

Aufgabe 1 – Kreisprozess

18 Punkte

Ein ideales einatomiges Gas ($V = 10\text{ l}$, $p = 10\text{ bar}$, $n = 2,0\text{ mol}$, $c_{V,m} = \frac{3}{2}R$) durchläuft einen Kreisprozess aus 4 reversiblen Prozessschritten:

- (i) Isotherme Expansion auf 20 l
 - (ii) Isochore Abkühlung auf 4,0 bar
 - (iii) Isobare Abkühlung auf 17,33 l
 - (iv) Adiabatische Kompression auf 10 l
- a) Erstellen Sie eine Tabelle mit Druck, Volumen und Temperatur der 4 Zustände. (Tipp: Beginnen Sie mit dem Ausgangszustand.)
- b) Skizzieren Sie den Kreisprozess in einem pV -Diagramm und beschriften Sie diesen (Zustände 1-4, Prozessschritte (i)-(iv), Richtungspfeile).
- c) Berechnen Sie q , w , ΔU , ΔH und ΔS für die isotherme Expansion (i) und die adiabatische Kompression (iv).

Aufgabe 2 – Bombenkalorimeter

8 Punkte

In einem Bombenkalorimeter werden 1,325 g Benzoesäure $\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_2$ (fest, $M = 122\text{ g mol}^{-1}$) vollständig verbrannt, wobei man einen Temperaturanstieg von 3,215 K bei einer mittleren Temperatur von 298 K beobachtet. In einem zweiten Experiment werden im gleichen Kalorimeter 0,681 g Aceton (flüssig, $M = 58\text{ g mol}^{-1}$) vollständig verbrannt. Hierbei steigt die Temperatur von 24,108 °C auf 26,048 °C. Die Standardverbrennungsenergie von Aceton bei 298 K wurde in einem früheren Experiment bestimmt und beträgt $\Delta_c U^0 = -1817,68\text{ kJ mol}^{-1}$.

- a) Bestimmen Sie aus der Verbrennung des Acetons die Wärmekapazität des Bombenkalorimeters.
- b) Stellen Sie die Reaktionsgleichung für die vollständige Verbrennung (Produkte: Wasser und Kohlenstoffdioxid) von Benzoesäure auf. Markieren Sie gasförmige, flüssige und feste Komponenten.
- c) Berechnen Sie die molare Verbrennungsenthalpie $\Delta_c H^0$ von Benzoesäure.

Aufgabe 3 – Ideale Mischung

11 Punkte

Ethanol und Methanol bilden bei 20 °C eine ideale Mischung. Der Dampfdruck des reinen Ethanols beträgt bei dieser Temperatur 5930 Pa, der des reinen Methanols 11 830 Pa.

- a) Skizzieren Sie die Partialdrücke beider Komponenten und den Gesamtdruck in Abhängigkeit des Molenbruchs von Methanol in der Flüssigkeit.
- b) Berechnen Sie die Partialdrücke der Komponenten und den Gesamtdruck einer Mischung aus 100 g Ethanol ($M(\text{EtOH}) = 46\text{ g mol}^{-1}$) und 100 g Methanol ($M(\text{MeOH}) = 32\text{ g mol}^{-1}$). Markieren Sie die berechneten Drücke in der Skizze aus Teilaufgabe a).
- c) Skizzieren Sie die Mischungsentropie in Abhängigkeit des Molenbruchs von Methanol in der Flüssigkeit.
- d) Berechnen Sie die Mischungsentropie und die freie Mischungsenthalpie für die Mischung aus Teilaufgabe b).

Aufgabe 4 – Dissoziationsgleichgewicht

13 Punkte

Betrachtet wird die Dissoziation von Distickstofftetraoxid zu Stickstoffdioxid bei 298,15 K.



- Bei 298,15 K und $p^\ominus = 1013 \text{ mbar}$ beträgt $\Delta G^\ominus = 4,74 \text{ kJ mol}^{-1}$. Berechnen Sie die Gleichgewichtskonstante K .
- In einem Gefäß von 24,5 l liegen vor Einstellung des Gleichgewichts 1 mol $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$ vor. Stellen sie eine Tabelle mit Gleichungen für die Stoffmenge, den Molenbruch und den Partialdruck der einzelnen Komponenten und des Gesamtsystems nach Einstellung des Gleichgewichts bei 298,15 K auf.
- Berechnen Sie den Gesamtdruck nach Einstellung des Gleichgewichts aus Aufgabenteil b).

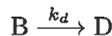
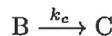
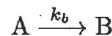
Aufgabe 5 – Radioaktiver Zerfall (Reaktion 1. Ordnung)

8 Punkte

Betrachtet wird der Zerfall des ${}^6\text{He}$. Nach 1614 ms sind noch 25 % der ursprünglichen Menge an ${}^6\text{He}$ vorhanden. Bestimmen Sie die Halbwertszeit $t_{1/2}$, die Geschwindigkeitskonstante k und die Zeit, nach der die Menge des ${}^6\text{He}$ um 58 % gesunken ist.

Aufgabe 6 – Quasistationarität, Folge- und Parallelreaktionen 11 Punkte

Gegeben seien die folgenden Reaktionen 1. Ordnung



mit $k_b = 0,2 \frac{1}{\text{s}}$, $k_c = 2000 \frac{1}{\text{s}}$, $k_d = 2k_c$, $[\text{A}]_0 \neq 0$ und $[\text{B}]_0 = [\text{C}]_0 = [\text{D}]_0 = 0$.

Finden Sie einen Ausdruck für die Zeitabhängigkeit der Konzentration von C (d.h. $[\text{C}](t)=?$).

Hinweis: Da $k_c + k_d \gg k_b$, kann Quasistationarität für die Konzentration von B angenommen werden. Schreiben Sie mit Hilfe der Quasistationarität $\frac{d[\text{C}]}{dt}$ so um, dass dieser Ausdruck nur von $[\text{A}]$ abhängt und integrieren Sie.

Aufgabe 7 – Temperaturabhängigkeit

9 Punkte

Gemäß der Reaktionsgeschwindigkeit-Temperatur-Regel (RGT-Regel) führt eine Zunahme der Temperatur um 10 K zur Verdoppelung der Reaktionsgeschwindigkeit.

Wie hoch muss die Aktivierungsenergie sein, wenn man von 25 °C auf 35 °C erwärmt, damit die Aussage dieser Faustregel zutrifft?

Aufgabe 8 – Adsorption nach Langmuir

8 Punkte

Bei einem Druck von 2 bar sei eine Oberfläche zu 10 % *nicht* bedeckt. Nehmen Sie an, es handelt sich um eine Langmuir-Isotherme. Wie groß ist die Gleichgewichtskonstante K ?

Aufgabe 9 – Stoßtheorie

14 Punkte

Wie viele Stöße erfährt ein einzelnes Heliumatom in 1 Sekunde bei einer Temperatur von 25 °C und einem Druck p im Helium-Behälter von 200 bar? Berechnen Sie unter denselben Bedingungen die Gesamtzahl der Stöße pro Sekunde in einem mit Helium gefüllten Gefäß mit dem Volumen 1 Liter. ($d_{\text{He}} = 0,264 \text{ nm}$)

$$\langle v_{\text{rel}} \rangle = \sqrt{\frac{8RT}{\pi\mu}}$$