Übungsaufgaben zur Vorlesung Physikalische Chemie I – Kinetik

1 Tutorium – Differentielle Geschwindigkeitsgesetze

Es wird die folgende Elementarreaktion betrachtet:

$$\mathrm{A} + 2\,\mathrm{B} \underset{\mathrm{k_{-1}}}{\overset{\mathrm{k_1}}{\rightleftharpoons}} 3\,\mathrm{C} + 5\,\mathrm{D}$$

Geben Sie für alle beteiligten Reaktanden das zugehörige Geschwindigkeitsgesetz in der Form $\frac{d[\mathrm{X}]}{dt} = ...$ an.

2 Tutorium – Reaktion mit vorgelagertem Gleichgewicht

Betrachten Sie die folgenden Reaktionen mit dem Zwischenprodukt B:

$$\begin{aligned} \mathrm{A} &\xrightarrow{\mathrm{k_1}} \mathrm{B} \\ \mathrm{B} &\xrightarrow{\mathrm{k_{-1}}} \mathrm{A} \\ \mathrm{B} &\xrightarrow{\mathrm{k_2}} \mathrm{C} \end{aligned}$$

Stellen Sie die kinetischen Gleichungen auf. Wenden sie die Näherung der Quasistationarität auf das Zwischenprodukt B an. Wie sieht der Ausdruck für $\frac{d[\mathrm{C}]}{dt} = ...$ aus?

3 Tutorium – Parallelreaktion 1

Betrachten Sie die folgenden Reaktionen, die den Zerfall eines einzelnen Reaktanden in drei unterschiedliche Produkte beschreiben:

$$\begin{aligned} \mathrm{A} &\xrightarrow{\mathrm{k}_b} \mathrm{B} \\ \mathrm{A} &\xrightarrow{\mathrm{k}_c} \mathrm{C} \\ \mathrm{A} &\xrightarrow{\mathrm{k}_d} \mathrm{D} \end{aligned}$$

Bestimmen Sie einen Ausdruck für die anteilige Ausbeute jedes Produktes. Wie groß ist die Ausbeute von B, wenn $\mathrm{k}_b = 7 \cdot 10^{-4} s^{-1}$, $\mathrm{k}_c = 4.1 \cdot 10^{-3} s^{-1}$ und $\mathrm{k}_d = 5.7 \cdot 10^{-3} s^{-1}$ beträgt? Was kann über die Summe der Ausbeuten gesagt werden?

4 Übung — Quasistationarität

Geben Sie für den Zerfall des Ozons gemäß

$$O_3 \xrightarrow{k_1} O_2 + O \text{ (unimolekular)}$$
$$O + O_3 \xrightarrow{k_2} 2\,O_2 \text{ (bimolekular)}$$

die integrierten Zeitgesetze für $[O_3]$ sowie $[O_2]$ unter der Annahme von Quasistationarität für [O] an.

5 Übung – Parallelreaktion 2

Bei hohen Temperaturen (550 bis 950°C) zerfällt Essigsäure gemäß

$$CH_3COOH \xrightarrow{k_1} CH_4 + CO_2$$
$$CH_3COOH \xrightarrow{k_2} CH_2CO + H_2O$$

Die Geschwindigkeitskonstanten für diese Parallelreaktion erster Ordnung betragen bei 1189 K $k_1 = 3.74s^{-1}$ und $k_2 = 4.65s^{-1}$. Berechnen Sie:

a) die Zeit, nach der 99% der Essigsäure verbraucht sind.

b) das Verhältnis der Konzentrationen der Reaktionsprodukte sowie

c) die maximale Ausbeute an CH_2CO (in Prozent des ursprünglichen Essigsäuregehaltes), die unter den Reaktionsbedingungen erreicht werden kann.

6 Übung – Folgereaktion

Gegeben sei die Folgereaktion (jeweils Kinetik erster Ordnung)

$$A \xrightarrow{k_1} B \xrightarrow{k_2} C \longrightarrow ...$$

a) Leiten Sie für gegebene k_1 und k_2 eine Gleichung für die Zeit her, nach der die maximale Menge von B vorhanden ist.

b) In einem konkreten Fall handle es sich um die radioaktive Zerfallsreihe:

$$^{214}_{82}Pb \xrightarrow{\beta^-} {}^{214}_{83}Bi \xrightarrow{\beta^-} {}^{214}_{84}Po$$

Die Halbwertszeit des $^{214}_{82}Pb$ beträgt 26.8 min. Wie groß ist die Halbwertszeit von $^{214}_{83}Bi$, wenn der maximale Anteil von 31.3% nach 33 min erreicht wird? Die Probe bestehe anfangs aus reinem $^{214}_{82}Pb$.