

Mustermusterlösung zu der Beispielaufgabe mit den Gleichgewichten

(ich rechne die Aufgaben ohne Einheiten, da die a) weggekürzt werden und es b) nur unübersichtlich machen)

Beispiel 1

- Das Löslichkeitsprodukt von AgCl beträgt: $K_L = 1,7 \cdot 10^{-10}$

Die Formel für K_L lautet in diesem Fall $K_L(\text{AgCl}) = c(\text{Ag}^+) \cdot c(\text{Cl}^-)$

Das lässt sich umstellen nach $c(\text{Ag}^+) = K_L / c(\text{Cl}^-)$

- Die „Komplexzerfallskonstante“¹ des Silberdiaminkomplexes $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ beträgt $K = 7,94 \cdot 10^{-8}$

Als Formel: $K = c(\text{Ag}^+) \cdot c(\text{NH}_3)^2 / c(\text{Komplex})$

- Und hier kommen die Vereinfachungen der Musterlösung ins Spiel:

$c(\text{Ag}^+) \llll c(\text{Komplex}) \Rightarrow c(\text{Komplex}) \sim c(\text{Cl}^-)$

und außerdem gilt für den Ammoniak, der ja in jedem Komplexeilchen 2x vorkommt
 $c(\text{NH}_3) = \text{Anfangskonzentration } (\text{NH}_3) \text{ (entspricht 1 mol/l) - komplexgebundener } \text{NH}_3$

$c(\text{NH}_3) = 1 - 2 \cdot c(\text{Cl}^-)$

- Fasst man jetzt die 3 gelbmarkierten Gleichungen zusammen ergibt sich der Term:

$$7,94 \cdot 10^{-8} = 1,7 \cdot 10^{-10} \cdot (1 - 2 \cdot c(\text{Cl}^-))^2 / c(\text{Cl}^-)^2$$

Das Ganze mal einwirken lassen und nachvollziehen. In der Musterlösung der Aufgabe ist $c(\text{Cl}^-)$ einfach durch x ersetzt. Das macht es etwas übersichtlicher

Jetzt ist pures Rechnen und das Umformen in eine „pq-Formel“ gefragt.

Also mal $c(\text{Cl}^-)^2$,

dann die binomische Formel der Klammer auflösen,

multiplizieren,

alles auf eine Seite bringen,

durch $7,94 \cdot 10^{-8}$ teilen

ergibt:

$$c(\text{Cl}^-)^2 + 8,6 \cdot 10^{-3} \cdot c(\text{Cl}^-) - 2,16 \cdot 10^{-3} = 0$$

womit wir wieder bei der Musterlösung angekommen sind

Nur die Lösung $c(\text{Cl}^-) = 0,0424 \text{ mol/l}$ ist eine gültige Lösung.

Wenn man das mit der molaren Masse von Silberchlorid (143,3 g/mol) multipliziert kommt man auf 6,08 g AgCl

¹ Das Wort Komplexzerfallskonstante gibt es so nicht. Üblicherweise gibt man die Reaktionsgleichung in Richtung der Bildung des Komplexes an und nennt den K Wert dann auch die Komplexbildungskonstante. Diese entspricht dem Kehrwert des angegebenen Wertes.

- Zum Vergleich. Wenn nur Silbernitrat in reinem Wasser gelöst wird ist $c(\text{Cl}) = \text{Wurzel aus } K_L$
also $(1,7 \cdot 10^{-10} \text{ mol}^2/\text{l}^2)^{1/2} = 1,3 \cdot 10^{-5} \text{ mol/l}$, was 1,87 mg entspricht

Zum Lösen habe ich (zu Hause in Ruhe) doch nur 10 Minuten gebraucht. zum Abtippen etwas länger :-))

Zur b) ich denke, wenn die a) nachvollziehbar war, dann sollte die b) anhand der Musterlösung ebenfalls einleuchtend sein (einfach die „Bromvariante“ der grünmarkierten Gleichung benutzen, einsetzen, ausrechnen, fertig)

Beispiel 2

Bei reinen Gasreaktionen berechnet man Gleichgewichte nicht mit den Konzentrationen, sondern mit den Partialdrücken. Das ist der Teil des Gesamtdruckes, der von einer Gassorte ausgeübt wird. Dieser ist proportional zur Teilchenzahl (*Nebenbemerkung: NO₂ ist auch ein Radikal. Zeichnet mal die Strukturformeln*)

a) Um den Partialdruck der Stickoxide auszurechnen benötigt man die allgemeine Zustandsgleichung eines idealen Gases $p \cdot V = n \cdot R \cdot T$ (sollte auf der Formelsammlung stehen, vor allem weil ihr die Rydberg-Konstante (R) benötigt)

Die Rechnungen findet Ihr unter a) in der Musterlösung

- Die Gleichung der Zerfalls steht ja dort, daraus ergibt sich das folgende Massenwirkungsgesetz:

$$K_p = p^2(\text{NO}_2) / p(\text{N}_2\text{O}_4)$$

Setzt man die Partialdrücke ein, so kommt man auf die $18,3 \cdot 10^3$

b) Soweit so gut, jetzt wird's kompliziert.

Da sich das Volumen auf 4 Liter vergrößert, verändert sich auch die Lage des Gleichgewichtes. (*Prinzip von Le Chatelier, Prinzip des kleinsten Zwanges.*) In diesem Fall wird durch das größere Volumen und den damit verbundenen kleineren Druck die Produktseite begünstigt, das dort mehr Gasteilchen vorhanden sind.

Die Konstante selbst bleibt gleich!, sie ist nur Temperaturabhängig!

- Die Stoffmengen an Gas nach der Expansion sind folgende (*alle in mol*)

Die Stoffmenge an N₂O₄ nimmt ab

$$n_4 = n_1 - x = 1 - x$$

Die Stoffmenge an NO₂ nimmt um die doppelte Menge zu

$$n_4 = n_1 + 2x = 0,086 + 2x$$

insgesamt erhöht sich Teilchenanzahl nach der Expansion $n_{4,\text{gesamt}} = 1,086 + x$

Dann bitte die Musterlösung zu Hilfe nehmen (*ich schriebe es nur ungern ab*) unter Punkt b) wird es es zuerst in die allgemeine Gasgleichung eingesetzt dann werden mit diesem Gesamtdruck die jeweiligen Partialdrücke ausgerechnet und zuletzt wieder alles in die Gleichung für K_p

der Wert für $x=0,041$ wird dann in die cyan hinterlegten Gleichungen eingesetzt und man

erhält die Stoffmengen.

c) Diese lassen sich dann mit der Zustandsgleichung eines idealen Gases in Drücke umrechnen

d) In D geht ihr einfach von den gegebenen bzw. in b berechneten Stoffmengen aus und teilt diese durch das jeweilige Volumen (1. bzw. 4 Liter)

dann in $K_c = c^2(\text{NO}_2) / c(\text{N}_2\text{O}_4)$ einsetzen und es sollte beidesmal der gleiche Wert ehrauskommen.

So. Falls ihr das üben wollt, empfehle ich euch einfach ein Oberstufenbuch auszuleihen und einfache Aufgaben zum Massenwirkungsgesetz zu üben. Nach einigen sollten dann auch diese komplexeren Aufgaben leicht zu machen sein.

Das Prinzip ist ja ähnlich. Wenn ihr an einem Gleichgewicht etwas ändert (beim ersten das Löslichkeitsprodukt durch Komplexbildung) beim zweiten die Lage durch Volumenerhöhung, dann müsst ihr immer irgendwas zuerst mit x einsetzen und am Ende ergibt sich (meist) eine quadratische Gleichung)

Tippfehler bitte ich zu entschuldigen. Ich wollte es heute noch fertig haben. Mein Ehrgeiz zwang mich dazu :-)

*Schönes Vorbereiten wünscht
Marco Dörsam*