

**Schriftliche Abiturprüfung 2007 – Sachsen-Anhalt**  
**Physik 13 n**  
**(Grundkursniveau)**

**Thema V1: Wärmeübertragung**

**1 Mischungsvorgänge**

- 1 Ein Kalorimeter ist mit Wasser der Masse  $m = 300 \text{ g}$  und der Temperatur  $\vartheta_w = 26^\circ\text{C}$  gefüllt. Nun werden Eiswürfel mit der Temperatur  $\vartheta_E$  hinzugegeben. In Abhängigkeit von der Masse des Eises  $m_E$  und der Temperatur  $\vartheta_E$  können sich nach dem Einstellen des thermischen Gleichgewichtes drei qualitativ verschiedene Endzustände ergeben. (Die Wärmekapazität des Kalorimeters kann vernachlässigt werden.)
- 1.1 Beschreiben Sie diese Zustände bezüglich der am Ende vorliegenden Aggregatzustände. Begründen Sie Ihre Aussagen.
- 1.2 Die Eiswürfel haben zu Beginn des Mischungsexperimentes die Temperatur  $\vartheta_E = -28^\circ\text{C}$ . Berechnen Sie die Masse der Eiswürfel, wenn sich die Mischungstemperatur  $\vartheta_m = 12^\circ\text{C}$  einstellen soll.

Hinweise:  $c_{\text{Eis}} = 2,09 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

**2 Abkühlvorgänge**

- Für das Abkühlen einer Flüssigkeit wurde von Newton um 1700 der Zusammenhang  $\vartheta(t) = \vartheta_U + (\vartheta_A - \vartheta_U) \cdot e^{-k \cdot t}$  gefunden. Die Umgebungstemperatur  $\vartheta_U$ , die Anfangstemperatur  $\vartheta_A$  und die Konstante  $k$  bestimmen den exponentiellen Zusammenhang.
- 2.1 Beschreiben Sie, welchen Einfluss die Größe von  $k$  auf den Abkühlvorgang hat. Nennen Sie zwei Faktoren, die die Konstante  $k$  beeinflussen.
- 2.2 Eine Tasse ist mit heißem Kaffee gefüllt. Die Temperatur  $\vartheta$  des Kaffees wird in Abhängigkeit von der Zeit  $t$  gemessen. In der folgenden Tabelle sind die Ergebnisse dargestellt. Die Umgebungstemperatur beträgt  $\vartheta_U = 20^\circ\text{C}$ .

t in s	0	100	200	300	400	500	600	700
$\vartheta$ in $^\circ\text{C}$	85,0	74,8	66,3	59,0	52,9	47,8	43,4	39,8

Überprüfen Sie mithilfe von zwei Messwertpaaren aus der Wertetabelle, dass für dieses Experiment gilt:  $k = 1,7 \cdot 10^{-3} \text{ s}^{-1}$ .

Ermitteln Sie die Zeit, nach der sich die Flüssigkeit auf  $25^\circ\text{C}$  abgekühlt hat.

1. Mischungsvorgänge
- 1.1 Beschreibung + Begründung:

Zustand		Begründung
1	nur Eis	Die vom warmen Wasser zur Abkühlung und zum Erstarren abgegebene Wärme ist kleiner als die zur Erwärmung und zum Schmelzen von Eis benötigten Wärme.
2	Eis-Wasser-Gemisch	Die vom warmen Wasser bei der Abkühlung abgegebene Wärme reicht aus, um das Eis auf 0°C zu erwärmen und einen Teil der Schmelzwärme aufzubringen.
3	nur Wasser	Die vom warmen Wasser bei der Abkühlung abgegebene Wärme reicht aus, um das Eis auf 0°C zu erwärmen und die Schmelzwärme aufzubringen, um das Eis vollständig zu schmelzen.

## 1.2

Masse der Eiswürfel:

$$-Q_{\text{ab}} = Q_{\text{zu}}$$

$$-Q_{\text{Wasser}} = Q_{\text{Eis}} + Q_{\text{Schmelz}} + Q_{\text{Eis-Wasser}}$$

$$-m_{\text{W}} \cdot c_{\text{W}} \cdot (T_{\text{M}} - T_{\text{W}}) = m_{\text{E}} \cdot c_{\text{E}} \cdot (T_{\text{E}} - T_0) + m_{\text{E}} \cdot q_{\text{S}} + m_{\text{E}} \cdot c_{\text{W}} \cdot (T_{\text{M}} - T_0)$$

$$-m_{\text{W}} \cdot c_{\text{W}} \cdot (T_{\text{M}} - T_{\text{W}}) = m_{\text{E}} \cdot [c_{\text{E}} \cdot (T_{\text{E}} - T_0) + q_{\text{S}} + c_{\text{W}} \cdot (T_{\text{M}} - T_0)]$$

$$m_{\text{E}} = -\frac{m_{\text{W}} \cdot c_{\text{W}} \cdot (T_{\text{M}} - T_{\text{W}})}{c_{\text{E}} \cdot (T_{\text{E}} - T_0) + q_{\text{S}} + c_{\text{W}} \cdot (T_{\text{M}} - T_0)}$$

$$m_{\text{E}} = -\frac{0,3\text{kg} \cdot 4,19\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot (285 - 299)\text{K}}{2,09\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot (273 - 245)\text{K} + 334\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1} + 4,19\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot (285 - 273)\text{K}}$$

$$m_{\text{E}} = 0,03974\text{kg} = \underline{0,04\text{kg}}$$

$$[m] = \frac{\text{kg} \cdot \text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{K}}{\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{K} + \text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1} + \text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{K}}$$

$$= \frac{\text{kg} \cdot \text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}}{\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1} + \text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1} + \text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}} = \text{kg}$$

## 2. Abkühlvorgänge

### 2.1 Einfluss:

- Je größer  $k$ , umso schneller kühlt die Flüssigkeit ab.

2 Faktoren, z. B.

- Verhältnis der Oberfläche zur Masse
- Art der Oberfläche
- Form der Oberfläche
- Gefäßmaterial

### 2.2 Überprüfung des K-Wertes:

$$\vartheta = \vartheta_U + (\vartheta_A - \vartheta_U) \cdot e^{-k \cdot t}$$

$$\vartheta - \vartheta_U = (\vartheta_A - \vartheta_U) \cdot e^{-k \cdot t}$$

$$e^{-k \cdot t} = \frac{\vartheta - \vartheta_U}{\vartheta_A - \vartheta_U}$$

$$k = -\frac{\ln\left(\frac{\vartheta - \vartheta_U}{\vartheta_A - \vartheta_U}\right)}{t}$$

1. Beispiel:  $k = -\frac{\ln\left(\frac{74,8 - 20}{85 - 20}\right)}{100 \text{ s}} = 1,707 \cdot 10^{-3} \text{ s}^{-1}$

2. Beispiel:  $k = -\frac{\ln\left(\frac{43,4 - 20}{85 - 20}\right)}{600 \text{ s}} = 1,707 \cdot 10^{-3} \text{ s}^{-1}$

Berechnung von 2 Funktionswerten ebenfalls möglich.

Zeit:

$$t = -\frac{\ln\left(\frac{\vartheta - \vartheta_U}{\vartheta_A - \vartheta_U}\right)}{k}$$

$$t = -\frac{\ln\left(\frac{25 - 20}{85 - 20}\right)}{1,7 \cdot 10^{-3} \text{ s}^{-1}} = \underline{\underline{1508,8 \text{ s}}}$$