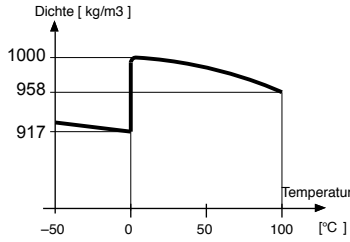


Lösungen

- 11 Materie, deren Atome keine thermische Bewegung machen, kann nicht weiter abgekühlt werden. Der Absolute Nullpunkt ist also jene Temperatur, bei welcher die Atome ganz in Ruhe sind (in unserem einfachen Modell).
- 12 An der Grenzfläche zweier Körper gibt es immer eine gewisse "Verzahnung". Die Bewegung eines der beiden Körper führt folglich zu einer "Erschütterung" der Atome am Rand: Die Heftigkeit der thermischen Bewegung nimmt zu.
- Man betrachte die Kontaktfläche der beiden Körper: Die sich heftig bewegenden Atome am Rand des heissen Körpers stossen gegen die langsamen Atome des kalten Körpers. Dabei werden die langsamen Atome beschleunigt und die schnellen gebremst. Die thermische Bewegung der Atome beim kalten (heissen) Körper nimmt zu (ab), er wird wärmer (kälter).
- 13 Bsp. Velopumpe: Der Kolben bewegt sich auf die Luft-Teilchen zu. Jene Teilchen, die auf den Kolben treffen, werden durch diesen beschleunigt. Die thermische Bewegung wird somit verstärkt: Temperaturzunahme.
- 14 Es verlassen jene Flüssigkeitsteilchen eine Flüssigkeit, welche per Zufall so heftige Stösse durch andere Teilchen erhielten, dass sie trotz der anziehenden Kräfte ganz weggeschossen werden. Es verlassen also die Teilchen mit der heftigsten thermischen Bewegung den Verband. Bei den verbleibenden Teilchen ist die mittlere Heftigkeit der thermischen Bewegung somit tiefer, die Temperatur ist also auch tiefer.
- 15 Die Moleküle des Duftstoffes werden durch die Moleküle der Luft im Raum herum gestossen. Per Zufall gelangen auch Moleküle in unsere Nasen.
- 16 Durch die Erschütterung (heftige Stösse) wird auch die thermische Bewegung vergrössert, die Atome bewegen sich heftiger: Höhere Temperatur.
- 17 Die schnellen Teilchen der warmen Luft werden durch die langsamen Teilchen der kalten Flasche gebremst. Die Luft enthält im Wesentlichen Stickstoffteilchen, Sauerstoffteilchen und auch Wasserteilchen. Die Kräfte zwischen den Wasserteilchen sind relativ stark im Vergleich zu den Kräften zwischen den andern Teilchensorten. Die Abbremsung der Wasserteilchen reicht aus, dass die die Bindungskräfte zwischen den Wasserteilchen diese zu Wassertropfen verbinden. Für die Sauerstoff und Stickstoffteilchen ist die Abbremsung nicht ausreichend zur Tropfenbildung, da die Bindungskräfte zu schwach sind.
- 26 a) $7 \cdot 10^{24}$ Moleküle b) $1.6 \cdot 10^{19}$ Teilchen/s
- 27 Eis: 1.09 dm^3 Wasser: 1.00 dm^3
- 28 Molvolumen von Hg = $14.8 \text{ cm}^3/\text{mol}$,
Molvolumen von Na = $23.7 \text{ cm}^3/\text{mol}$, also müssen in Hg die Atomabstände kleiner sein.
- 29 a) Etwa 10^{21} Eisenatome b) Etwa 100 Mio km
- 35 37.8°C 30.2°Ré
- 36 $\Delta\vartheta = 1^\circ\text{C} = 1.8^\circ\text{F}$; 1°C bedeutet also einen grösseren Temperaturanstieg als 1°F .
- 46 fest: $\gamma \approx 10^{-5} \dots 10^{-4} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$
flüssig: $\gamma \approx 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$
gasförmig: $\gamma \approx 3.7 \cdot 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$
- 47 Jährliche Temperaturschwankung $\approx 40^\circ\text{C}$
Höhenänderung: $\Delta h \approx 25 \text{ cm}$
- 48 2.381 cm
- 49 Eine Verdoppelung des Volumens ergibt sich bei Erwärmung auf $\vartheta = 273^\circ\text{C}$.
- 50 Bei der gesuchten Temperatur ϑ gilt:
 $A_{Cu} = A_{Sn}$
 $A_{Cu\vartheta} + 2\alpha A_{Cu\vartheta} \Delta\vartheta = A_{Sn\vartheta} + 2\alpha A_{Sn\vartheta} \Delta\vartheta$
 $\Delta\vartheta = \vartheta - 0^\circ\text{C} = \vartheta$ $\vartheta = 148^\circ\text{C}$
- 51 $\rho_\vartheta = \frac{m}{V_{20} + 3\alpha V_{20}(\vartheta - 20^\circ\text{C})} = \frac{m}{V_{20}} \cdot 0.99$ $\vartheta \approx 220.4^\circ\text{C}$
- 56 156.9 K 307.7 K
- 57 1.08 m^3
- 58 Einatomige Gase (Edelgase) verhalten sich annähernd wie ideale Gase. Dann gilt für γ ziemlich genau
 $\gamma = (273 \text{ K})^{-1} = 3.66 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$
- 59 $\Delta V = V_0 \cdot \gamma \cdot \Delta\vartheta \approx 2.2 \text{ m}^2$ $m \approx 2.9 \text{ kg}$
- 60 aus $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$ und $\rho = \frac{m}{V}$ folgt
 $\rho_1 \cdot T_1 = \rho_2 \cdot T_2$; somit $T_2 = \frac{\rho_1}{\rho_2} \cdot T_1$
 $T_2 = \frac{2\rho_2}{\rho_1} \cdot T_1 = 2 \cdot 273 \text{ K} = 546 \text{ K} = 273^\circ\text{C}$
- 61 
- 62 a) Die Dichte verringert sich von 958 kg/m^3 auf 0.6 kg/m^3 . Die Wassermoleküle werden infolge der starken thermischen Bewegung aus dem Verband herausgeschossen und bewegen sich als einzelne Moleküle durch den Raum.

- b) Der mittlere Molekülabstand beträgt in Wasser etwa $3.2 \cdot 10^{-10}$ m und in Wasserdampf etwa $3.7 \cdot 10^{-9}$ m, er verzehnfacht sich also.
- 83 a) $W_{aus} = 3924 \text{ Nm} = 3924 \text{ J}$ b) 8 m
 c) $W_{ein} = 3924 \text{ J}$; $F = 490 \text{ N}$, das entspricht der Gewichtskraft der Masse 50 kg.
 d) $F = F_{Last} / \text{Anzahl Rollen}$
- 84 a) $W = 1177 \text{ J}$
 b) Die Arbeit beträgt wieder 1177 J.
 c) Die aufzuwendende Kraft beträgt noch 235 N, denn $235 \text{ N} \cdot 5 \text{ m} \approx 1177 \text{ J}$. Das entspricht der Gewichtskraft der Masse 24 kg. Der Kraftaufwand ist nun kleiner, weil der Weg länger ist.
- 85 Dem System Schraubenschlüssel (oder Flaschenöffner) wird Arbeit zugeführt, indem Kraft entlang eines langen Weges (grosser Kreis) ausgeübt wird. Der Schraubenschlüssel gibt Arbeit an die Schraube ab, indem Kraft entlang eines kurzen Weges (kleiner Kreis) ausgeübt wird. Die auf dem langen Weg anzuwendende Kraft ist klein im Vergleich zur Kraft, die auf die Schraube ausgeübt wird.
- 86 $F_R = F_p = mg \sin(\alpha) = 6.7 \text{ N}$
 $W_R = F_R \cdot s = 20.1 \text{ N}$
- 98 a) Die Federkraft nimmt proportional zur Dehnung zu. Zuerst ist die Federkraft = 0, am Schluss beträgt sie 20 N
 b) Man rechne mit dem Mittelwert der Federkraft F_m , also 10 N. $W = F_m \cdot x = 10 \text{ N} \cdot 20 \text{ cm} = 2 \text{ J}$.
 $F_m = D \cdot x / 2$; einsetzen in $W = F_m \cdot x$.
- 99 Stauchung der Feder um 9.9 cm. Die Flughöhe ist dabei von jenem Punkt aus gemessen, an welchem das Kügelchen die Feder verlässt.
- 100 $\Delta E = E_{k1} - E_{k2} \approx 30.9 \text{ kJ}$
- 101 Die kin. Energie des Anlaufes wird umgewandelt in potentielle Energie beim Hochschwingen. Der Schwerpunkt des Körpers steigt dabei um $h \approx 0.8 \text{ m}$.
 Wenn wir annehmen, dass der Schwerpunkt beim Laufen etwa ein Meter über dem Boden ist, so bedeutet das Ergebnis für h , dass er an den Ringen eine Höhe von 1.8 m erreicht.
- 102 Physikalisch gesehen wird nur dann Arbeit verrichtet, wenn eine Kraft in der Richtung des zurückgelegten Weges wirkt. Keine Arbeit wird beispielsweise horizontalen Transportieren eines Koffers verrichtet, weil die „Tragkraft“ senkrecht zum zurückgelegten Weg wirkt und nicht in Wegrichtung. Zudem bleibt in diesem Fall die potentielle Energie des Koffers konstant, es wird ihm also keine Energie zugeführt.
- 103 ca. 5000 J – 8000 J
- 104 2270 m hoch (wenn der Wurfvorgang 0.1 s dauern würde, wäre also die Leistung 2.3 MW erforderlich!)
- 113 ca. 340'000 J $h \approx 340 \text{ m}$
- 117 $c \cdot m_1 \cdot (80^\circ\text{C} - 35^\circ\text{C}) = c \cdot m_2 \cdot (35^\circ\text{C} - 17^\circ\text{C})$
 $m_1 + m_2 = m \approx 50 \text{ kg}$
 $\rightarrow m_1 \approx 0.71 \cdot m \approx 35.7 \text{ kg}$ $m_2 \approx 14.3 \text{ kg}$
- 118 $c_M m_M \cdot (\vartheta_M - \vartheta) = c_W m_W (\vartheta - \vartheta_W)$; $m_M \approx 164 \text{ g}$
- 119 Entweder sind am Ende Eis und Wasser im thermischen Gleichgewicht bei 0°C oder aber das Eis ist ganz geschmolzen und das Wasser hat eine Temperatur zwischen 0 und 10°C .
 Der erste Fall tritt ein, weil die erforderliche Schmelzwärme ($70'100 \text{ J}$) grösser ist als die Energie, die das Wasser bei Abkühlung auf 0°C abgeben kann ($14'600 \text{ J}$). Mit dieser Energie können gerade mal 44 g Eis geschmolzen werden.
 Also hat es nach genügend langer Zeit im (vollkommen isolierten) Gefäss, dessen Wärmekapazität als 0 angenommen wurde, 166 g Eis und 394 g Wasser.
- 122 ca. 10800 J
- 123 $\Delta \vartheta = \frac{\Delta E}{m \cdot c}$
 $c_{Al} > c_{Fe}$ also: $\Delta \vartheta_{Al} < \Delta \vartheta_{Fe}$
- 124 49°C
- 125 13 cm
- 143 ca. 7 Rappen
- 144 a) zugeführte Energie: $E \approx 1.3 \cdot 10^6 \text{ J}$
 benötigte Zeit: $t \approx 1600 \text{ s} = 27 \text{ min}$
 b) ca. 7 Rappen