

Physik zu Hause, 8b
Woche 05/2021
Musterlösungen und Heftereintrag

Aufgabe 1. Kupfer schmilzt.

Ein Block Kupfer mit einer Masse von $m = 250 \text{ g}$ soll geschmolzen werden.

- a) Gib an, auf welche Temperatur es erwärmt werden muss.
- b) Berechne die Wärme, die hinzugeführt werden muss, um diesen Kupferblock auf Schmelztemperatur in den flüssigen Aggregatzustand zu überführen.
- c) Der Ofen hat eine Leistung von $P = 100 \text{ kW}$. Berechne die Zeit t , die für das Schmelzen benötigt wird. Hinweise: Die Gleichung $Q = P \cdot t$ hilft. Die Einheit Watt (W) kann auch angegeben werden als $1 \text{ W} = 1 \frac{\text{J}}{\text{s}}$

a) Das Kupfer muss auf seine Schmelztemperatur erwärmt werden. Sie beträgt $\vartheta_s = 1083 \text{ °C}$.

b) geg.:

- Kupfer, $m = 250 \text{ g} = \frac{1}{4} \text{ kg}$
- $q_s = 205 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$

ges: Q_s

Lsg: $Q_s = q_s \cdot m = 205 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \cdot \frac{1}{4} \text{ kg} = 51,25 \text{ kJ}$

Antw.: Zum Schmelzen muss die Schmelzwärme von $Q_s = 51,25 \text{ kJ}$ zugeführt werden.

c) geg:

- $P = 100 \text{ kW} = 100\,000 \text{ W}$
- $Q_s = 51,25 \text{ kJ} = 51\,250 \text{ J}$

ges: t

Lsg:

$$Q_s = P \cdot t \Rightarrow t = \frac{Q_s}{P} = \frac{51250 \text{ J}}{100000 \frac{\text{J}}{\text{s}}} = 0,5125 \text{ s}$$

Aufgabe 2. Ergibt das Diagramm Sinn?

Das Diagramm im Lehrbuch auf S. 185 zeigt das Schmelzen von Eis, die Erwärmung von Wasser und das Verdampfen des Wassers. Ergibt das Diagramm Sinn, d.h. wird immer die gleiche Masse Eis/Wasser geschmolzen, erwärmt bzw. verdampft?

Allgemeines Vorgehen:

1. Jeder Prozess hat einen Wärmewert, an dem er beginnt (Q_B), und einen Wärmewert, an dem er endet (Q_E). Beide Werte können aus dem Diagramm abgelesen werden.
2. Die Differenz $Q_E - Q_B$ gibt die für den Prozess nötige Wärme an. Diese kann mit den bekannten Gleichungen verwendet werden, um jeweils die Masse auszurechnen.
3. Das Diagramm ergibt Sinn, wenn für alle drei Prozesse die gleiche Masse m errechnet werden kann.

I) Schmelzen des Eises

- geg.: $Q_B = 50 \text{ kJ}$, $Q_E = 375 \text{ kJ}$
 $q_S = 334 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$
- ges: m
- Lsg: $Q_S = q_S \cdot m \Rightarrow m = \frac{Q_S}{q_S}$
 $Q_S = Q_E - Q_B = 375 \text{ kJ} - 50 \text{ kJ} = 325 \text{ kJ}$
 $m = \frac{Q_S}{q_S} = \frac{325 \text{ kJ}}{334 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}} = \frac{325 \text{ kJ} \cdot \text{kg}}{334 \text{ kJ}} = 0,97 \text{ kg} \approx 1 \text{ kg}$

II) Erwärmung des Wassers

- geg.: $Q_B = 375 \text{ kJ}$, $Q_E = 800 \text{ kJ}$
 $c = 4,19 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$
 $\Delta T = 100 \text{ K}$
- ges.: m
- Lsg: $Q = c \cdot m \cdot \Delta T \Rightarrow m = \frac{Q}{c \cdot \Delta T}$
 $Q = Q_E - Q_B = 800 \text{ kJ} - 375 \text{ kJ} = 425 \text{ kJ}$
 $m = \frac{Q}{c \cdot \Delta T} = \frac{425 \text{ kJ}}{4,19 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 100 \text{ K}} = \frac{425 \text{ kJ} \cdot \text{kg} \cdot \text{K}}{419 \text{ kJ} \cdot \text{K}} = 1,01 \text{ kg} \approx 1 \text{ kg}$

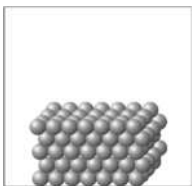
III) Verdampfen des Wassers

- geg.: $Q_B = 800 \text{ kJ}$, $Q_E = 3050 \text{ kJ}$
 $q_V = 2256 \text{ kJ}$
- ges: m
- Lsg.: $Q_V = q_V \cdot m \Rightarrow m = \frac{Q_V}{q_V}$
 $Q_V = Q_E - Q_B = 3050 \text{ kJ} - 800 \text{ kJ} = 2250 \text{ kJ}$
 $m = \frac{Q_V}{q_V} = \frac{2250 \text{ kJ}}{2256 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}} = \frac{2250 \text{ kJ} \cdot \text{kg}}{2256 \text{ kJ}} = 0,99 \text{ kg} \approx 1 \text{ kg}$

Bei allen drei Prozessen wird eine Masse von einem Kilogramm Eis bzw. Wasser I) geschmolzen, II) um 100 K erwärmt und III) verdampft. Daher ergibt das Diagramm Sinn.

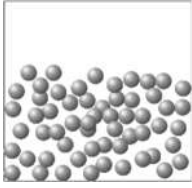
Heftereintrag

Die verschiedenen Aggregatzustände und die Zustandsänderungen können durch das Teilchenmodell erklärt werden:



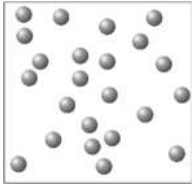
In **festen Körpern** liegen die Teilchen eng beieinander. Sie haben im Körper einen festen Platz. Alle ihre Bewegungen sind Schwingungen.

Beim **Schmelzen** werden die Schwingungen der Teilchen so stark, dass sie ihre festen Plätze verlassen können.



In **Flüssigkeiten** liegen die Teilchen ebenfalls eng beieinander, sie sind aber gegeneinander verschiebbar. Die zwischen den Teilchen wirkenden Kräfte sind geringer als die in festen Körpern. Die thermische Energie von Flüssigkeiten ist größer als die von festen Körpern.

Bei zunehmender Energiezufuhr bewegen sich die Teilchen im Durchschnitt immer schneller. Die Temperatur steigt. Letztlich bewegen sich die Teilchen so heftig, dass sie die Flüssigkeit verlassen können. Die Flüssigkeit verdampft.



In **Gasen** ist der Abstand der Teilchen untereinander sehr groß. Sie bewegen sich frei im gesamten Raum. Die Kräfte zwischen den Teilchen ist sehr klein.

Geht ein fester Körper direkt in den gasförmigen Zustand über, spricht, dann sublimiert er. Ursache dafür ist, dass vereinzelte Teilchen sich so schnell bewegen, dass sie sich direkt aus dem Festkörper lösen können.

Das gleiche Phänomen kommt bei Flüssigkeiten vor. Beim Verdunsten verlassen einzelne Teilchen auch unterhalb der Siedetemperatur die Flüssigkeit.

Ein Körper geht bei der **Schmelztemperatur** vom festen in den flüssigen Aggregatzustand (Schmelzen) bzw. vom flüssigen in den festen Aggregatzustand (Erstarren) über.

Ein Körper geht bei der **Siedetemperatur** vom flüssigen in den gasförmigen Aggregatzustand (Verdampfen) bzw. vom gasförmigen in den flüssigen Aggregatzustand (Kondensieren) über.

Die Schmelz- und die Siedetemperatur sind abhängig vom Luftdruck.

So siedet Wasser in den Bergen bei einer niedrigeren Temperatur als auf Meereshöhe.

Schmelzwärme und Verdampfungswärme

Bei der Erwärmungskurve des Wassers haben wir gesehen, dass bei gleichmäßiger Wärmezufuhr das Wasser im festen Aggregatzustand blieb. Daran kann man sehen, dass für eine Änderung der Aggregatzustände Wärme **zugeführt** bzw. **abgegeben** werden muss (siehe Grafik).

Definition	Die Spezifische Schmelzwärme
Bedeutung	<u>gibt an, wie viel Wärme erforderlich ist, um bei der Schmelztemperatur 1 kg eines Stoffs zu schmelzen.</u>
Formelzeichen	q_s
Einheit	ein Kilojoule je Kilogramm ($1 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$)

Zum Schmelzen muss die Schmelzwärme zugeführt werden, beim Erstarren wird sie wieder freigegeben. Die Schmelzwärme (Q_s) für einen Körper mit der Masse m berechnet sich mit der Gleichung:

$$Q_s = q_s \cdot m$$

Analog dazu muss beim Verdampfen Wärme zugeführt werden, die bei Kondensation wieder frei wird.

Definition	Die Spezifische Verdampfungswärme
Bedeutung	<i>gibt an, wie viel Wärme erforderlich ist, um bei der Siedetemperatur 1 kg eines Stoffes zu verdampfen.</i>
Formelzeichen	q_v
Einheit	<i>ein Kilojoule je Kilogramm ($1 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$)</i>

Die Verdampfungswärme (Q_v) für einen Körper mit der Masse m berechnet sich mit der Gleichung:

$$Q_v = q_v \cdot m$$

- Verdunstung ist der Übergang einer Flüssigkeit in den gasförmigen Zustand auch weit unterhalb der Siedetemperatur.
- Die Verdunstung ist abhängig von:
 - der Oberflächengröße der Flüssigkeit.
 - von der Temperatur und davon
 - wie schnell der verdunstete Anteil abgeführt werden.
- Verdunstungskälte entsteht durch die Kühlung der Flüssigkeitsumgebung, weil zur Verdunstung Wärme benötigt wird.
- Die Umgebung der Flüssigkeit kühlt ab.
- Luftfeuchtigkeit ist der Anteil der an Wasserdampf, der sich in der Atmosphäre befindet.
- 60% Luftfeuchte bedeutet, dass in der Atmosphäre 60% des Wasserdampfes enthalten ist, der bei einer bestimmten Temperatur aufgenommen werden kann.
- Wenn der Wasserdampf kondensiert, bilden sich Wolken.