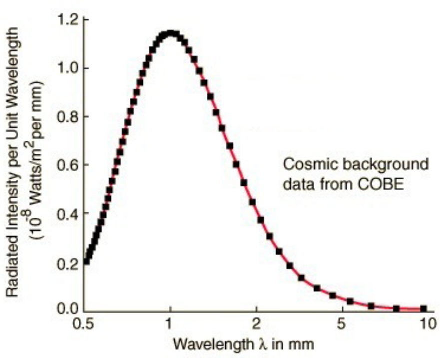
1. Wie nutzen Vögel und Gleitschirmfliegen Wärmeströmungen aus?
2. Wie viel dicker muss eine Wand aus Backstein sein als eine aus Stahlbeton, damit sie beide den gleichen Isolationseffekt haben?
3. Wieviel Wärme geht pro Sekunde durch eine $1\,\mathrm{m}^2$ grosse, 4 mm dicke Fensterscheibe durch Wärmeleitung verloren, wenn die Zimmertemperatur 20°C und die Aussentemperatur -2°C beträgt?
4. Wie viel Wärme entweicht pro Stunde durch eine $2\,\mathrm{m}^2$ grosse Fensterscheibe mit Doppelverglasung, wenn die Zimmertemperatur 20°C und die Aussentemperatur 5°C beträgt?
5. Geben Sie einige Beispiele zum Wärmetransport im menschlichen Körper. Welche Möglichkeiten hat unser Organismus, Wärme an die Umgebung abzugeben?
6. Warum hat das Thermosgefäss einen doppelwandigen, luftleer gepumpten Glasmantel, der ausserdem noch verspiegelt ist?
7. In einem Blockhaus mit 20 cm dicken Holzwänden (Gesamtfläche $75\,\mathrm{m}^2$) soll im Winter bei Aussentemperaturen von 10°C mit einem Ofen im Innern eine Temperatur von 20°C aufrechterhalten werden. Wie gross muss die Heizleistung des Ofens sein?
8. Ein halbkugelförmiger Iglu hat einem äusseren Durchmesser von 4 m und einer Wanddicke von 80 cm. Die Insassen des Iglus gibt 800 W Wärmeleistung ab. Welche Temperaturdifferenz zur Aussenluft kann er damit im Iglu erzeugen?
9. Die Oberflächentemperatur eines Körpers wird um 10% erhöht. Um wie viele Prozente steigt dadurch die Strahlungsintensität?
10. Um welchen Faktor muss sich die Oberflächentemperatur eines Körpers ändern, damit sich die Strahlungsleistung verdoppelt?
11. Ein heisser Stein wird in Aluminiumfolie eingewickelt. Wie ändert sich dabei die Intensität der nach aussen abgestrahlten Wärme?
12. Eine beidseitig geschwärzte Platte steht senkrecht zur Sonnenstrahlung (Strahlungsintensität $J_S = 1.30\,\mathrm{kW/m^2}$). Wie gross ist die Oberflächentemperatur der Platte im thermischen Gleichgewicht?
13. Welche Temperatur müsste ein Körper aufweisen, um im Bereich der Röntgenstrahlen (Wellenlänge etwa 10^{-10} m) mit maximaler Intensität abzustrahlen?
14. In der Abbildung sehen Sie das vom COBE Satelliten gemessene Spektrum der Hintergrundstrahlung. Bestimmen Sie die Temperatur des Weltalls



15. * Die Sonne strahlt auf einen Quadratmeter in Erdnähe eine mittlere Leistung von 1360 W. a) Berechnen Sie daraus die gesamte Energieabstrahlung pro Sekunde der Sonne. b) Berechnen Sie aus dieser Leistung die Oberflächentemperatur der Sonne.

Lösung

2. 4 mal so dick **3.** 4 kJ **4.** 0.27 MJ **7.** 0.56 kW **8.** ca. 12 K **9.** +46% **10.** +19% **12.** 327 K **13.** $3 \cdot 10^7$ K **14.** 2.8 K **15.** a) $3.8 \cdot 10^{26}$ W b) 5775 K

Musterlösung

1. Die aufsteigende warme Luft einer Wärmeströmung hilft den Vögeln beim Aufsteigen.
2. $\lambda_{Backstein} = 0.47\,\mathrm{W/mK}$; $\lambda_{Stahlbeton} = 1.85\,\mathrm{W/mK}$. Also $n = \lambda_{Stahlbeton}/\lambda_{Backstein} = 1.85/0.47 = 3.94$, also 4 mal so dick.
3. $$\Delta Q = \lambda \cdot A \cdot \Delta T \Delta t/d = 0.8\,\mathrm{W/mK} \cdot 1\,\mathrm{m}^2 \cdot 22\,\mathrm{K} \cdot 1\,\mathrm{s}/0.004\,\mathrm{m} = 4400\,\mathrm{J} = 4\,\mathrm{kJ}$$
4. $$\Delta Q = U \cdot A \cdot \Delta T \Delta t = 2.5\,\mathrm{W/m^2K} \cdot 2\,\mathrm{m}^2 \cdot 15\,\mathrm{K} \cdot 3600\,\mathrm{s} = 270\,\mathrm{kJ} = 0.27\,\mathrm{MJ}$$
5. a) Jede Zelle des Körpers enthält unter anderem sogenannte Mitochondrien, das sind die Kraftwerke der Zelle. Über komplizierte chemische Kreisläufe (z.B. ATP/ADP-Kreislauf) werden letztendlich Kohlenhydrate aus der Nahrung und Sauerstoff aus der Atemluft in CO2 und Wasser umgesetzt. Dabei entsteht Energie, die die Zelle zum Leben braucht. Teilweise wird die Energie in Wärme umgewandelt, teilweise in Bewegung (Muskeln), in elektrische Energie (Nervenzellen) etc.

   Das Blut transportiert die entstandene Wärme durch den Körper zu allen Organen.

   b) Wärmeabstrahlung (Stefan-Boltzmann-Gesetz), Verdunstung (Schwitzen =Verdunstungskälte. Bei hoher Luftfeuchtigkeit ist es dem Körper kaum möglich, über Verdunstung Wärme abzugeben), Atmen, Zittern (Wärmeproduktion), Wärmeleitung (direkte Übertragung der Wärme vom Körper auf Objekte, Wärmekonvektion (Je mehr Luftbewegung, um so besser kann der Körper Wärme an die Umgebungsluft abgeben).

   Der Körper versucht, die Solltemperatur im Körperkern so lange wie möglich aufrecht zu erhalten. Dazu können folgende Massnahmen dabei helfen, die Körpertemperatur nicht weiter zu steigen: Senkung des Metabolismus, Senkung der sympathischen Refkexaktivität, Senkung der Muskelaktivität, Steigerung der Hautdurchblutung, Steigerung der Aktivität der Schweissdrüssen.
6. Die Innen- und die Aussenseite des Gefässes das die Flüssigkeit enthält, sind verspiegelt (keine Wärmestrahlung). Dazwischen befindet sich ein Vakuum (keine Wärmeströmung). Das eigentliche Gefäss wird in einigem Abstand von einem Plastikgehäuse umschlossen, dazwischen befindet sich Luft. Das Glasgefäss liegt auf einem Korkstück auf (keine Wärmeleitung)
7. $P = \lambda_{Holz} \cdot A \cdot \frac{\Delta T}{d} = 0.15\,\mathrm{W/mK} \cdot 75\,\mathrm{m}^2 \cdot 10\,\mathrm{K}/0.2\,\mathrm{m} = 0.56\,\mathrm{kW}$
8. Im Inneren des Iglus herrschen für Arktisbewohner durchaus angenehme Temperaturverhältnisse (in der Nähe des Gefrierpunktes), obwohl die Aussentemperatur bis -50°C fallen kann. Als Wärmequellen wirken der menschliche Körper und das Qulliq (flache steinerne Öllampenschale). Steigt die Innentemperatur höher als etwa 5°C schmilzt der Schnee.

   Unser Iglu sei eine Halbkugel mit einem äusseren Durchmesser von 5 m. Oberfläche des Iglus: $A = 4\pi r^2/2 = 2\pi(D/2)^2 = 25\,\mathrm{m}^2$
   $\lambda_{Eis} = 2.2\,\mathrm{W/mK}$ (FoTa S. 171) also U-Wert der Schneewände: $U = \lambda_{Eis}/d = 2.75\,\mathrm{W/m^2K}$
   Verlustleistung des Iglus (Verluste durch Boden vernachlässigt): $P = \lambda_{Eis} \cdot A \cdot \frac{\Delta T}{d}$
   Heizleistung des Mensches: $P = \lambda_{Eis} \cdot A \cdot \frac{\Delta T}{d} = P_{Mensch}$
   Es folgt $\Delta T = P_{Mensch} \cdot d/\lambda_{Eis} \cdot A = \frac{800\,\mathrm{W} \cdot 0.8\,\mathrm{m}}{2.2\,\mathrm{W/mK} \cdot 25\,\mathrm{m}^2} = 12\,\mathrm{K}$
9. $T'/T = 1.1$, also Stefan-Boltzmann-Gesetz: $J'/J = 1.1^4 = 1.4641$, also $+46\%$
10. $J'/J = 2$ also Stefan-Boltzmann-Gesetz:$T'/T = (2)^{1/4} = 1.1892$, also $+19\%$
11. Wärmestrahlung wird reflektiert. Abgestrahlte Intensität (Verluste) nimmt ab. Alufolie vermindert dadurch das Auskühlen des Steins. Die verspiegelte Seite (glänzende Seite) immer da hin wo die Wärme bleiben soll.
12. Stefan-Boltzmann-Gesetz: $J_S = 2 \cdot J = 2 \cdot \sigma \cdot T^4$ also $T = (\frac{J_S}{2 \cdot \sigma})^{1/4} = (\frac{1.3 \cdot 10^3\,\mathrm{W/m^2}}{2 \cdot 5.670400 \cdot 10^{-8}\,\mathrm{W \cdot m^{-2} \cdot K^{-4}}})^{1/4} = 327\,\mathrm{K}$
13. Wien'sches Verschiebungsgesetz: $T = \frac{b}{\lambda} = \frac{2.898 \cdot 10^{-3}\,\mathrm{K \cdot m}}{1 \cdot 10^{-10}\,\mathrm{m}} = 3 \cdot 10^7$ K
14. Das Strahlungsspektrum entsprach dem eines Schwarzen Strahlers mit einer zugehörigen Temperatur von $T = \frac{b}{\lambda} = \frac{2.898 \cdot 10^{-3}\,\mathrm{K \cdot m}}{1.05 \cdot 10^{-3}\,\mathrm{m}} = 2.76$ K. Das Weltall hat sich also seit dem Urknall bis auf diese Temperatur abgekühlt.

    Wieso sinkt die Temperatur in der Tiefe des Weltalls nicht auf den absoluten Nullpunkt? Es zeigt sich, dass die Hitze, die vom Urknall (Temperatur ca. 10^{32}), der das Universum erschaffen hat, übrig geblieben ist, überall vorhanden ist und das Weltall daran hindert, kälter als 3 Grad Kelvin zu werden. Das Universum breitet sich heute weiter aus und die Temperatur ist auf 2.75 K gesunken.

15. **gegeben** Abstand Erde-Sonne $d_{ES} = 149.6 \cdot 10^9\,\mathrm{m}$ (FoTa s. 194), Solarkonstante $S = 1.366\,\mathrm{kW/m^2}$ (vgl. FoTa S. 165), Radius der Sonne $R_{Sonne} = 6.961 \cdot 10^8\,\mathrm{m}$)
gesucht a) $P =?$ b) $T_{Sonne} =?$
Lösung a) $P_S = A \cdot J = A \cdot S = 4\pi \cdot d_{ES}^2 \cdot S = 4\pi \cdot (149.6 \cdot 10^9\,\mathrm{m})^2 \cdot 1.366\,\mathrm{kW/m^2} = 3.84 \cdot 10^{26}\,\mathrm{W}$
b) Stephan-Boltzmann-Gesetz:
$P_S = \sigma \cdot A \cdot T^4$, also $T = (\frac{P_S}{4\pi \cdot (R_{Sonne})^2 \cdot \sigma})^{1/4} = (\frac{3.84 \cdot 10^{26}\,\mathrm{W}}{4\pi \cdot (6.961 \cdot 10^8\,\mathrm{m})^2 \cdot 5.670400 \cdot 10^{-8}\,\mathrm{W \cdot m^{-2} \cdot K^{-4}}})^{1/4} = 5775\,\mathrm{K}$