

16. Physikolympiade des Landes Sachsen-Anhalt
Schuljahr 2019/2020 – Runde 1

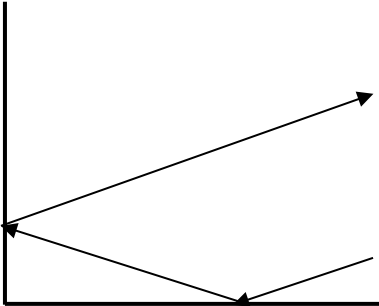
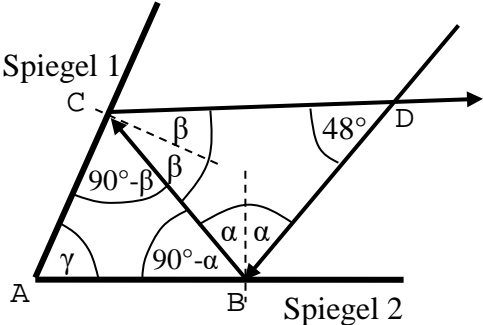
Lösungen Klasse 10 – zunächst nur für Lehrkräfte!

Die Aufgabenblätter bitte einsammeln und wie die Lösungen erst nach dem 1. Dezember an die Schülerinnen und Schüler übergeben!

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.

Aufgabe 1: Doppelreflexion

<p>a)</p> 	1 P
<p>b) Der doppelt reflektierte Strahl verläuft (parallel) verschoben und in die entgegengesetzte Richtung bezüglich des einfallenden Lichtstrahls.</p>	1 P 1 P
<p>c)</p>  <p>- gleiche Winkel an den Einfallsloten erkennen - Innenwinkelsumme im $\triangle BDC$: $48^\circ + 2\alpha + 2\beta = 180^\circ \rightarrow \alpha + \beta = 66^\circ$ - Innenwinkelsumme im $\triangle ABC$: $(90^\circ - \alpha) + (90^\circ - \beta) + \gamma = 180^\circ \rightarrow \gamma = \alpha + \beta$ - damit folgt: <u>$\gamma = 66^\circ$</u></p>	2 P 1 P 1 P 1 P
<p>d) Die Summe $\alpha + \beta = \gamma$ mit $\gamma = 66^\circ$ ist stets konstant. Damit ist die Größe des Einfallswinkels α mit $0 < \alpha < 90^\circ$ und der Ort des Auftreffens auf dem Spiegel (nur nicht genau auf der Berührungslinie) variabel. Der Schnittwinkel der beiden Spiegelflächen muss also immer 66° sein.</p>	1 P 1 P
<p>Summe:</p>	<p>10 P</p>

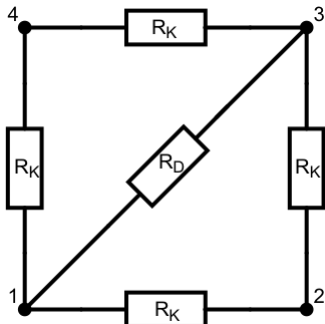
**16. Physikolympiade des Landes Sachsen-Anhalt
Schuljahr 2019/2020 – Runde 1**

Lösungen Klasse 10 – zunächst nur für Lehrkräfte!

Aufgabe 2: Stück Draht

a) Für die Gesamtlänge des Drahtes l gilt, wenn a die Seitenlänge des Quadrates ist:

$$l = 4a + \sqrt{2}a \Rightarrow l = a(4 + \sqrt{2})$$



1 P

Für das Verhältnis des Widerstandes einer Kante bzw. Diagonale zum Gesamtwiderstand gilt wegen des Widerstandsgesetzes $R \sim l$, da Rest konstant.

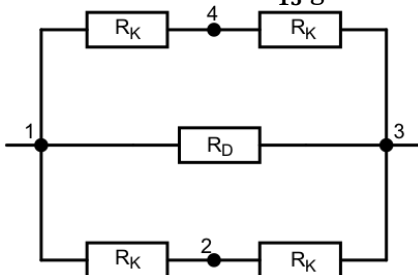
$$\frac{R_K}{R_{ges}} = \frac{a}{l} = \frac{\alpha \cdot 1}{\alpha(4 + \sqrt{2})} \Rightarrow R_K = \frac{1}{4 + \sqrt{2}} \cdot R_{ges} = \frac{1}{4 + \sqrt{2}} \cdot 6,5 \Omega = \underline{\underline{1,2 \Omega}}$$

2 P

$$\frac{R_D}{R_{ges}} = \frac{\sqrt{2} a}{l} = \frac{\alpha \cdot \sqrt{2}}{\alpha(4 + \sqrt{2})} \Rightarrow R_D = \frac{\sqrt{2}}{4 + \sqrt{2}} \cdot R_{ges} = \frac{\sqrt{2}}{4 + \sqrt{2}} \cdot 6,5 \Omega = \underline{\underline{1,7 \Omega}}$$

2 P

b) Für den **Widerstand R_{13}** gilt:



$$\frac{1}{R_{13}} = \frac{1}{2 R_K} + \frac{1}{R_D} + \frac{1}{(2 R_K)}$$

$$\frac{1}{R_{13}} = \left(\frac{4 + \sqrt{2}}{2} + \frac{4 + \sqrt{2}}{\sqrt{2}} + \frac{4 + \sqrt{2}}{2} \right) \cdot \frac{1}{R_{ges}}$$

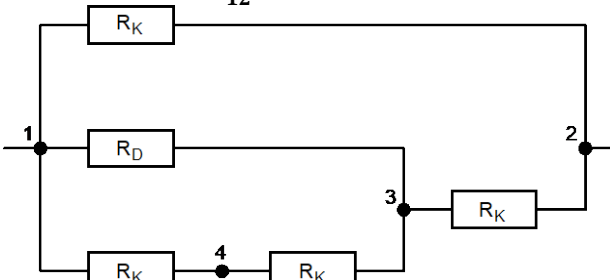
$$\frac{1}{R_{13}} = (5 + 3\sqrt{2}) \cdot \frac{1}{R_{ges}}$$

$$\frac{1}{R_{13}} = 0,70 \Omega$$

1 P

1 P

Der **Widerstand R_{12}** kann mithilfe des Ersatzwiderstand R_E berechnet werden:



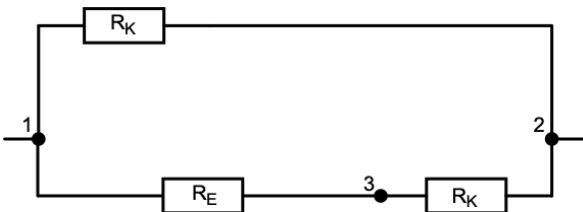
$$\frac{1}{R_E} = \frac{1}{R_D} + \frac{1}{2 R_K}$$

$$\frac{1}{R_E} = \left(\frac{4 + \sqrt{2}}{\sqrt{2}} + \frac{4 + \sqrt{2}}{2} \right) \frac{1}{R_{ges}}$$

$$\frac{1}{R_E} = \left(\frac{5\sqrt{2} + 6}{2} \right) \frac{1}{R_{ges}}$$

$$\Rightarrow R_E = 0,995 \Omega$$

Nun ist der Ersatzwiderstand mit der verbleibenden Kante 34 in Reihe und zusammen parallel zur verbleibenden Kante 12:



$$\frac{1}{R_{12}} = \frac{1}{R_K} + \frac{1}{R_E + R_K}$$

$$\frac{1}{R_{12}} = \frac{1}{1,2 \Omega} + \frac{1}{0,995 \Omega + 1,2 \Omega}$$

$$\frac{1}{R_{12}} = 1,31 \frac{1}{\Omega}$$

$$\Rightarrow R_{12} = \underline{\underline{0,77 \Omega}}$$

1 P

1 P

Wegen der Symmetrie gilt: $R_{12} = R_{23} = R_{34} = R_{41} = \underline{\underline{0,77 \Omega}}$

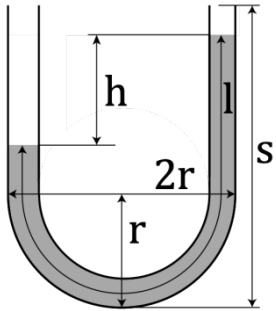
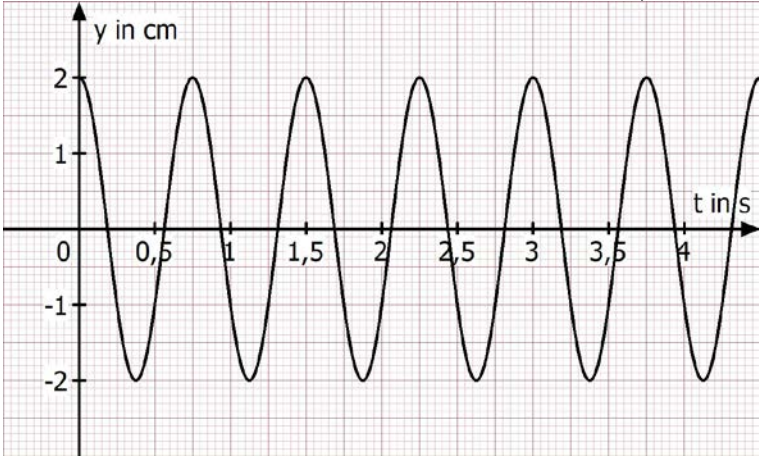
1 P

Summe: 10 P

16. Physikolympiade des Landes Sachsen-Anhalt
Schuljahr 2019/2020 – Runde 1

Lösungen Klasse 10 – zunächst nur für Lehrkräfte!

Aufgabe 3: U-Rohr

<p>a)</p> $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{2g}} \text{ nach } l \text{ umgestellt:}$ $l = \frac{T^2 \cdot g}{2\pi^2}$ $l = \frac{(0,75 \text{ s})^2 \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{2\pi^2}$ $l = \underline{\underline{0,28 \text{ m}}}$ 	2 P
<p>b) Steigt die Flüssigkeitssäule auf der einen Seite, so sinkt diese auf der anderen Seite um die gleiche Strecke. Die rücktreibende Kraft ist daher die Gewichtskraft der Flüssigkeitssäule mit der Höhe $h = 2 y_{max}$</p> $F = m g$ $F = V \rho g$ $F = \frac{\pi}{4} d^2 h \rho g$ $F = \frac{\pi}{4} \cdot (2 \text{ cm})^2 \cdot 4 \text{ cm} \cdot 0,001 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^3} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ $F = \underline{\underline{0,123 \text{ N}}}$ <p>Für die rücktreibende Kraft $F = \frac{\pi}{4} d^2 \rho g$ gilt also $\frac{F}{h} = \frac{\pi d^2 \rho g}{4} = \text{const} \Rightarrow F \sim h$. Es gilt ein lineares Kraftgesetz und somit ist die Schwingung der Flüssigkeitssäule harmonisch.</p>	1 P 1 P 1 P 1 P
<p>c) Für die Kreisfrequenz $\omega = 2\pi f \Rightarrow \omega = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow \omega = \frac{2\pi}{0,75 \text{ s}} = 8,378 \text{ Hz}$ und $\varphi_0 = \frac{\pi}{2}$</p>  $y(t) = y_{max} \cdot \sin(\omega t + \varphi_0)$ $y(t) = 2 \text{ cm} \cdot \sin\left(8,378 \text{ Hz} \cdot t + \frac{\pi}{2}\right)$	1 P 2 P 1 P
Summe:	10 P

**16. Physikolympiade des Landes Sachsen-Anhalt
Schuljahr 2019/2020 – Runde 1**

Lösungen Klasse 10 – zunächst nur für Lehrkräfte!

Aufgabe 4: Warmwasserbereitung

<p>a) an das Wasser werden die folgenden Wärmen abgegeben:</p> <p style="text-align: center;">$Q_{ab} = m \cdot c \cdot \Delta T$</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; padding: 5px;"> <p>Speicher</p> $Q_{abs} = 50 \text{ kg} \cdot 4,186 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 55 \text{ K}$ $Q_{abs} = 11,51 \text{ MJ}$ </td> <td style="width: 50%; padding: 5px;"> <p>Durchlauferhitzer</p> $Q_{abd} = 2 \text{ kg} \cdot 4,186 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 55 \text{ K}$ $Q_{abd} = 460 \text{ kJ}$ </td> </tr> </table> <p>Berechnung der zugeführten Wärmen: $Q_{zu} = V \cdot H$</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; padding: 5px;"> $Q_{zus} = 0,5 \text{ m}^3 \cdot 31 \frac{\text{MJ}}{\text{m}^3}$ $Q_{zus} = 15,5 \text{ MJ}$ </td> <td style="width: 50%; padding: 5px;"> $Q_{zud} = 0,016 \text{ m}^3 \cdot 31 \frac{\text{MJ}}{\text{m}^3}$ $Q_{zud} = 496 \text{ kJ}$ </td> </tr> </table> <p>Berechnung der Wirkungsgrade: $\eta = \frac{Q_{ab}}{Q_{zu}}$</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; padding: 5px;"> $\eta_S = 74\%$ </td> <td style="width: 50%; padding: 5px;"> $\eta_D = 93\%$ </td> </tr> </table>	<p>Speicher</p> $Q_{abs} = 50 \text{ kg} \cdot 4,186 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 55 \text{ K}$ $Q_{abs} = 11,51 \text{ MJ}$	<p>Durchlauferhitzer</p> $Q_{abd} = 2 \text{ kg} \cdot 4,186 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 55 \text{ K}$ $Q_{abd} = 460 \text{ kJ}$	$Q_{zus} = 0,5 \text{ m}^3 \cdot 31 \frac{\text{MJ}}{\text{m}^3}$ $Q_{zus} = 15,5 \text{ MJ}$	$Q_{zud} = 0,016 \text{ m}^3 \cdot 31 \frac{\text{MJ}}{\text{m}^3}$ $Q_{zud} = 496 \text{ kJ}$	$\eta_S = 74\%$	$\eta_D = 93\%$	<p>1 P</p> <p>1 P</p> <p>1 P</p> <p>1 P</p>
<p>Speicher</p> $Q_{abs} = 50 \text{ kg} \cdot 4,186 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 55 \text{ K}$ $Q_{abs} = 11,51 \text{ MJ}$	<p>Durchlauferhitzer</p> $Q_{abd} = 2 \text{ kg} \cdot 4,186 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 55 \text{ K}$ $Q_{abd} = 460 \text{ kJ}$						
$Q_{zus} = 0,5 \text{ m}^3 \cdot 31 \frac{\text{MJ}}{\text{m}^3}$ $Q_{zus} = 15,5 \text{ MJ}$	$Q_{zud} = 0,016 \text{ m}^3 \cdot 31 \frac{\text{MJ}}{\text{m}^3}$ $Q_{zud} = 496 \text{ kJ}$						
$\eta_S = 74\%$	$\eta_D = 93\%$						
<p>b) $\eta_S < \eta_D$ Bei dem Speicher entstehen durch die langen Speicherzeiten Wärmeverluste, die beim Durchlauferhitzer nicht auftreten, da nur dann erhitzt wird, wenn warmes Wasser gebraucht wird.</p>	<p>1 P</p> <p>1 P</p>						
<p>c) Es gilt: $1 \text{ kWh} = 3600 \text{ kJ}$ bzw. $1 \text{ kJ} = 1 \frac{\text{kWh}}{3600}$ Für die Kosten mit dem Durchlauferhitzer K_D folgt:</p> $K_D = Q_{zud} \frac{662 \text{ €}}{10000 \text{ kWh}} \rightarrow K_D = \frac{496 \text{ kWh}}{3600} \frac{662 \text{ €}}{10000 \text{ kWh}} \rightarrow \underline{\underline{K_D = 0,9 \text{ Cent}}}$	<p>1 P</p> <p>1 P</p>						
<p>d) Entsprechend ergeben sich die Kosten K_W für den Wasserkocher zu:</p> $K_W = \frac{Q_{abd}}{\eta_W} \frac{706 \text{ €}}{2500 \text{ kWh}} \rightarrow K_W = \frac{460 \text{ kWh}}{3600 \cdot 0,9} \frac{706 \text{ €}}{2500 \text{ kWh}} \rightarrow \underline{\underline{K_W = 4,3 \text{ Cent}}}$	<p>2 P</p>						
Summe:	10 P						
Gesamtsumme:	40 P						