

# Übungen zur Vorlesung Physikalische Chemie I

Übungsleiter: Tanja Asthalter · Zimmer 9-356 · Tel. 4464 · e-mail t.asthalter@ipc.uni-stuttgart.de

## Lösungsblatt 15

26. 10. 2004

### Lösung zu Aufgabe 15.1

1-%ige Zuckerlösung: in 1 l befinden sich 10 g Zucker =  $10\text{g}/(342\text{ g/mol}) = 0,02924\text{ mol}$

Osmotischer Druck (OD):

$$\Pi = cRT$$

Konzentration:  $10\text{ g/l} = 2,924 \cdot 10^{-2}\text{ mol/l}$

$$\rightarrow \Pi = \underline{\underline{724,8\text{ mbar}}}$$

### Praktische Bedeutung: RIESIG!!!

- Schiffbrüchige sterben, wenn sie als Ersatz für nicht vorhandenes Süßwasser Salzwasser trinken: Der OD bewirkt, daß die Flüssigkeit aus den Körperzellen austritt, so daß der betreffende Organismus ironischerweise an Dehydratisierung zugrunde geht!
- Umgekehrt ist der OD die Grundlage für die Verwendung isotonischer Getränke im Sport: Nur bei gleichem OD in Darm und umgebendem Gewebe ist die Wasseraufnahme in den Organismus optimal. Reines Wasser ist OK, aber nicht ganz so gut, Coca-Cola etc. ist extrem schlecht.
- Aus dem gleichen Grund gehen Pflanzen ein, wenn der Salzgehalt des Bodens zu hoch ist. Nur wenige Strandpflanzen (z.B. Queller) können bei hohem Salzgehalt überleben.
- Daß hohe Bäume überhaupt in der Lage sind, Wasser von den Wurzeln bis nach oben in die Blätter zu transportieren, verdanken sie ebenfalls dem OD, die Kapillarkräfte allein würden nicht ausreichen, um die Schwerkraft zu überwinden.
- Anwendung in der Chemie: Bestimmung des Molekulargewichts von Makromolekülen (siehe Atkins)

Soll eine Kochsalzlösung den gleichen OD haben wie die Zuckerlösung, so muß die Konzentration gelöster Teilchen gleich sein. Da NaCl in Wasser dissoziiert, ist daher

$$c_{\text{NaCl}} = \frac{1}{2} c_{\text{Saccharose}} = 1,462 \cdot 10^{-2}\text{ mol/l}$$

In 1 l physiologischer NaCl-Lösung ( $M_{\text{NaCl}} = 58,443\text{ g/mol}$ ) müssen also 0,8544 g NaCl enthalten sein.

### Lösung zu Aufgabe 15.2

- a) Definitionsgemäß ist die Freie Standardbildungsenthalpie reiner Stoffe unter Standardbedingungen gleich Null, so auch hier.

b) Molare Freie Standardbildungsenthalpie = chemisches Potential. Für dieses gilt:

$$\begin{aligned}\mu(\text{O}_2, g) &= \mu(\text{O}_2, aq) \\ &= \mu^\circ(\text{O}_2, aq) + RT \ln a(\text{O}_2, aq) \\ &= \mu^\circ(\text{O}_2, aq) + RT \ln c(\text{O}_2, aq) \\ 0 &= +16,5 \text{ kJ mol}^{-1} + R \cdot 298,15 \text{ K} \ln c(\text{O}_2, aq)\end{aligned}$$

letzteres nur bei idealem Verhalten (Konzentration des gelösten Stoffes = Aktivität).  
Auflösen nach  $c(\text{O}_2, aq)$  liefert

$$\underline{\underline{c(\text{O}_2, aq) = \exp\left(-\frac{16500 \text{ kJ mol}^{-1}}{8,31441 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \cdot 298,15 \text{ K}}\right) = 1,28 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l}}}$$

### Lösung zu Aufgabe 15.3

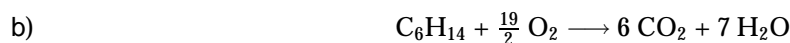


$$\Delta H_R^\circ = 2\Delta H_f^\circ(\text{H}_2\text{O}) = -483,66 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$\Delta S_R^\circ = 2S^\circ(\text{H}_2\text{O}) - 2S^\circ(\text{H}_2) - S^\circ(\text{O}_2) = -89,0 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

$$\Delta G_R^\circ = \Delta H_R^\circ - T \cdot \Delta S_R^\circ = -457,12 \text{ kJ mol}^{-1} = -z \cdot F \cdot E^\circ$$

Hier:  $z = 4 \rightarrow \underline{\underline{E^\circ = +1,18 \text{ V}}}$



$$\Delta H_R^\circ = 6\Delta H_f^\circ(\text{CO}_2) + 7\Delta H_f^\circ(\text{H}_2\text{O}) - \Delta H_f^\circ(\text{C}_6\text{H}_{14}) = -3886,67 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$\Delta S_R^\circ = 6S^\circ(\text{CO}_2) + 7S^\circ(\text{H}_2\text{O}) - S^\circ(\text{C}_6\text{H}_{14}) - \frac{19}{2}S^\circ(\text{O}_2) = +266,6 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

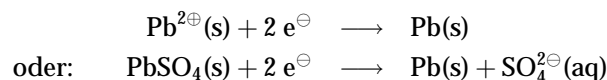
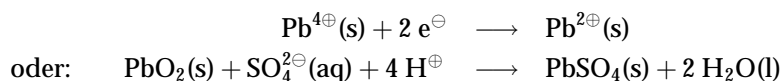
$$\Delta G_R^\circ = \Delta H_R^\circ - T \cdot \Delta S_R^\circ = -3966,16 \text{ kJ mol}^{-1}$$

Die Zahl der insgesamt übertragenen Elektronen bestimmen wir zweckmäßig anhand des Sauerstoffs: Jedes Molekül nimmt bei der Reduktion 4 Elektronen auf, also werden insgesamt  $4 \cdot 19/2 = 38$  Elektronen übertragen.

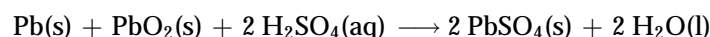
$$\rightarrow \underline{\underline{E^\circ = \frac{\Delta G_R^\circ}{38F} = +1,08 \text{ V}}}$$

### Lösung zu Aufgabe 15.4

Die im Bleiakkumulator ablaufenden Teilreaktionen sind:



Die Gesamtreaktion lautet also ( $z = 2$ ):



$$\begin{aligned}\Delta_r H_m^\circ &= 2\Delta_f H_m^\circ(\text{PbSO}_4) + 2\Delta_f H_m^\circ(\text{H}_2\text{O}) - \Delta_f H_m^\circ(\text{PbO}_2) - 2\Delta_f H_m^\circ(\text{H}_2\text{SO}_4) \\ &= 2 \cdot (-918,4 \text{ kJ/mol}) + 2 \cdot (-285,8 \text{ kJ/mol}) - (-276,6 \text{ kJ/mol}) \\ &\quad - 2 \cdot (-907,5 \text{ kJ/mol}) \\ &= \underline{\underline{-316,8 \text{ kJ/mol}}}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta_r S_m^\circ &= 2S_m^\circ(\text{PbSO}_4) + 2S_m^\circ(\text{H}_2\text{O}) - S_m^\circ(\text{Pb}) - S_m^\circ(\text{PbO}_2) - 2S_m^\circ(\text{H}_2\text{SO}_4) \\ &= 2 \cdot 147,3 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1} + 2 \cdot 69,9 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1} - 64,9 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \\ &\quad - 76,6 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1} - 2 \cdot 17,2 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \\ &= \underline{\underline{258,5 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}}}\end{aligned}$$

Bei  $T = 298,15 \text{ K}$  ist die freie Reaktionsenthalpie

$$\Delta_r G_m^\circ = \Delta_r H_m^\circ - T \Delta_r S_m^\circ = -393,87 \text{ kJ/mol}$$

$$\begin{aligned}\Delta_r G_m^\circ &= -zF\Delta E^0 \\ E^0 &= -\frac{\Delta_r G_m^\circ}{zF} \\ &= \underline{\underline{2,04 \text{ V}}}\end{aligned}$$