von der Gesamtdichte der inhomogenen Flüssigkeit ab. Diese ist niedriger, als in Kammer 2, weshalb in Kammer 1 eine größere Höhe der Flüssigkeitssäule im Schweredruckgleichgewicht mit einer niedrigeren Flüssigkeitssäule in Kammer 2 steht.	1
c) $$p_{S-Öl} = p_{S-W}$$ $$\rho_{Öl} \cdot h_{Öl} \cdot g = \rho_W \cdot h_W \cdot g$$ $$\frac{\frac{1}{2}h + a}{2a} = \frac{h_{Öl}}{h_W} = \frac{\rho_W}{\rho_{Öl}} = \frac{1\ \frac{g}{cm^3}}{0{,}8\ \frac{g}{cm^3}} = \frac{5}{4}$$	

<table>
<tr><td>

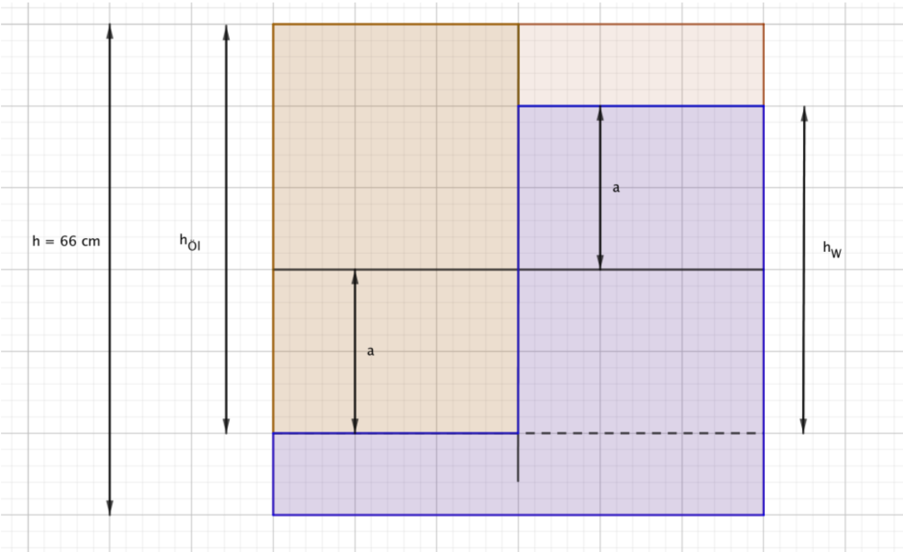
$$\frac{1}{2}h + a = \frac{10}{4}a$$

$$h = 3a \rightarrow \quad \underline{a = \frac{1}{3}h}$$

$$h_{W-gesamt} = \frac{1}{2}h + a = \frac{1}{2}h + \frac{1}{3}h$$

$$h_{W-gesamt} = \frac{5}{6}h = \frac{5}{6} \cdot 66\ cm$$

$$\underline{\underline{h_{W-gesamt} = 55\ cm}}$$



</td><td>4</td></tr>
<tr><td>

d)

$$\frac{x}{y} = \frac{2}{1}\ (1)\quad \textit{für das verdrängte Wasser gilt}: x \cdot a = y \cdot b\ (2)$$

$$\textit{aus }(1)\textit{und }(2)\textit{folgt}: 2a = b$$

$$\textit{außerdem gilt}:$$

$$\frac{\frac{1}{2}h + a}{a + b} = \frac{5}{4}$$

$$\frac{\frac{1}{2}h + a}{a + 2a} = \frac{5}{4}$$

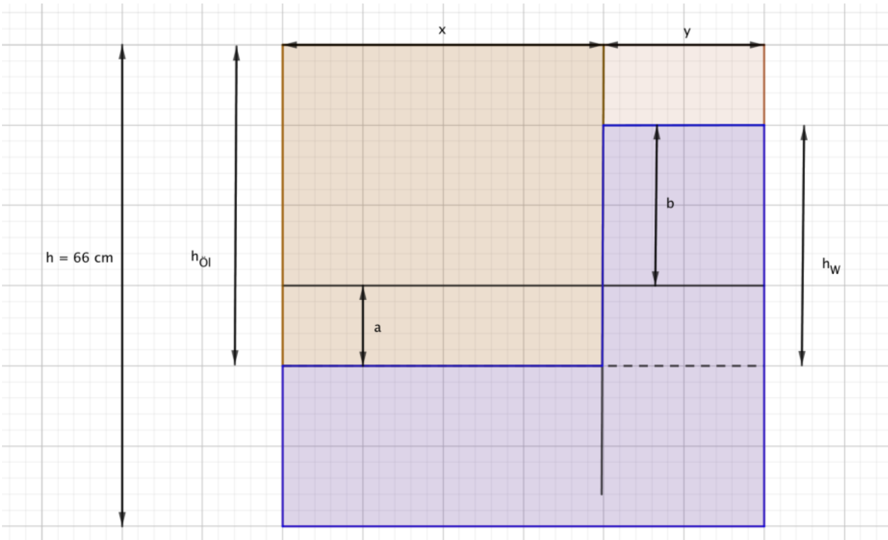
$$2h + 4a = 15a$$

$$2h = 11a$$

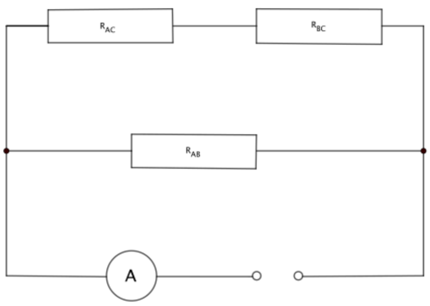
$$\underline{a = \frac{2}{11}h}$$

</td><td>1

1</td></tr>
</table>

Berechnung der Höhe h_W der Wassersäule in Kammer 2: $$h_W = \frac{1}{2}h + b \qquad b = 2a \qquad b = \frac{4}{11}h$$ $$h_{W-gesamt} = \frac{1}{2}h + \frac{4}{11}h$$ $$h_{W-gesamt} = \frac{19}{22}h = \frac{19}{22} \cdot 66cm$$ $$\underline{\underline{h_{W-gesamt} = 57\ cm}}$$ 	3
	Σ 12

Aufgabe 5: Drahtdreieck

a) Schaltbild: 	1
b) Da es sich um ein gleichseitiges Dreieck handelt, sind alle Widerstände gleich groß. Daher ändert sich an der Gesamtstromstärke bei Änderung der Buchsenanschlüsse nichts.	1

Berechnung des Umfangs:

$$Es\ gilt: R_{AB} = R_{AC} = R_{BC} = R \quad und \quad R_{gesamt} = \frac{U}{I_{XY}}$$

$$\frac{1}{R_{gesamt}} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R+R}$$

$$\frac{1}{R_{gesamt}} = \frac{3}{2R}$$

$$R = \frac{3 \cdot R_{gesamt}}{2} = \frac{3 \cdot U}{2 \cdot I_{XY}}$$

$$R = \frac{3 \cdot 1{,}5\ V}{2 \cdot 0{,}5625\ A}$$

$$\underline{R = 4\ \Omega}$$

$$R = \rho \cdot \frac{l}{A} \quad l = \frac{R \cdot A}{\rho}$$

$$l = \frac{4\ \Omega \cdot 0{,}1\ mm^2}{0{,}1\ \Omega \cdot \frac{mm^2}{m}}$$

$$\underline{l = 4\ m}$$

$$\underline{\underline{Umfang: U = 12\ m}}$$

Punkte: 4

c) Es handelt sich um ein gleichschenkliges Dreieck, da zwei der Gesamtstromstärken identisch sind, d.h. dass auch zwei Widerstände gleich groß sein müssen.

Punkte: 1

Berechnung:
Folgende Voraussetzungen sind bekannt:

$$1\ m\ Draht\ entspricht\ 1\ \Omega\ Widerstand$$

$$l_{AB} + l_{AC} + l_{BC} = 12\ m \quad \rightarrow \quad R_{AB} + R_{AC} + R_{BC} = 12\ \Omega$$

Punkte: 1

$$\frac{1}{R_{gesamt}} = \frac{1}{R_{AB}} + \frac{1}{R_{AC} + R_{BC}}$$

$$\frac{1}{R_{gesamt}} = \frac{R_{AB} + R_{BC} + R_{AC}}{R_{AB} \cdot (R_{AC} + R_{BC})}$$

$$\frac{1}{R_{gesamt}} = \frac{I_{AB}}{U} = \frac{12\ \Omega}{R_{AB} \cdot (12\ \Omega - R_{AB})}$$

$$R_{AB} \cdot (12\ \Omega - R_{AB}) = \frac{12\ \Omega \cdot U}{I_{AB}}$$

$$12\ \Omega \cdot R_{AB} - R_{AB}^2 = \frac{12\ \Omega \cdot 1{,}5\ V}{\frac{2}{3}\ A}$$ $$0 = R_{AB}^2 - 12\ \Omega \cdot R_{AB} + 27\ \Omega^2$$ $$\underline{R_{AB_1} = 3\ \Omega}$$ $$\underline{R_{AB_2} = 9\ \Omega \text{ entfällt}}$$ Analog für R_{AC}: $$0 = R_{AC}^2 - 12\ \Omega \cdot R_{AC} + \frac{12\ \Omega \cdot 1{,}5\ V}{\frac{8}{15}\ A}$$ $$\underline{R_{AC_1} = 4{,}5\ \Omega}$$ $$\underline{R_{AC_2} = 7{,}5\ \Omega}\ \ entfällt.$$ Die Widerstände haben die Werte: $$R_{AB} = 3\ \Omega; R_{AC} = R_{BC} = 4{,}5\ \Omega$$ Somit betragen die Längen des Dreiecks: $$\underline{\underline{l_{AB} = 3\ m; l_{AC} = l_{BC} = 4{,}5\ m}}$$	4
	Σ 12