

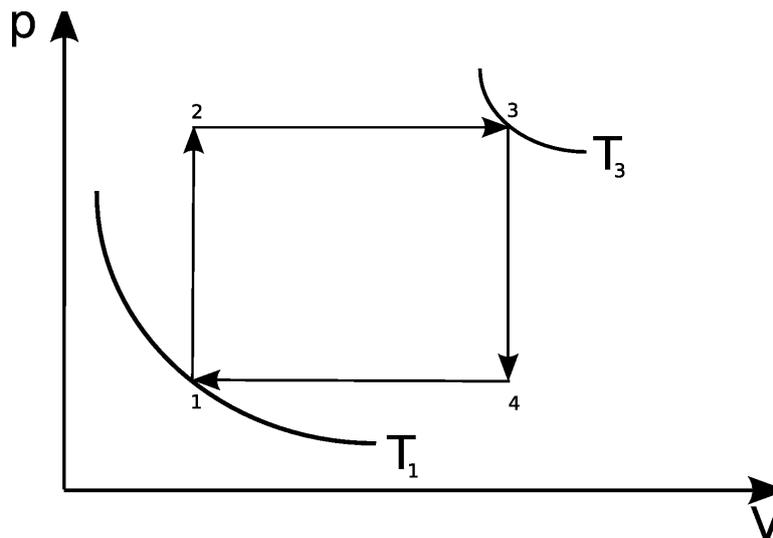
UWIS, Energietechnik und Umwelt, Kolloquium 6: Kreisprozess

Roman Schenk, Thomas Kuster

23. Mai 2006

Aufgabe a)

Mit einem idealen Gas wird ein rechtsläufiger Kreisprozess durchgeführt, der sich aus Isobaren ($p = \text{konstant}$) und Isochoren ($V = \text{konstant}$) gemäss nachfolgender Grafik zusammensetzt.



Die Zustandsgrössen der Eckpunkte im p,V-Diagramm sind:

- $p_1 = 7.5 \text{ bar}$, $p_2 = 10 \text{ bar}$, $V_2 = 11 = 10^{-3} \text{ m}^3$, $V_3 = 1,51 = 1.5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$
- Die Gasmenge beträgt $\nu = 0.3 \text{ mol}$
- Das Gas bestehe aus zweiatomigen, starren Molekülen, mit folgenden molaren Wärmekapazitäten: isobar: $c_p = 29.10 \text{ J/molK}$, isochor: $c_V = 20.79 \text{ J/molK}$
- Für die molare Gaskonstante (in $[\text{J/molK}]$) idealer Gase gilt die Beziehung $R_m = c_p - c_V$

Aufgabenstellung

Charakterisieren Sie den Prozess bezüglich Energieumwandlung in einem Satz

Antwort

Wärme­kraft­ma­schine mit fol­gen­den Pro­zes­sen: Das Gas erwärmt sich iso­chor, damit steigt der Druck von p_1 nach p_2 (von 7.5 bar auf 10 bar), an­schlies­send dehnt es sich (unter wei­te­rer Erwär­mung, z. B. durch Zün­dung) bei gleich­blei­ben­dem Druck (isobar) von V_2 nach V_3 aus (von 1l auf 1.5l) und kühlt sich schlies­lich wie­der iso­chor ab, in­dem der Druck von p_2 auf den Aus­gangs­druck p_1 sinkt, bevor es durch isobare Abkühlung wie­der den Aus­gangs­zu­stand von V_2 , p_1 und T_1 ein­nimmt.

Aufgabe b)

Aufgabenstellung

Bestimmen Sie die Temperaturen T_1 , T_2 und T_3

Antwort

$$p_1 = 7.5 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$V_1 = V_2$$

$$T_1 = \frac{pV}{nR} = 300.68 \text{ K} = 27.33^\circ\text{C}$$

$$p_2 = 10 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$V_2 = 1 \text{ l} = 0.001 \text{ m}^3$$

$$T_2 = \frac{pV}{nR} = 400.91 \text{ K} = 127.76^\circ\text{C}$$

$$p_3 = p_2$$

$$V_3 = 0.0015 \text{ m}^3$$

$$T_3 = \frac{pV}{nR} = 601.36 \text{ K} = 328.21^\circ\text{C}$$

$$p_4 = p_1$$

$$V_4 = V_3$$

$$T_4 = \frac{pV}{nR} = 451.02 \text{ K} = 177.87^\circ\text{C}$$

Aufgabe c)

Aufgabenstellung

Welche Nutzarbeit A wird je Umlauf abgegeben?

Antwort

Die Nutzarbeit entspricht der Fläche innerhalb des durch den Kreisprozess beschriebenen Rechtecks mit den unter [Aufgabe b\)](#) berechneten Eckpunkten. Die Fläche berechnet sich wie folgt:

$$\begin{aligned}
 A &= (V_3 - V_2)p_2 - \underbrace{(V_4 - V_1)}_{=V_3-V_2} p_1 \\
 &= (0.0015 \cdot 0.001)(p_2 - p_1) \\
 &= 0.0015 - 0.001(10 \cdot 10^5 - 7.5 \cdot 10^5) \\
 &= 125 \text{ J}
 \end{aligned}$$

Aufgabe d)

Aufgabenstellung

Welche Wärme Q_{zu} muss je Zyklus zugeführt werden?

Antwort

Die Wärme Q_{zu} muss jedem Zyklusdurchgang zugeführt werden, um das System von der tiefsten Zyklustemperatur auf die höchste zu erwärmen. Diese Wärme Q_{zu} berechnet sich aus:

$$\begin{aligned}
 Q_{zu} &= (T_2 - T_1)c_V n + (T_3 - T_2)c_p n \\
 &= \left(\underbrace{(400.91 - 300.68) \cdot 20.79}_{20839} + \underbrace{(601.36 - 400.91) \cdot 29.10}_{58330} \right) \cdot 0.3 \\
 &= 2375 \text{ J}
 \end{aligned}$$

Aufgabe e)

Aufgabenstellung

Wie gross ist der thermische Wirkungsgrad η_{th} des Kreisprozesses?

Antwort

Effektiver-Wirkungsgrad:

$$\eta_E = \frac{|A|}{Q_{zu}} = \frac{125}{2375} = 0.0526 = 5.26\%$$

Carnot-Wirkungsgrad:

$$\eta_{max} = \frac{T_W - T_K}{T_W} = \frac{T_3 - T_1}{T_3} = 0.5 = 50\%$$