

Name, Vorname	
Martikel-NR	
Studiengang	
Tutorium	

Aufgabe	1	2	3	Σ
Mögl. Punkte	4	5	6	15
Erreicht				

Aufgabe 1

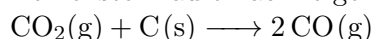
- Nennen Sie zwei thermodynamische Potenziale und ihre natürlichen Variablen.
- Erklären Sie kurz, warum Sie für die Beschreibung eines Ausgleichsprozesses $S(U, V)$ statt $S(T, V)$ verwenden sollten.

Lösung:

- Zwei der folgenden Möglichkeiten: $U(S, V), H(S, p), F(T, V), G(p, T)$ (2 Punkte)
- Weil U, V die natürlichen Variablen von S sind (1 Punkt) und für $U, V = \text{const.}$ das Gleichgewicht bei einem Maximum von S liegt (1 Punkt). Für $S(T, V)$ gilt kein solches Maximumsprinzip.

Aufgabe 2a

Die Synthese von CO aus CO₂ und Kohlenstoff laufe nach folgender Reaktionsgleichung ab:



Sie finden die Bildungsenthalpien der beteiligten Stoffe bei 800 K in der folgenden Tabelle:

Stoff	CO ₂	C(s)	CO
$\Delta_f H_m(800 \text{ K})$	$-370.70 \text{ kJ mol}^{-1}$	5.36 kJ mol^{-1}	$-95.35 \text{ kJ mol}^{-1}$

- Berechnen Sie für die Reaktion bei 800 K $\Delta_r H_m$ und $\Delta_r G_m$ ($\Delta_r S_m = 180.15 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$).
- Erklären Sie kurz, welche Größe für die Einstellung des Gleichgewichts entscheidend ist, wenn p und T konstant sind. Was muss für diese Größe im Gleichgewicht gelten?

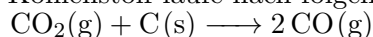
Lösung:

- $$\begin{aligned} \Delta_r H_m(800 \text{ K}) &= 2 \cdot \Delta_f H_m(\text{CO}, 800 \text{ K}) - \Delta_f H_m(\text{CO}_2, 800 \text{ K}) - \Delta_f H_m(\text{C}, 800 \text{ K}) \\ &= 2 \cdot (-95.35 \text{ kJ mol}^{-1}) - (-370.70 \text{ kJ mol}^{-1}) - 5.36 \text{ kJ mol}^{-1} \\ &= 174.64 \text{ kJ mol}^{-1} \text{ (1 Punkt)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta_r G_m(800 \text{ K}) &= \Delta_r H_m(800 \text{ K}) - T \Delta_r S_m(800 \text{ K}) = 174.64 \text{ kJ mol}^{-1} - 800 \text{ K} \cdot 180.15 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \\ &= 30.51 \text{ kJ mol}^{-1} \text{ (2 Punkte)} \end{aligned}$$
- p und T sind natürliche Variablen von G , d.h. bei konstantem p, T werden sich innere Freiheitsgrade so einstellen, dass G minimal wird (bzw. $dG \leq 0$). (2 Punkte)

Aufgabe 2b

Die Synthese von CO aus CO₂ und Kohlenstoff laufe nach folgender Reaktionsgleichung ab:



Sie finden die Bildungsentropien der beteiligten Stoffe bei 1200 K in der folgenden Tabelle:

Stoff	CO ₂	C(s)	CO
$S_m(1200 \text{ K})$	$278.63 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$	$20.67 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$	$240.94 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$

- a) Berechnen Sie für die Reaktion bei 1200 K $\Delta_r S_m$ und $\Delta_r G_m$ ($\Delta_r H_m = 175.20 \text{ kJ mol}^{-1}$).
- b) Erklären Sie kurz, welche Größe für die Einstellung des Gleichgewichts entscheidend ist, wenn V und T konstant sind. Was muss für diese Größe im Gleichgewicht gelten?

Lösung:

- a) $\Delta_r S_m(1200 \text{ K}) = 2 \cdot S_m(\text{CO}, 1200 \text{ K}) - S_m(\text{CO}_2, 1200 \text{ K}) - S_m(\text{C}, 1200 \text{ K})$
 $= 2 \cdot 240.94 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1} - 278.63 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1} - 20.67 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$
 $= 182.57 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ (1 Punkt)
- $\Delta_r G_m(1200 \text{ K}) = \Delta_r H_m(1200 \text{ K}) - T \Delta_r S_m(1200 \text{ K}) = 175.20 \text{ kJ mol}^{-1} - 1200 \text{ K} \cdot 182.57 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$
 $= -43.88 \text{ kJ mol}^{-1}$ (2 Punkte)

- b) V und T sind die natürlichen Variablen zu F , d.h. bei konstantem T, V gilt für F ein Minimumsprinzip (die inneren Freiheitsgrade werden sich so einstellen, dass F minimal wird, bzw. $dF \leq 0$) (2 Punkte)

Aufgabe 3

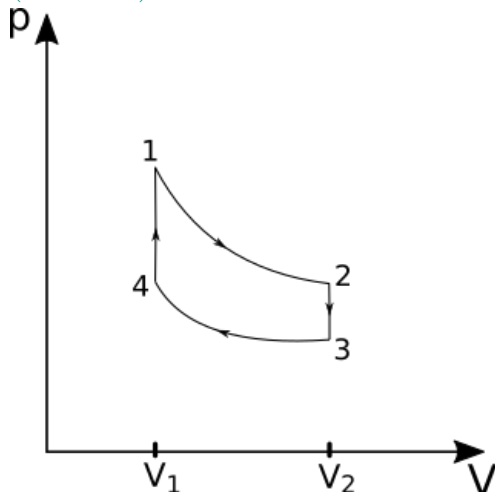
Im Stirling-Motor wird an einem idealen Gas ein Kreisprozess aus den folgenden Schritten verwendet:

- Isotherme Expansion von V_1 auf V_2 ($V_1 < V_2$) bei T_1 .
- Isochore Abkühlung von T_1 auf T_2 ($T_1 > T_2$) bei V_2 .
- Isotherme Kompression auf V_1 bei T_2 .
- Isochore Erwärmung auf T_1 bei V_1 .

- a) Zeichnen Sie für den Gesamtprozess ein p - V -Diagramm und beschriften Sie die Teilprozesse eindeutig.
- b) Geben Sie für jeden Teilschritt die vom System verrichtete Arbeit und die Entropieänderung im System an.

Lösung:

- a) (2 Punkte)



b) Pro Schritt jew 0.5 Punkte für ΔW und ΔS

Schritt	ΔW	$\Delta S = \int \frac{\delta Q}{T}$
$1 \rightarrow 2$	$= -nRT_1 \ln \left(\frac{V_2}{V_1} \right)$	$= nR \ln \left(\frac{V_2}{V_1} \right)$
$2 \rightarrow 3$	$= 0(\text{isochore})$	$= c_V \ln \left(\frac{T_2}{T_1} \right)$
$3 \rightarrow 4$	$= -nRT_2 \ln \left(\frac{V_1}{V_2} \right)$	$= nR \ln \left(\frac{V_1}{V_2} \right)$
$4 \rightarrow 1$	$= 0$	$= c_V \ln \left(\frac{T_1}{T_2} \right)$