

Q12 * Astrophysik * Aufgaben zur Energieabstrahlung der Sonne

Wichtige Sonnendaten:

Strahlungsleistung (Leuchtkraft) L_S : $L_S = 3,82 \cdot 10^{26} \text{ W}$

Solarkonstante S : $S = 1,36 \frac{\text{kW}}{\text{m}^2}$ Oberflächentemperatur T : $T = 5,8 \cdot 10^3 \text{ K}$

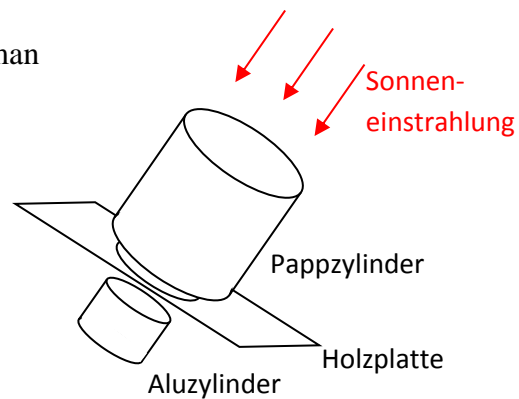
Wichtige Strahlungsgesetze (Formelsammlung Cornelsen S. 16)

Wien'sches Verschiebungsgesetz: $\lambda_{\text{max}} \cdot T = b$ mit $b = 2,9 \cdot 10^{-3} \text{ K} \cdot \text{m}$

Stefan – Boltzmann – Gesetz: $\Phi = \sigma \cdot A \cdot T^4$ mit $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \frac{\text{W}}{\text{K}^4 \cdot \text{m}^2}$

1. a) Was gibt die Solarkonstante S an?
Wie kann man S experimentell ermitteln?
b) Was besagen die beiden oben angegebenen Strahlungsgesetze?
Gelten diese Strahlungsgesetze für unsere Sonne?

2. a) Das Bild zeigt einen Versuchsaufbau, mit der man eine wichtige Größe der Sonne experimentell (näherungsweise) ermitteln kann.
Um welche Größe handelt es sich?
Erklären Sie den Versuchsaufbau!



- b) Der Temperaturanstieg des Aluzylinders wird gemessen. Pro Minute nimmt die Temperatur um $0,65 \text{ K}$ zu.
Ermitteln Sie daraus die in a) genannte Größe!

Daten: $m_{\text{AluZyl}} = 120 \text{ g}$; $c_{\text{Alu}} = 0,90 \frac{\text{J}}{\text{K} \cdot \text{g}}$; $A_{\text{AluZyl}} = (2,0 \text{ cm})^2 \cdot \pi$

Warum ist der so ermittelte Wert zu klein?

3. Die Leuchtkraft L_S der Sonne (Radius $7,0 \cdot 10^8 \text{ m}$) beträgt $3,82 \cdot 10^{26} \text{ W}$.
 - a) Berechnen Sie daraus die Oberflächentemperatur der Sonne!
Welche Voraussetzung machen Sie dabei?
 - b) Berechnen Sie die Wellenlänge des Lichts, bei dem unsere Sonne die größte Strahlungsleistung besitzt. Was fällt biologisch gebildeten Menschen auf?
4. Die Temperatur eines Himmelskörpers ändert sich nicht mehr, wenn die von ihm absorbierte Strahlungsleistung genau der von ihm ausgestrahlten Strahlungsleistung entspricht. Man sagt: Der Himmelskörper befindet sich im Strahlungsgleichgewicht.
 - a) Berechnen Sie mittlere Oberflächentemperatur der Erde unter Beachtung folgender Vorgaben:
Die Albedo (Anteil der reflektierten Strahlung) der Erde beträgt 34%, Erdradius 6370 km , Solarkonstante $S = 1,36 \text{ kWm}^{-2}$
 - b) Warum entspricht die so ermittelte Oberflächentemperatur nicht dem bekannten Mittelwert von etwa 14°C ?

Weitere Aufgaben im Buch: S. 83, Nr. 3, 4, 5, 6

Q12 * Astrophysik * Aufgaben zur Energieabstrahlung der Sonne * Lösungen

1. a) Die Solarkonstante gibt die Strahlungsleistung der Sonne an, die senkrecht auf einem Quadratmeter Fläche im Abstand von 1 AE von der Sonne auftrifft.
- b) Das Wien'sche Verschiebungsgesetz gibt die Wellenlänge λ_{\max} an, bei der ein schwarzer Strahler seine maximale Strahlungsleistung abgibt. λ_{\max} ist umgekehrt proportional zur absoluten Temperatur des schwarzen Strahlers.
Das Gesetz von Stefan-Boltzmann besagt, dass die Strahlungsleistung eines schwarzen Strahlers proportional zu seiner Oberfläche und zur vierten Potenz der absoluten Temperatur ist.

2. a) Mit dem Versuchsaufbau wird die Solarkonstante bestimmt.
Pappzylinder und Holzplatte bewirken, dass nur die senkrecht auftreffende Sonnenstrahlung zur Erwärmung des Aluzylinders beiträgt. Aus dem Temperaturanstieg lässt sich die auf dem Aluzylinder auftreffende Strahlungsleistung der Sonne bestimmen.

$$b) S_{\odot} = \frac{c \cdot m \cdot \Delta T}{A \cdot \Delta t} = \frac{0,90 \frac{\text{J}}{\text{K} \cdot \text{g}} \cdot 120\text{g} \cdot 0,65\text{K}}{(0,020\text{m})^2 \cdot \pi \cdot 60\text{s}} = 931, \dots \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \approx 0,93 \frac{\text{kW}}{\text{m}^2}$$

Wegen der Absorption der Sonnenstrahlung in der Atmosphäre ist der gemessene Wert zu klein.

$$3. a) L_{\odot} = \sigma \cdot A \cdot T^4 = \sigma \cdot 4 \cdot R_{\odot}^2 \cdot \pi \cdot T^4 \Rightarrow T = \sqrt[4]{\frac{L_{\odot}}{\sigma \cdot 4 \cdot R_{\odot}^2 \cdot \pi}} =$$

$$\sqrt[4]{\frac{3,82 \cdot 10^{26} \text{ W}}{5,67 \cdot 10^{-8} \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}^4} \cdot 4 \cdot (7,0 \cdot 10^8 \text{ m})^2 \cdot \pi}} = 5,8 \cdot 10^3 \text{ K}$$

(Voraussetzung: Die Sonne ist ein schwarzer Strahler. Ist recht gut erfüllt!)

$$b) \lambda_{\max} \cdot T = b \Rightarrow \lambda_{\max} = \frac{b}{T} = \frac{2,9 \cdot 10^{-3} \text{ K} \cdot \text{m}}{5,8 \cdot 10^3 \text{ K}} \approx 500 \text{ nm}$$

Das Chlorophyll der Pflanzen absorbiert das Sonnenlicht vor allem im blauen (400–500 nm) sowie im roten (600–700 nm) Spektralbereich. Pflanzen nutzen also die Strahlungsenergie der Sonne optimal.

$$4. a) P_{\text{absorbiert}} = P_{\text{ausgestrahlt}} \Leftrightarrow 0,66 \cdot S \cdot R_E^2 \pi = \sigma \cdot 4 R_E^2 \pi \cdot T^4 \Leftrightarrow$$

$$T = \sqrt[4]{\frac{0,66 \cdot S}{\sigma \cdot 4}} = \sqrt[4]{\frac{0,66 \cdot 1,36 \cdot 10^3 \text{ Wm}^{-2}}{5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Wm}^{-2} \text{K}^{-4} \cdot 4}} = 251 \text{ K} \hat{=} -22^{\circ} \text{ C}$$

- b) Wegen des Treibhauseffektes (Wasserdampf!) ist die mittlere Oberflächentemperatur der Erde höher und liegt bei etwa 14°C.