



Serie 40, Musterlösung

Brückenkurs Physik

Datum: 10. September 2018

1. Eiffelturm

8MIKIZ

In Paris erklärt ein Touristenführer, der Eiffelturm sei exakt 300.125 m hoch. Der übertreibt doch masslos mit der Präzision der Höhenangabe!

- Welche Effekte beeinflussen die Höhe des Eiffelturms?
- Wie stark dürfte sich die Temperatur maximal ändern, um eine Höhenangabe in mm zu rechtfertigen?
- Wie viele Dezimalstellen dürfen Sie maximal angeben, wenn die Höhe Sommer und Winter gleich sein soll? 50 K Maximale Temperaturdifferenz Sommer – Winter

Lösung:

- Temperaturdifferenzen (Winter/Sommer; Tag/Nacht), Temperaturschichtung (oben/unten), Wind, Erschütterungen.
- Die Höhenänderung ist $\Delta x = \Delta T \cdot \alpha \cdot h$. Wir kennen in dieser Gleichung alle Angaben, ausser ΔT : $\Delta x = 1$ mm. Wir lösen also auf

$$\Delta T = \frac{\Delta x}{\alpha \cdot h} = \frac{10^{-3}}{11.8 \cdot 10^{-6} \cdot 300} \cdot \frac{\text{m}}{1/\text{K} \cdot \text{m}} = 0.282\text{K}$$

- Die Höhendifferenz Sommer – Winter ist

$$\Delta x = \Delta T \cdot \alpha \cdot h = 0.177 \text{ m}$$

Eine Dezimalstelle als Toleranz ist sinnvoll: $h = 300.1\text{m} \pm 0.1\text{m}$

2. Benzintank

IN61YC

Der Benzintank eines Autos hat ein Fassungsvermögen von 55 Litern. Bei einer Temperatur von 20°C wird er vollständig gefüllt.

- Was passiert, wenn das Auto an der Sonne steht und sich das Benzin auf 34°C erwärmt? Volumenausdehnungskoeffizient Benzin $\gamma_{\text{Benzin}} = 11 \cdot 10^{-4}/\text{K}$, Tank mit konstantem Volumen.
- Was ändert, wenn der Tank aus Aluminium dieselbe Temperaturänderung mitmacht?

Lösung:

(a) $\Delta T = (34 - 20) \text{ K}$.

$$\Delta V = V \cdot \gamma_{\text{Benzin}} \cdot \Delta T = 0.847 \text{ l}$$

(b) Volumenänderung Tank: $\gamma_{\text{Al}} = 3 \cdot 23.8 \cdot 10^{-6} / \text{K}$.

$$\Delta V_{\text{Al}} = V \cdot \gamma_{\text{Al}} \cdot \Delta T = 0.054978 \text{ l}$$

Wenn sich beide — Benzin und Tank — gleich stark ausdehnen würden, bliebe der Tank gefüllt, aber es würde kein Überdruck entstehen. Ein Überdruck ergibt sich aus der Differenz der Volumenzuwächse

$$\Delta V' = \Delta V - \Delta V_{\text{Al}} = 0.792 \text{ l}$$

Das ist die scheinbare Änderung des Benzinstands im Tank (der Spiegel des Benzins steigt).

3. Petrolfass

61GX6C

Ein Petrolfass hat bei 20°C ein Fassungsvermögen von exakt 200 Litern. Bei der Lagerung und beim Transport ist mit einer Erwärmung auf 35°C zu rechnen.

- (a) Auf welchen Raum dehnt sich das Eisenstahlfass bei dieser Temperatur aus?
 (b) Wie viele Liter Petrol dürfen bei -15°C höchstens eingefüllt werden, um das Fass bei 35°C auszufüllen? Volumenausdehnungskoeffizient von Petrol $\gamma_{\text{Petrol}} = 11 \cdot 10^{-4} / \text{K}$.

Lösung:

(a) $\Delta T = 35 \text{ K}$, $\gamma_{\text{Eisen}} = 3 \cdot 11.8 \cdot 10^{-6} / \text{K}$.

$$\Delta V = V \cdot \gamma_{\text{Eisen}} \cdot \Delta T = 0.2478 \text{ l}$$

Das Fass fasst nun also $V' = V + \Delta V = 200.248 \text{ l}$.

(b) $\Delta T' = 35 - (-15) \text{ K}$. Das warme Fass soll am Schluss voll sein:

$$V' = V + \underbrace{V \cdot \gamma_{\text{Petrol}} \cdot \delta T'}_{\Delta V'}$$

Das ist eine Gleichung, in der wir nur V nicht kennen. Wir lösen also nach V auf:

$$\begin{aligned} V' &= V + V \cdot \gamma_{\text{Petrol}} \cdot \delta T' \\ V' &= V \cdot (1 + \gamma_{\text{Petrol}} \cdot \delta T') \\ V &= \frac{V'}{1 + \gamma_{\text{Petrol}} \cdot \delta T'} = 189.808 \text{ l} \end{aligned}$$

4. Erlenmeyerkolben**TCLGZ0**

In einem Erlenmeyerkolben aus Glas befinden sich 250 ml Wasser von 20°C. Das angeschlossene Steigrohr hat einen Querschnitt von 6.7 mm². Nun wird der Kolben in ein Wärmebad getaucht und Sie beobachten eine Volumenänderung als Steigen bzw. Fallen des Flüssigkeitsspiegels im Rohr.

- Bestimmen Sie die Volumenänderung der Flüssigkeit in ml bzw. mm im Steigrohr, wenn die Temperatur auf 30°C ansteigt.
- Wie lautet das Resultat, wenn Sie die Ausdehnung von Glas mit einbeziehen? Hitzefestes Pyrex-Glas : $\alpha_{\text{Pyrex}} = 3.2 \cdot 10^{-6} \text{ K}$.
- Was müssen Sie beachten, wenn Sie dieselbe Rechnung für eine Temperatur von 4°C machen?

Lösung:

- $\Delta T = 30 - 20 \text{ K}$. $\gamma_{\text{Wasser}} = 0.21 \cdot 10^{-3} / \text{K}$.

$$\Delta V = V \cdot \gamma_{\text{Wasser}} \cdot \delta T = 0.525 \text{ ml}$$

Um die Steighöhe auszurechnen wandeln wir in SI-Einheiten um: $\Delta V = 5.25 \cdot 10^{-10} \text{ m}^3$, und der Querschnitt des Rohrs $A = 6.7 \cdot 10^{-9} \text{ m}^2$. Daraus ergibt sich die Steighöhe

$$V = h \cdot A \quad \Rightarrow \quad h = \frac{\Delta V}{A} = 0.0783582 \text{ m}$$

- Wir berechnen die Volumenausdehnung des Pyrex-Glas: $\gamma_{\text{Pyrex}} = 3 \cdot \alpha_{\text{Pyrex}} = 9.6 \cdot 10^{-6} \text{ K}$. Also

$$\Delta V_{\text{Pyrex}} = V \cdot \gamma_{\text{Pyrex}} \cdot \delta T = 2.4 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 .$$

Daraus ergibt sich die Steighöhe

$$h = \frac{\Delta V - \Delta V_{\text{Pyrex}}}{A} = 0.0747761 \text{ m}$$

- Die Dichte von Wasser ändert sich nicht gleichmässig mit der Temperatur.