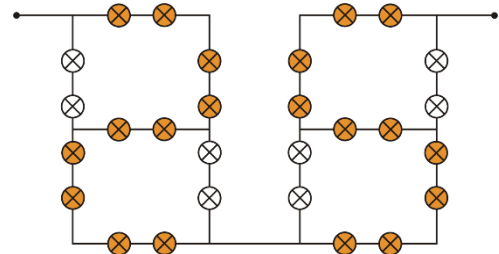


Lösungsbeispiel - Juniorstufe

Aufgabe PW25 J2 Die Lampenziffer

Irmgard hat zum Wettbewerbsjubiläum die Zahl **25** auf ihrem Steckbrett aus baugleichen Glühlampen gebaut (siehe Abbildung); alle Lampen leuchten gleich hell. Sie möchte diesen Aufbau auch in den nächsten Jahren verwenden, indem sie in leere Fassungen Glühlampen einschraubt bzw. andere entfernt.



- *Untersuche, ob dies für die nächsten drei Wettbewerbe funktioniert. (Du kannst auch eine Simulation verwenden, z.B. PhET)*

Vorbemerkung:

Bei der Zahl 25 sind die 20 baugleichen Lämpchen in Reihe geschaltet und leuchten alle gleich hell.

(Bemerkung außerhalb der Wertung: Es ist eine recht hohe Spannung erforderlich, der offene Aufbau könnte gefährlich sein.)

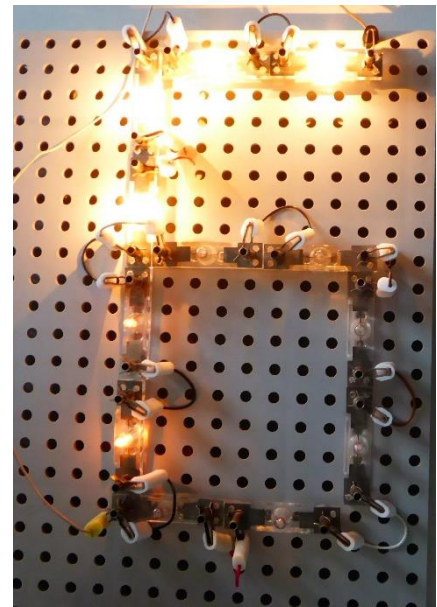
Die Ziffer 6:

Im oberen Teil ist es eine Reihenschaltung von 4 Lämpchen, alle leuchten gleich hell, weil die Spannung an gleichen Widerständen gleich groß ist.

Im unteren Teil ist es eine „gemischte“ Schaltung – also Parallel- und Reihenschaltung treten zugleich auf. Deshalb können nicht alle Lämpchen gleich hell brennen.

Die sechs Lämpchen des „Bauches“ der 6 sind in Reihe geschaltet, dieser Zweig ist parallel zur Reihenschaltung der beiden Lämpchen links geschaltet.

Insgesamt ist die Spannung am unteren Teil kleiner als am oberen, weil unten der Gesamtwiderstand kleiner ist als oben. Der Strom teilt sich nach der Viererkette auf, links fließt der doppelte Strom wie rechts durch den „Bauch“ der 6.



Deshalb leuchten die beiden links auch, aber nicht so hell, wie die oberen 4. Die anderen sechs Lämpchen leuchten entweder gar nicht oder sie glimmen ganz schwach. Es gibt insgesamt 3 verschiedene Helligkeiten bei Ziffer 6.

Die Ziffer 7:

Sie kann dann nicht dargestellt werden, da der Stromkreis unterbrochen ist, wenn die unteren beiden und die linken Lämpchen für die Darstellung der 7 rausgedreht werden.

Die Ziffer 8:

Ebenso wie bei Ziffer 6 ist es eine „gemischte“ Schaltung, – also Parallel- und Reihenschaltung treten darin auf. Deshalb können nicht alle Lämpchen gleich hell brennen.

Es gibt insgesamt 3 verschiedene Helligkeiten: die beiden mittleren Lämpchen (im Steg) leuchten nicht, an diesen beiden fällt eine sehr kleine Spannung ab.

Bei den oberen 6 Lämpchen ist es eine Parallelschaltung mit zwei „Zweigen“. Die hell leuchtende Zweierkette rechts hat den halben Widerstand der 4-er Kette links. Deshalb ist die Spannung an den beiden doppelt so groß wie an der 4-er Kette.

Im unteren Teil der Ziffer 8 sind die Verhältnisse genauso wie im oberen, die Teile sind zentralsymmetrisch gleich aufgebaut. Deshalb entsprechen die zwei Helligkeiten denen im oberen Teil.

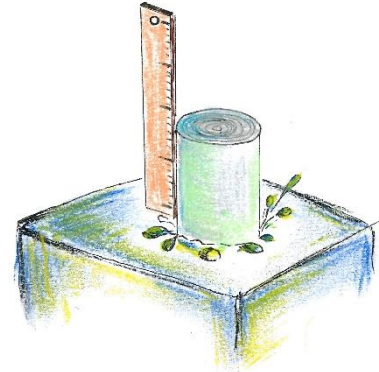


Lösungsbeispiel - Fortgeschrittene

Aufgabe PW25 F3 Eisenzylinder

Ein Eisenzylinder von 4 cm Höhe und 2 cm Durchmesser wird auf 100°C erwärmt und auf die Oberfläche eines hinreichend großen Eiswürfels mit einer Temperatur von -18°C gesetzt.

- Berechne, wie tief der Eisenzylinder maximal in das Eis einsinkt, wenn das Schmelzwasser problemlos entweichen kann und die Wärmeverluste sowie die Wärmeleitung des Eises vernachlässigt werden.
- Was ergibt sich bei einem Zylinder von gleicher Höhe und doppeltem Durchmesser?



Unter der Annahme, dass keine Wärmeverluste auftreten, wird der Zylinder Wärme ausschließlich an das Eis abgeben. Da der Eisblock hinreichend groß ist und keine Wärme durch das Eis abgeleitet wird, führt die Wärme des Zylinders zur Erwärmung des Eises und zum Schmelzen desselben in seiner unmittelbaren Nähe. Folglich kühlt sich der Zylinder auf 0°C ab und das Eis erwärmt sich auf diese Temperatur, bevor es schmilzt. Es gilt:

$$Q_{ab} = Q_{aufc}$$

$$Q_{Eisen} = Q_{Eis}$$

$$c_{Eisen} m_{Eisen} \Delta\vartheta_{Eisen} = c_{Eis} m_{Eis} \Delta\vartheta_{Eis} + q_{Eis} m_{Eis}$$

$$c_{Eisen} m_{Eisen} \Delta\vartheta_{Eisen} = m_{Eis} (c_{Eis} \Delta\vartheta_{Eis} + q_{Eis})$$

$$m_{Eis} = \frac{c_{Eisen} m_{Eisen} \Delta\vartheta_{Eisen}}{(c_{Eis} \Delta\vartheta_{Eis} + q_{Eis})}$$

$$\rho_{Eis} V_{Eis} = \frac{c_{Eisen} \rho_{Eisen} V_{Eisen} \Delta\vartheta_{Eisen}}{(c_{Eis} \Delta\vartheta_{Eis} + q_{Eis})}$$

$$\rho_{Eis} A_{Eis} h_{Eis} = \frac{c_{Eisen} \rho_{Eisen} h_{Eisen} A_{Eisen} \Delta\vartheta_{Eisen}}{(c_{Eis} \Delta\vartheta_{Eis} + q_{Eis})}$$

$$\rho_{Eis} h_{Eis} = \frac{c_{Eisen} \rho_{Eisen} h_{Eisen} \Delta\vartheta_{Eisen}}{(c_{Eis} \Delta\vartheta_{Eis} + q_{Eis})}$$

$$h_{Eis} = \frac{\rho_{Eisen}}{\rho_{Eis}} \cdot \frac{c_{Eisen} \Delta\vartheta_{Eisen}}{(c_{Eis} \Delta\vartheta_{Eis} + q_{Eis})} \cdot h_{Eisen}$$

$$h_{Eis} \approx 1,02 \cdot h_{Eisen}$$

$$h_{Eis} \approx 4,08 \text{ cm}$$

$$c_{Eisen} = 0,439 \text{ kJ/(kgK)}$$

$$c_{Eis} = 2,09 \text{ kJ/(kgK)}$$

$$q_{Eis} = 333,5 \text{ kJ/kg}$$

$$\rho_{Eisen} = 7,86 \text{ g/cm}^3$$

$$\rho_{Eis} = 0,917 \text{ g/cm}^3$$

$$\Delta\vartheta_{Eisen} = 100 \text{ K}$$

$$\Delta\vartheta_{Eis} = 18 \text{ K}$$