



## Physik-Marathon 2023

– Aufgabe 9/20 –



(03. Juli – 20. August)

---

Eine konstante Masse eines atomaren oder molekularen idealen Gases expandiert auf adiabatischem Wege. Dabei fällt der Druck von  $p_1 = 120 \text{ kPa}$  auf  $p_2 = 100 \text{ kPa}$  und die Temperatur von  $\vartheta_1 = 20 \text{ °C}$  auf  $\vartheta_2 = -0,5 \text{ °C}$ .

Entscheide, ob es sich bei dem Gas um Helium oder Chlor handelt und begründe dies.

---

 **Lösung** und **Punktverteilung** auf der Rückseite.

Lösung:

Die vier gegebenen Größen (zwei Drücke, zwei Temperaturen) bei einer adiabatischen Zustandsänderung eines idealen Gases werden durch eine der drei POISSONSchen Adiabatengleichungen verknüpft. Die bekannteste von ihnen lautet:

$$pV^\varkappa = \text{const} \quad \text{oder} \quad p_1 V_1^\varkappa = p_2 V_2^\varkappa, \quad (1)$$

wobei  $\varkappa$  der Adiabatenexponent ist.

Mithilfe der Zustandsgleichung des idealen Gases

$$pV = nRT \quad (2)$$

mit der Stoffmenge  $n$  und der universellen (molaren) Gaskonstante  $R = 8,314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$  lässt sich (1) auch auf die gegebenen Paare  $(p_1, T_1)$ ,  $(p_2, T_2)$  umrechnen:

$$pV^\varkappa = p \left( \frac{nRT}{p} \right)^\varkappa = (nR)^\varkappa p^{1-\varkappa} T^\varkappa = \text{const} \quad \Rightarrow \quad p^{1-\varkappa} T^\varkappa = \text{const}. \quad (3)$$

Daraus folgt weiter mit den Anfangs- und Endzustandsgrößen

$$\begin{aligned} p_1^{1-\varkappa} T_1^\varkappa &= p_2^{1-\varkappa} T_2^\varkappa & (4) \\ \Rightarrow p_1^{\frac{1}{\varkappa}-1} T_1 &= p_2^{\frac{1}{\varkappa}-1} T_2 \\ \Rightarrow \left( \frac{p_1}{p_2} \right)^{\frac{1}{\varkappa}-1} &= \frac{T_2}{T_1} \\ \Rightarrow \left( \frac{1}{\varkappa} - 1 \right) \ln \frac{p_1}{p_2} &= \ln \frac{T_2}{T_1} \\ \Rightarrow \frac{1}{\varkappa} - 1 &= \frac{\ln \frac{T_2}{T_1}}{\ln \frac{p_1}{p_2}} = \frac{\ln 0,930}{\ln 1,2} = -0,3976. & (5) \end{aligned}$$

Die letzte Gleichung nach dem Adiabatenexponenten  $\varkappa$  aufgelöst, ergibt

$$\varkappa = \frac{1}{1 - 0,3976} \approx 1,66. \quad (6)$$

Dieser Wert liegt sehr nahe an dem Wert  $1,67 \approx \frac{5}{3}$  für einatomige Gase. Helium als Edelgas existiert nur als einatomiges Gas, während Chlor unter Normalbedingungen in Form des zweiatomigen Moleküls  $\text{Cl}_2$  vorliegt. Antwort: **Helium**.

---

Punktverteilung:

- 0,3 Punkte für (3)
- 0,4 Punkte für die Umformungen bis (6)
- 0,3 Punkte für die richtige Schlussfolgerung „Helium“
- 0,1 Punkte Abzug, wenn alles richtig ist bis auf einen einzigen Rechenfehler, der zum falschen Schluss führt