Grundlegende Informationen:

Im Folgenden erhältst du deine Arbeitsaufträge für diese Woche. Diese bestehen im Allgemeinen aus Hefteinträgen sowie Übungsaufgaben. Die Lösungen der Übungsaufgaben erhältst du zu Beginn der darauffolgenden Woche. Denke bitte jeden Tag daran, das jeweilige Datum an den Rand zu notieren, um eine grobe Orientierung zu ermöglichen.

Die Einträge, die in den schwarzen Boxen stehen, sind wortwörtlich ins Heft zu übernehmen. Die außen stehenden Texte sind entweder Erklärtexte oder Arbeitsaufträge, die du bitte wie beschrieben ausführst. Haltet dich dabei an die angegebene Reihenfolge und gestalte deinen Hefteintrag so ansprechend und übersichtlich wie möglich.

Falls etwas unklar ist oder du Fragen hast, so kannst du sie mir gerne in einer E-Mail an die Adresse andrea.weigert@willibald-gymnasium.de stellen.

Arbeitsauftrag:

1. Vorüberlegungen – Heißer Tee

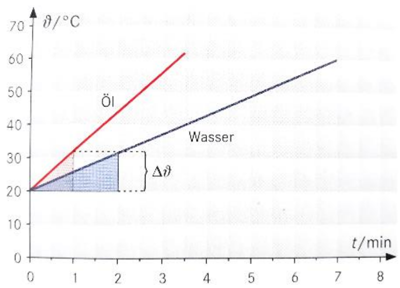
In den vergangenen Wochen haben wir uns viele Gedanken um die prinzipiellen Vorgänge und Gesetzmäßigkeiten beim Erwärmen verschiedener Körper und deren Möglichkeiten, den Aggregatszustand zu wechseln, gemacht. Eine zentrale Rolle hat dabei die Energie gespielt, die in Form von Wärme zwischen den einzelnen Körpern hin- und herwechselt.

Du kannst nun erklären, wieso Eiswasser seine Temperatur trotz der Zufuhr von Wärme von außen so lange konstant hält, bis das gesamte Eis geschmolzen, weshalb man sich an Wasserdampf verbrüht und aus welchem Grund man im nassen Badeanzug viel leichter zu frieren beginnt als im trockenen.

Die Überlegungen dieser Woche wollen wir nun unter folgende Leitfrage stellen:

„Kann man heißen Tee trinken kann, wenn man einem Schluck kaltes Wasser hinzufügt?“

Was dabei grundsätzlich passiert ist dir bereits klar:
Heißer Tee trifft auf kaltes Wasser. Dadurch gibt der Tee Wärme an das Wasser ab, und zwar so lange, bis beide Flüssigkeiten die gleiche Temperatur haben. Aber ist der Tee bei dieser Temperatur nun trinkbar?



Um das herauszufinden, müssen wir einen Schritt zurück zu Woche 1 machen. Dort haben wir untersucht, wie die Temperatur von Wasser und Öl beeinflusst wird, wenn der Flüssigkeit eine gewisse Menge an Energie (z. B. in Form der Wärme des Tees) zugeführt wird.

Wir haben festgestellt, dass dabei (ohne Wechsel des Aggregatszustands) ein linearer Zusammenhang besteht (d.h.

dass die Erwärmung bei doppelter Energiemenge auch doppelt so groß ist usw.). Dies kann man auch dem Diagramm auf Seite 69 entnehmen (s. oben).
Damit steht schon ein wichtiger Zusammenhang fest:

$$\boldsymbol{E \sim \Delta\vartheta}$$

Außerdem erkennt man auch, dass das **Material**, das erwärmt werden soll, offensichtlich auch eine Rolle spielt.
Doch wovon hängt die Energie, die zum erwärmen benötigt wird, noch ab?

Lasst uns dazu zu unserem Teebeispiel zurückkommen.
Nehmen wir einmal an, dass ihr den Tee jetzt sofort trinken wollt, der Schluck kaltes Wasser aber noch nicht ausgereicht hat. Was könntet ihr tun, um das Problem doch noch zu lösen?
Die naheliegende Antwort darauf ist wohl: ***einen weiteren Schluck Wasser hinzufügen***. Der Tee muss dann nämlich einen größeren Teil seiner Wärme abgeben, um die Temperatur des hinzugefügten Wassers anzugleichen.
Die Menge an Wasser – oder physikalisch ausgedrückt: seine **Masse** – spielt also auch eine Rolle.

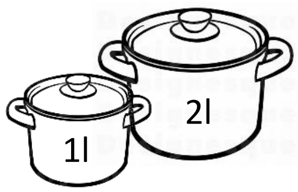
Insgesamt ist die Energie, die zum Erwärmen eines Körpers benötigt wird, also abhängig

- von der **Masse $\boldsymbol{m}$** des zu erwärmenden Körpers;
- davon, um wie viele °C (oder K) der Körper erwärmt werden soll (d.h. von der **Differenztemperatur $\Delta\boldsymbol{\vartheta}$**) und
- vom **Material,** aus dem der zu erwärmende Körper besteht.

Nun wollen wir uns die Art der Zusammenhänge näher ansehen, um schlussendlich eine Formel zur Berechnung der Energie zu erhalten.
Bei der **Differenztemperatur** ist bereits bekannt, dass es sich um einen linearen Zusammenhang handelt:

$$\boldsymbol{E \sim \Delta\vartheta}.$$

Bei der **Masse** muss dies noch untersucht werden.
Dazu kann man beispielsweise zwei Töpfe auf den Herd stellen, in denen sich ein beziehungsweise zwei Liter Wasser befinden, und diese auf identischen Herdplatten auf gleicher Stufe erhitzen. Hierbei stellt man fest, dass sich das Wasser des $1l$-Topfes doppelt so schnell erwärmt wie das des $2l$-Topfes. Wiederholt man das Experiment mit $3l$, $4l$,…, so erkennt man, dass auch Energie und Masse linear zusammenhängen:



$$\boldsymbol{E \sim m}.$$

Das Material liefert schließlich noch die Proportionalitätskonstante. Sie heißt spezifische Wärmekapazität und wird im Folgenden mit c bezeichnet.
Insgesamt ergibt sich daher:

$$\boxed{E = c \cdot m \cdot \Delta\boldsymbol{\vartheta} = c \cdot m \cdot (\boldsymbol{\vartheta_{Ende}} - \boldsymbol{\vartheta_{Anfang}}).}$$

2. Festigung im Buch

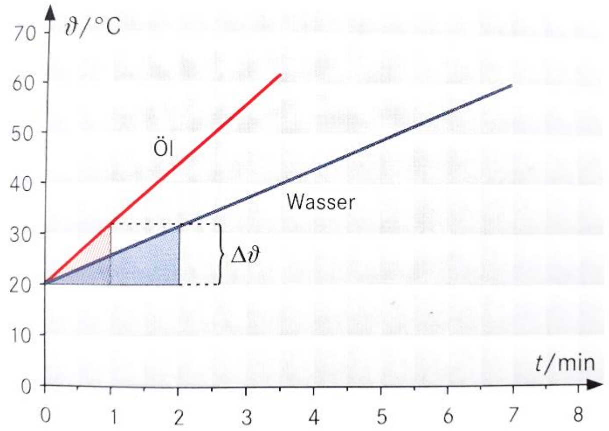
Lies dir im Buch die Seite 73 (und die ersten drei Zeilen auf Seite 74) durch. Dort wird das, was wir uns gerade eben überlegt haben, noch einmal erläutert.

3. Hefteintrag

Übernimm bitte folgenden Hefteintrag in dein Heft. Denke auch daran, das Datum an den Rand zu notieren.

a) Erwärmen und Abkühlen in Zahlen

Erwärmt man Wasser in einem Wasserkocher unter optimalen Bedingungen, so erhält man beispielsweise folgendes Ergebnis:



Übernimm das Diagramm von Seite 69 in dein Heft.

Um einen Körper der Masse m von einer Anfangstemperatur ϑ_A auf eine Endtemperatur ϑ_E zu erwärmen, benötigt man die Energiemenge

$$\Delta E = c \cdot m \cdot (\vartheta_E - \vartheta_A) = c \cdot m \cdot \Delta\vartheta$$

mit c: **spezifische Wärmekapazität** (materialabhängig)

c ist ein Maß dafür, wie welche Energiemenge von $1kg$ eines Stoffes aufgenommen wird, um seine Temperatur um 1K zu erhöhen.

$$[c] = 1\frac{J}{kg \cdot K}$$

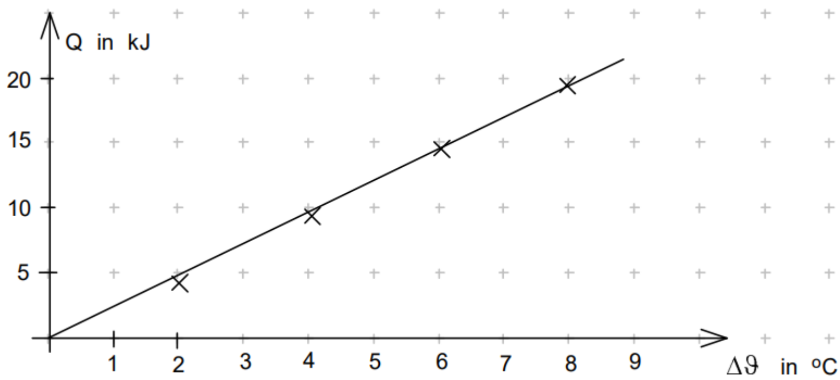
Beachte: Als Einheit von $\Delta\vartheta$ wird üblicherweise Kelvin verwendet!

4. Übungsaufgaben

Bearbeite bitte folgende Übungsaufgaben schriftlich in deinem Heft.
Die Lösung findest du am Ende des Dokuments.

Aufgabe 1 **Interpretation des Experiments *(Wiederholung zum Vorgehen oben)***

In einem Becherglas werden 1 kg einer Flüssigkeit mit einem Tauchsieder erwärmt.
Das Diagramm zeigt den Zusammenhang zwischen der Temperaturerhöhung $\Delta\vartheta$ und der vom Tauchsieder zugeführten Wärme Q.



a) Interpretiere das Diagramm.
b) Entnimm dem Diagramm, wie viel Energie zum Erwärmen der gesamten Flüssigkeit um 1,0°C erforderlich ist.
c) Berechne aus dem Wert aus b), wie viel Energie zum Erwärmen von $50g$ benötigt wird.
d) Berechne, wie lange es dauert die gesamte Flüssigkeit von 30°C auf 50°C zu erwärmen, wenn der Tauchsieder eine elektrische Leistung von 1,0 kW hat $\left(c_{Wasser} = 4{,}2\frac{kJ}{kgK}\right)$.

Aufgabe 2 **Abkühlen in Zahlen**

Ein glühender Eisenblock $\left(c_{Eisen} = 0{,}45\frac{kJ}{kgK}; m_{Eisen} = 1{,}0t\right)$ kühlt von einer Temperatur von 900°C auf 20°C ab.

a) Berechne die Wärmemenge, die dadurch an die Umgebung abgegeben wird.
b) Berechne die Wassermasse, die durch diese Wärmemenge von 20°C auf 100°C erhitzt werden kann.

Aufgabe 3 **Grundsätzliche Überlegungen**

Drei Quader aus Glas$\left(c_{Glas} = 0{,}8\frac{kJ}{kgK}\right)$, Eisen $\left(c_{Eisen} = 0{,}45\frac{kJ}{kgK}\right)$ und Blei $\left(c_{Blei} = 0{,}13\frac{kJ}{kgK}\right)$ mit gleicher Grundfläche und gleicher Masse werden auf dieselbe Temperatur erhitzt und dann auf eine dicke, kalte Wachsplatte gestellt.
Erläutere, welcher der Quader beim Schmelzen des Wachses wohl am tiefsten einsinken wird.

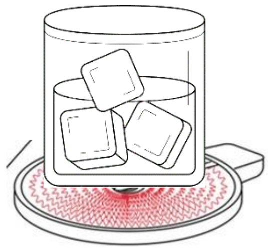
Aufgabe 4

In eine 90°C heiße Tasse Tee $(m = 200g)$ werden zum Abkühlen 50 g kaltes Wasser $(\vartheta = 15°C)$ geschüttet und umgerührt.
Berechne die Mischtemperatur, die sich dabei ergibt. Kann der Tee so getrunken werden?
Hinweis: *Geh davon aus, dass kein Wärmeaustausch mit der Umgebung stattfindet, und dass Tee dieselbe spezifische Wärmekapazität besitzt wie Wasser.*

5. Vorüberlegungen – Schmelzen und Verdampfen

Nachdem wir jetzt bereits in der Lage sind, die für die Erwärmung benötigte Energie zu berechnen, wollen wir uns jetzt auch eine Formel erarbeiten, mit der man die Schmelz- und Verdampfungswärme bestimmen kann.

Den Zusammenhang kannst du dir selbst aus folgendem Experiment herleiten:



Ein hitzebeständiger Behälter wird mit einem Liter **kaltem Wasser** (0°C) und **Eis** (verschiedener Masse, siehe unten) befüllt. Anschließend wird der **Herd angeschaltet**, wodurch er pro Minute eine konstante Menge Energie (*hier in unserem Beispiel:* $180\ kJ\ pro\ min$) in Form von Wärme auf den Behälter und die darin enthaltenen Wasser-Eis-Mischung überträgt. Nun wird die **Zeit gemessen**, die vergeht, bis das gesamte Eis geschmolzen ist. Das Experiment wird dabei für $\mathbf{0{,}5\ kg, 2\ kg, 3\ kg}$ und $\mathbf{10\ kg}$ **Eis** durchgeführt.
Die Ergebnisse sind in folgender Tabelle dargestellt:

Masse des Eises	*in kg*	0,5	2	3	10
Benötigte Schmelzzeit	*in min*	0,93	3,7	5,6	19
Übertragene Energiemenge	*in kJ*	167,4	666	1008	3.420

Hinweis: Die Energiemenge kann berechnet werden, indem die Schmelzzeit in Minuten mit $180\ kJ$ *multipliziert wird, vgl. Angabe oben.*

a) Untersuche, welcher Art von Zusammenhang zwischen der Masse des Schmelzkörpers *(hier: Eis)* und der benötigten Energiemenge besteht.
b) Berechne, wie viel Energie für das Schmelzen von $1\ kg$ Eis benötigt wird.

(Lösung: Siehe Ende des Abschnitts „5. Vorüberlegungen – Schmelzen und Verdampfen“)

Da es sich bei der Energie um die Wärmemenge handelt, die zum Schmelzen des Körpers benötigt wird, nennt man diese hier **Schmelzwärme** Q_S.

Aus der Tatsache, dass Schmelzwärme Q_S und Masse m direkt proportional sind, gilt:

$$\frac{Q_S}{m} = const.$$

Diese Konstante nennt man die **spezifische Schmelzwärme s**:

$$s = \frac{Q_S}{m}.$$

Du hast diese Konstante für Wasser bereits in Teilaufgabe b) berechnet.
Sie gibt an, wie viel Wärme zum Schmelzen von $1kg$ des betrachteten Materials benötigt wird.

Analog zur spezifischen Schmelzwärme kann auch die **spezifische Verdampfungswärme r** definiert werden.
Es gilt:

$$r = \frac{Q_V}{m},$$

wobei mit Q_V die **Verdampfungswärme**, also die zum Verdampfen des Materials benötigte Wärmemenge, bezeichnet wird.

Lösung:

a) Der Zusammenhang ist linear: $E \sim m$, da gilt: $\frac{167kJ}{0{,}93\,min} = \frac{666kJ}{3{,}7\,min} = \frac{1008kJ}{5{,}6\,min} = \frac{3.420kJ}{19\,min} = 180\,\frac{kJ}{min}$

b) Für das Schmelzen von $1\,kg$ Eis benötigt man kJ.

6. Festigung im Buch

Lies dir zur Festigung die Seite 74 im Buch durch. Dort findest du neben der Definition auch Zahlenwerte der spezifischen Wärme sowie einige Beispiele, bei denen diese eine Rolle spielen.

7. Hefteintrag

Übernimm bitte folgenden Hefteintrag in dein Heft. Denke auch daran, das Datum an den Rand zu notieren.

b) Schmelzen und Verdampfen in Zahlen

Die **spezifische Schmelzwärme s** gibt an, wie viel Wärme für das Schmelzen von 1kg eines bestimmten Materials nötig ist.

Für beliebige Massen m gilt:

$$\boxed{s = \frac{Q_s}{m}}$$

mit Q_s: **Schmelzwärme** *(Wärmemenge, die zum Schmelzen des Körpers benötigt wird)*

$$[s] = 1\frac{J}{kg}$$

Die spezifische Verdampfungswärme r gibt an, wie viel Wärme für das Verdampfen von 1kg eines bestimmten Materials nötig ist.

Für beliebige Massen m gilt:

$$\boxed{r = \frac{Q_r}{m}}$$

mit Q_V: **Verdampfungswärme** *(Wärmemenge, die zum Verdampfen des Körpers benötigt wird)*

$$[r] = 1\frac{J}{kg}$$

8. Übungsaufgaben

Bearbeite bitte folgende Übungsaufgaben schriftlich in deinem Heft.
Die Lösung findest du wieder am Ende des Dokuments.

Aufgabe 5

In einer gut isolierten Thermoskanne befinden sich $1{,}0\ kg$ Wasser der Temperatur ϑ und $0{,}5\ kg$ Eis der Temperatur 0°C.
Hinweis: Die isolierte Thermoskanne hat dabei zur Folge, dass dem Wasser-Eis-Gemisch von außen keine Wärme zugeführt wird.

a) Berechne, wie viel Energie nötig ist, um das Eis vollständig zu schmelzen $\left(s = 334 \frac{kJ}{kg}\right)$.
b) Die in a) berechnete Wärme muss durch das Wasser aufgebracht werden. Berechne, wie hoch die Wassertemperatur mindestens sein muss, damit das Eis vollständig schmelzen kann.

Aufgabe 6

Auf einem Herd (Heizleistung $P_{Heiz} = 1{,}5\ kW$) steht ein Topf mit $2{,}4\ l$ Wasser. Berechne, wie lange es dauert, bis die Hälfte des Topfinhaltes verdampft ist, wenn das Wasser bereits eine Temperatur von 100°C erreicht hat $\left(r = 2.256 \frac{kJ}{kg}\right)$.

Viel Erfolg und schöne Ferien!

Lösungen der Aufgaben aus Woche 2

Aufgabe 1

$$57K = -216°C;\ -5K\ existieren\ nicht!; 492K = 219°C;$$

$$12°C = 285K;\ -37°C = 236\ K;\ -231°C = 42K$$

Aufgabe 2

$$\vartheta_C = (\boldsymbol{\vartheta_F} - 32°F) \cdot \frac{5°C}{9°F} \qquad | \cdot \frac{9°F}{5°C}$$

$$\vartheta_C \cdot \frac{9°F}{5°C} = \boldsymbol{\vartheta_F} - 32°F \qquad | + 32°F$$

$$\boldsymbol{\vartheta_F} = \vartheta_C \cdot \frac{9°F}{5°C} + 32°F$$

*Hier ist ein Fehler in der Angabe passiert. Dies sollte 67°**C** heißen.*

Für die Umrechnung von 67°F ist die Umformung der Formel nicht nötig, hier kann direkt die ursprüngliche Form verwendet werden.

$$\vartheta_C = (\boldsymbol{67°F} - 32°F) \cdot \frac{5°C}{9°F}$$

$$\vartheta_C = 35°F \cdot \frac{5°C}{9°F}$$

$$\vartheta_C = 19,\overline{4}°C \approx 19°C$$

Lösungen der Aufgaben aus Woche 3

Lösungen der Aufgaben zum Erwärmen/Abkühlen

Aufgabe 1

a) Im Diagramm sieht man, dass der Zusammenhang zwischen Q und $\Delta\vartheta$ (annähernd) linear ist. Daraus kann man folgern, dass Q und $\Delta\vartheta$ direkt proportional zueinander sind.

b) Im Diagramm erkennt man, dass für die gesamte Flüssigkeit eine Energiemenge von $5kJ$ eine Erwärmung um 2°C zur Folge hat. Da die beiden Größen linear sind, werden für eine Erwärmung um 1°C (in etwa) 2,5 kJ benötigt.

c) Da die Energie auch linear zur Masse ist, und für die Erwärmung von $1kg$ etwa $2{,}5kJ$ benötigt werden, sind für 50 g etwa $\frac{2{,}5kJ}{20} = 125J$ nötig.

d) Die für die Erwärmung benötigte Energie beträgt
$E = c \cdot m \cdot \left(\vartheta_{Ende} - \vartheta_{Anfang}\right) = 4{,}2\frac{kJ}{kgK} \cdot 1kg \cdot (50°C - 30°C) = 84\ kJ$
Aus $P = \frac{\Delta E}{\Delta t}$ folgt, dass dafür die Zeit

$$\Delta t = \frac{\Delta E}{P} = \frac{84kJ}{1\frac{kJ}{s}} = 84s = 1min\ 24s$$

benötigt wird.

Aufgabe 2

a) $E = c_{Eisen} \cdot m \cdot (\vartheta_E - \vartheta_A) = 0{,}45\frac{kJ}{kgK} \cdot 1000kg \cdot (900°C - 20°C) = 396000\ kJ = 4{,}0 \cdot 10^5 kJ$

b) $E = c_{Wasser} \cdot m \cdot (\vartheta_E - \vartheta_A)$

$$\rightarrow \quad m = \frac{E}{c_{Wasser} \cdot (\vartheta_E - \vartheta_A)} = \frac{4{,}0 \cdot 10^5 kJ}{4{,}2\frac{kJ}{kgK} \cdot (100°C - 20°C)} = 1190{,}47 \ldots kg \approx 1{,}2$$

Aufgabe 3

Beim Abkühlen gibt der Glasquader fast doppelt so viel Energie ab wie der Eisenquader und etwa 6mal so viel Energie wie der Bleiquader. Deshalb wird Glas etwa doppelt bzw. 6mal so tief einsinken wie der Eisenquader bzw. der Bleiquader.

Aufgabe 4

Die Energiemenge, die vom Tee abgegeben wird, wird vom Wasser aufgenommen. Es gilt also:

$$Q_{Tee,abgegeben} = Q_{Wasser,aufgenommen}$$

Die vom Tee abgegebene Wärmemenge berechnet man nach obiger Formel mit

$$Q_{Tee,abgegeben} = \Delta E = c \cdot m \cdot \Delta\vartheta = 4{,}2\frac{kJ}{kgK} \cdot 0{,}2kg \cdot (90°C - \vartheta_M),$$

wenn mit ϑ_M die (gesuchte) Mischtemperatur bezeichnet wird.

Analog gilt:

$$Q_{Wasser,aufgenommen} = \Delta E = c \cdot m \cdot \Delta\vartheta = 4{,}2\frac{kJ}{kgK} \cdot 0{,}05kg \cdot (\vartheta_M - 15°C).$$

Setzt man diese beiden Beziehungen in obige Gleichung ein, so erhält man eine Gleichung mit einer Unbekannten $\boldsymbol{\vartheta_M}$**:**

$$4{,}2\frac{kJ}{kgK} \cdot 0{,}2kg \cdot (90°C - \boldsymbol{\vartheta_M}) = 4{,}2\frac{kJ}{kgK} \cdot 0{,}05kg \cdot (\boldsymbol{\vartheta_M} - 15°C)$$

Diese kann nun nach der Unbekannten aufgelöst werden:

$$4{,}2\frac{kJ}{kgK} \cdot 0{,}2kg \cdot (90°C - \boldsymbol{\vartheta_M}) = 4{,}2\frac{kJ}{kgK} \cdot 0{,}05kg \cdot (\boldsymbol{\vartheta_M} - 15°C) \qquad | : 4{,}2\frac{kJ}{kgK}$$

$$0{,}2kg \cdot (90°C - \boldsymbol{\vartheta_M}) = 0{,}05kg \cdot (\boldsymbol{\vartheta_M} - 15°C) \qquad | \; 0{,}05\,kg$$

$$4 \cdot (90°C - \boldsymbol{\vartheta_M}) = (\boldsymbol{\vartheta_M} - 15°C)$$

$$360°C - 4 \cdot \boldsymbol{\vartheta_M} = \boldsymbol{\vartheta_M} - 15°C \qquad | + 15°C$$

$$375°C - 4 \cdot \boldsymbol{\vartheta_M} = \boldsymbol{\vartheta_M} \qquad | + 4 \cdot \boldsymbol{\vartheta_M}$$

$$375°C = 5 \cdot \boldsymbol{\vartheta_M} \qquad |: 5$$

$$\boldsymbol{\vartheta_M} = 75°C$$

Der Tee hätte durch das Verdünnen mit Wasser eine Temperatur von 75°C und wäre somit trinkbar.
(Empfohlene Temperatur: ca.70°C)

Lösungen der Aufgaben zum Schmelzen/Verdampfen

Aufgabe 5

a) Nach obiger Formel gilt:

$$s = \frac{Q_s}{m}$$

Daraus folgt:

$$Q_s = s \cdot m = 334\frac{kJ}{kg} \cdot 0{,}5kg = 167\ kJ$$

b) Die Schmelzwärme muss vom Wasser abgegeben werden können, weshalb gelten muss:

$$\Delta E = -167\ kJ.$$

Das Vorzeichen ist hier negativ, da das Wasser Wärme ***abgibt.***

Für die Abgabe/Aufnahme von Wärme gilt nach obigen Erkenntnissen:

$$\Delta E = c \cdot m \cdot \Delta\vartheta = c \cdot m \cdot (\vartheta_{Ende} - \vartheta_{Anfang})$$

Die Minimaltemperatur, die am Ende erreicht werden darf, ist $\vartheta_{Ende} = 0°C$. Daraus folgt:

$$\Delta E = 4{,}2\frac{kJ}{kgK} \cdot 1{,}0\ kg \cdot (0°C - \boldsymbol{\vartheta_{Anfang}}) = -167\ kJ$$

Auflösen nach $\boldsymbol{\vartheta_{Anfang}}$ ergibt:

$$4{,}2\frac{kJ}{K} \cdot (0°C - \boldsymbol{\vartheta_{Anfang}}) = -167\ kJ \qquad |:4{,}2\frac{kJ}{K}$$

$$0°C - \boldsymbol{\vartheta_{Anfang}} = -\frac{\mathbf{167}}{\mathbf{4,2}}\mathbf{K} \qquad |+-\frac{\mathbf{167}}{\mathbf{4,2}}\mathbf{°C}$$

$(Hier\ gibt\ die\ rechte\ Seite\ eine\ Temperatur\boldsymbol{differenz}\ an, weshalb\ °C\ und\ K\ gleichwertig\ verwendet\ werden\ können. Für\ die\ Berechnung\ ist\ es\ daher\ sinnvoll, als\ Einheit\ °C\ statt\ K\ zu\ benutzen.)$

$$\frac{167}{4{,}2}°C - \boldsymbol{\vartheta_{Anfang}} = \mathbf{0}$$

$$\boldsymbol{\vartheta_{Anfang}} = \frac{\mathbf{167}}{\mathbf{4,2}}\boldsymbol{°C} \approx \mathbf{40}\boldsymbol{°C}$$

Das Wasser muss zu Beginn eine Temperatur von 40°C haben, damit das Eis mit der Wärme des Wassers vollständig geschmolzen werden kann.

Aufgabe 6
Da das Wasser bereits Siedetemperatur erreicht hat, muss der Herd nur die Verdampfungswärme aufbringen.

Dabei gilt:

$$r = \frac{Q_V}{m}$$

Daraus folgt analog zu oben:

$$Q_V = r \cdot m$$

Wenn das Ziel das Verdampfen der Hälfte des Wassers ist, so gilt: $m = 1{,}2\ l = 1{,}2kg$.

Also folgt:

$$Q_V = 2.256 \frac{kJ}{kg} \cdot 1{,}2kg = 2707{,}2\ kJ$$

Genau wie oben folgt also aus $P = \frac{\Delta E}{\Delta t}$:

$$\Delta t = \frac{\Delta E}{P} = \frac{Q_V}{P} = \frac{2707{,}2\ kJ}{1{,}5 \frac{kJ}{s}} = 1804{,}8s \approx 30\ min.$$