

PC-Praktikumsklausur WS 06/07

1.) Phasendiagramm von Wasser:

- Einzeichnen: Linie bei 1bar, Smp, Sdp, Tripelpunkt, krit. Punkt, Badenwannenwasser (37°C)
- Was ist die Dichteanomalie des Wassers und woran sieht man das am Phasendiagramm?  
→ bei 4°C die höchste Dichte, H-Brücken, neg. Steigung der Schmelzkurve
- Anhand Gibbs'scher Phasenregeln erklären wie viele Freiheitsgerade am Tripelpunkt  
→  $P+F=K+2$ ,  $P=3$ ,  $K=1$  →  $F=0$
- In Diagramm einzeichnen: Kurve wenn man Salz dazu gibt mit Smp und Sdp

2.) Verschiedenes:

- 3 physikalische Eigenschaften nennen die Laserlicht hat und Glühbirnenlicht nicht  
→ monochromatisch, kohärent, Polarisation gleich
- Bleiakku: was ist Anode, Kathode, Elektrolyt  
→ Pb, PbO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>
- EM: Welche Linsen zur Fokussierung, welcher Detektor?  
→ elektromagnetische Linsen, Sekundärelektronenverstärker
- pH-Elektrode zeichnen und beschriften  
→ siehe Skript bzw Handout
- Daniellelement: Reaktion an Anode, Kathode und Gesamtreaktion, Nernst-Gleichung für Daniellelement aufstellen  
→ Anode:  $Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e^-$ , Kathode:  $Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$ , Gesamtreaktion:  $Cu^{2+} + Zn \rightarrow Cu + Zn^{2+}$   
Nernst-Gleichung:  $\Delta E = \Delta E^0 - \frac{RT}{2F} \ln \left[ \frac{a(Zn^{2+})}{a(Cu^{2+})} \right]$
- woraus besteht ein Puffer?  
→ Schwache Säure und deren Salz
- wie ist die Pufferkapazität definiert?  
→  $\beta = d[B]/dpH$
- kolligative Eigenschaften: was ist das? Beispiele?  
→ hängen nur von Anzahl der Teilchen ab, nicht von deren Eigenschaften zB. Sdperhöhung, Gefrierpunktniedrigung, Dampfdruckerniedrigung, Osmose
- Welche Voraussetzung muss Molekül haben, damit es infrarot Strahlung absorbiert?  
→ Dipolmoment muss sich ändern
- Wie viele Schwingungsfreiheitsgerade hat ein Molekül mit 25 Atomen?  
→  $Z=3N-6$  →  $Z=3*25-6=69$

3.) 100g 80°C Wasser und 50g 10°C Wasser werden gemischt. ( $c_p$  Wasser: ??? J/K\*mol)

- Endtemperatur?  
→  $T_3 = (T_1 * c_1 * n_1 + T_2 * c_2 * n_2) / (c_1 * n_1 + c_2 * n_2)$
- Entropieänderung?  
→  $\Delta S_1 = n * c_p * \ln(T_3 / T_1)$  und  $\Delta S_2 = n * c_p * \ln(T_3 / T_2)$ ,  $\Delta S_{ges} = \Delta S_1 + \Delta S_2$

4.) [A] und zu verschiedenen t gegeben

t/s	0	600	1200	1800	2400
A/M	0,624	0,446	0,318	0,224	0,164

- graphische Bestimmung der Reaktionsordnung und k  
→ lnA gegen t ergibt Gerade → Reaktion 1. Ordnung  
 $\ln A = \ln A_0 - k * t$  →  $m = -k$ ,  $k = 5,673 * 10^{-4} s^{-1}$

5.) Reaktion  $A+B \rightarrow P$  mit  $k=10^5 \text{ M}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$

- Bestimmung der Anfangsgeschwindigkeit wenn  $[A_0]=10^{-4} \text{ M}$  und  $[B_0]=10^{-6} \text{ M}$

$$\rightarrow v=k[A][B]=1 \cdot 10^{-5} \text{ M} \cdot \text{s}^{-1}$$

- Wie lange dauert es bis  $[P]=0,02 \text{ M}$  wenn  $[A_0]=[B_0]=0,1 \text{ M}$

$$\rightarrow 1/[A]=1/[A_0]+k \cdot t, [A]=[A_0]-[P]=0,08 \text{ M}$$

$$1/0,08 \text{ M}=1/0,1 \text{ M}+10^5 \text{ M}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} \cdot t \rightarrow t=2,5 \cdot 10^{-5} \text{ s}$$

6.)  $2\text{SO}_2+\text{O}_2 \leftrightarrow 2\text{SO}_3$ ,  $K^0$  bei  $960 \text{ K}=10$ , Partialdrücke:  $\text{O}_2=0,2 \text{ bar}$

$\text{SO}_2=1 \cdot 10^{-3} \text{ bar}$ ,  $\text{SO}_3=1 \cdot 10^{-4} \text{ bar}$ , Normaldruck =  $1 \text{ bar}$

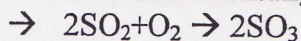
- Bestimmung von  $\Delta_R G$

$$\rightarrow \Delta_R G_0 = -RT \ln K^0 = -18,38 \text{ kJ/mol},$$

$$K_{p/p_0} = [(1 \cdot 10^{-4} \text{ bar})^2 / 1 \text{ bar}] / \{ [(1 \cdot 10^{-3} \text{ bar})^2 / 1 \text{ bar}] \cdot (0,2 \text{ bar} / 1 \text{ bar}) \} = 0,05$$

$$\Delta_R G = \Delta_R G_0 + RT \ln K_{p/p_0} = -18,37 \text{ kJ/mol} - 23,91 \text{ kJ/mol} = -42,28 \text{ kJ/mol}$$

- in welche Richtung läuft die Reaktion ab?



7.)  $\text{C}_6\text{H}_6 + 7,5 \text{ O}_2 \rightarrow 6\text{CO}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$ ,  $250 \text{ ml}$  Benzol, Dichte =  $0,88 \text{ g/cm}^3$

- Wie viel Sauerstoff wird benötigt? (Masse)

$$\rightarrow 250 \text{ ml} = 250 \text{ cm}^3, \rho \cdot V = m \rightarrow m_{\text{Benzol}} = 220 \text{ g}$$

$$M_{\text{Benzol}} = 6 \cdot 12 \text{ g/mol} + 6 \cdot 1 \text{ g/mol} = 78 \text{ g/mol}$$

$$n_{\text{Benzol}} = (220 \text{ g}) / (78 \text{ g/mol}) = 2,82 \text{ mol}$$

$$n_{\text{Sauerstoff}} = 7,5 \cdot n_{\text{Benzol}} = 21,15 \text{ mol}$$

$$m_{\text{Sauerstoff}} = M_{\text{Sauerstoff}} \cdot n_{\text{Sauerstoff}} = (32 \text{ g/mol}) \cdot (21,15 \text{ mol}) = 676,92 \text{ g}$$

- Wie viel Volumen Luft, wenn  $20\% \text{ O}_2$  in Luft ( $p=101325 \text{ Pa}$ ,  $T=20^\circ \text{ C}$ )

$$\rightarrow pV = nRT, V = (nRT)/p = 0,5 \text{ m}^3 \text{ (= } 20\% \text{ des Volumens von Luft)}$$

$$0,5 \text{ m}^3 \cdot 5 = 2,5 \text{ m}^3 \text{ Luft}$$

Auch hier: Keine Garantie, dass das alles stimmt ;-)



## Praktikumabschlussklausur PC WS 2005/2006(Labahn)

*Eine Bitte vorab: Herr Labahn gibt keine Altklausuren heraus, weil er sich seine Aufgabentypen nicht immer neu überlegen will. Daher sollten Herrn Labahn diese Altklausuren nicht unter die Augen gerieben werden! – Sonst kommen bereits gefragte Aufgaben(-Typen) nicht wieder vor – Ihr macht es euch schwerer!*

**Wenn ihr mit diesen Klausuren gelernt habt und sie euch weitergeholfen haben, nehmt euch die Zeit und schreibt bei der Einsicht die Klausur ab oder macht schnell Fotos mit der Digitalkamera, und leitet diese an die Fachschaft weiter!! Wenn ihr privat Lösungen für diese oder andere Klausuren erstellt habt leitet diese bitte auch weiter –nur so kann ALLEN geholfen werden.**

### Aufgabe 1:

- a) Was für "Linsen" werden in einem Elektronenmikroskop verwendet? (1 Pkt)
- b) Skizzieren sie die wichtigsten Bauteile eines Lasers und beschriften sie alle Komponenten. (4Pkt)
- c) Zeichnen sie ein Schema der wesentlichen Komponenten eines Massenspektrometers. (3Pkt)
- d) Skizzieren sie für einen Fluorophor die Energieniveaus für den elektronischen Grundzustand, sowie den angeregten Zustand. Zeichnen sie auch jeweils einige Schwingungsniveaus und die optischen Übergänge (Absorption und Fluoreszenz) ein. (6Pkt)
- e) In etwa welcher Auflösung lässt sich bei Mikroskopen mit Licht der Wellenlänge 500nm erzielen? (1 Pkt)

### Aufgabe 2:

- a) Worauf basiert die hohe Leitfähigkeit in Säuren und alkalischen Lösungen? (Skizze des zugrundeliegenden Mechanismus, zeichnen sie die Wassermoleküle inklusive der freien Elektronenpaare) (2Pkt)
- b) Wie groß ist die Konzentration der Wassermoleküle in einer (verdünnten) wässrigen Lösung? (2 Pkt.)
- c) Was ist die Ursache der Diffusion von Teilchen? (2 Pkt)
- d) Sie mischen 61ml einer 120mM KOH-Lösung mit 61ml einer 120mM HBr-Lösung. Wie hoch ist die Konzentration an  $K^+$ ,  $H^+$ ,  $OH^-$  bzw.  $Br^-$  (4Pkt)
- e) Wie verhält sich beim Mischen die Temperatur (Begründung)? (1 Pkt)
- f) Zeichnen sie für einen Stoff die Entropie als Funktion der Temperatur, ausgehend von idealen Kristall bei 0 Kelvin bis zur Gasphase. (5Pkt)
- g) Bei der Proteinfaltung nimmt die Entropie des Proteins ab (von  $10^{30}$ - $10^{60}$  Konformationen auf  $10^2$ - $10^4$ ), welche beiden Beiträge (Entropie und Enthalpie) führen aber am Ende doch zu einem  $dG < 0$ ? (2Pkt)

### Aufgabe 3:

Ethanol (Spiritus) ist beliebt um Kaminfeuer oder Grills anzufeuern.

- a) Wie lautet die vollständige Reaktionsgleichung für die Verbrennung? (2Pkt)
- b) Berechnen sie außerdem die freie Reaktionsenthalpie ( $dRG^\circ_{(298)}$ ) dieser Reaktion aus den Werten im Anhang. (4Pkt)
- c) Ein mittelalterlicher Mönch nahm in der Fastenzeit nur Bier zu sich. Wie viel Energie nahm ein Mönch auf, der an einem Tag 5l Bier (Annahme 5% der Masse sind Ethanol, Dichte  $\sim 1 \text{ g/cm}^3$ ) trank (was erlaubt war)? (4Pkt)
- d) Deckt das Bier den Grundumsatz eines Mannes? (1Pkt)



$d_f G^\circ_{(\text{Ethanol})} = -174 \text{ kJ/mol}$ ;  $d_f G^\circ_{(\text{CO}_2)} = -394 \text{ kJ/mol}$ ;  $d_f G^\circ_{(\text{H}_2\text{O})} = -237 \text{ kJ/mol}$  Grundumsatz = 7100 kJ  
(Mann mit 70 kg) = täglicher Energiebedarf ohne körperlicher Arbeit.

**Aufgabe 4:**

Ein Radfahrer hat bei einem Berganstieg 1 l Wasser ausgeschwitzt. Bei der anschließenden Fahrt bergab trocknen die Kleider wieder. Wie groß ist der Wärmeverlust durch die Verdunstung? Wie viel Glucose muss der Körper verbrennen, um die Körpertemperatur konstant zu halten? (10 Pkt)

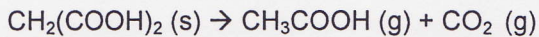
$d_v H^\circ_{(\text{H}_2\text{O})} = 44 \text{ kJ/mol}$  : Verdampfungsenthalpie von Wasser

$d_R H^\circ_{(\text{Glucose})} = -2808 \text{ kJ/mol}$

$M_{(\text{Glucose})} = 180 \text{ g/mol}$

**Aufgabe 5: (15,5 Pkt)**

Malonsäure zerfällt nach folgender Gleichung:



Folgende Geschwindigkeitskonstanten wurden bei drei verschiedenen Temperaturen bestimmt:

k/s	v/°C
$1,083 \times 10^{-3}$	153,6
$2,08 \times 10^{-4}$	136,4
$7,63 \times 10^{-5}$	125,9

Bestimmen sie durch graphische Auswertung die Aktivierungsenergie.

**Aufgabe 6: (5,5 Pkt)**

Eine enzymkatalysierte Reaktion folgt einer Michaelis-Menten Kinetik, und mal], findet  $k_M = 0,035 \text{ M}$ . Bei einer Substratkonzentration von  $0,11 \text{ M}$  findet man eine Reaktionsgeschwindigkeit von  $1,15 \times 10^{-3} \text{ Ms}^{-1}$ . Wie groß ist die Maximalrate der Enzymreaktion.

**Aufgabe 7: (7 Pkt)**

Eine Kultur von Cyanobakterien bildet bei der Photosynthese Glukose. Bei einer Temperatur von  $40^\circ\text{C}$  und einem Druck von  $1,01325 \times 10^5 \text{ Pa}$  sind dabei  $51 \text{ O}_2$  entstanden. Wie viel Glucose ist hierbei synthetisiert worden? (Molmasse Glucose  $180 \text{ g/mol}$ )

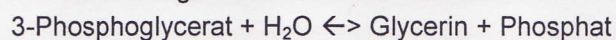
**Aufgabe 8: (6 Pkt)**

Nach der Reinigung eines Proteins aus Hefezellen erhält man eine Proteinlösung mit unbekannter Konzentration. Der dekadische Absorptionskoeffizient  $\epsilon = 383000 \text{ M}^{-1}\text{cm}^{-1}$ .

Bei der Messung der Absorption von Licht bei  $280 \text{ nm}$  in einer Küvette mit  $1 \text{ cm}$  Länge erhält man eine Absorbanz von  $A = 0,84$ . Wie groß ist die Proteinkonzentration.

**Aufgabe 9:**

Für die Gleichgewichtskonstante der Reaktion



findet man  $G_{298} = -10 \text{ kJ/mol}$  und  $H_{298} = 34,3 \text{ kJ/mol}$ . Wie groß ist die Gleichgewichtskonstante bei  $37^\circ\text{C}$ ?



**Physikalische Chemie Praktikumseingangsklausur WS 06/07 10.2.2007 (Labahn)****Insgesamt 100 Punkte**

Eine Bitte vorab: Herr Labahn gibt keine Altklausuren heraus, weil er sich seine Aufgabentypen nicht immer neu überlegen will. Daher sollten Herrn Labahn diese Altklausuren nicht unter die Augen gerieben werden! – Sonst kommen bereits gefragte Aufgaben(-Typen) nicht wieder vor – Ihr macht es euch schwerer!

**Wenn ihr mit diesen Klausuren gelernt habt und sie euch weitergeholfen haben, nehmt euch die Zeit und schreibt bei der Einsicht die Klausur ab oder macht schnell Fotos mit der Digitalkamera, und leitet diese an die Fachschaft weiter!! Wenn ihr privat Lösungen für diese oder andere Klausuren erstellt habt leitet diese bitte auch weiter – nur so kann ALLEN geholfen werden.**

**Angaben:**

Allgemeine Gaskonstante:  $R=8,314 \text{ J/K}\cdot\text{mol}$

Avogadro-Zahl:  $N_A=6,023\cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

Boltzmann-Konstante:  $k=1,38\cdot 10^{-23}$

$V(\text{Kugel})= 4/3\cdot\pi r^3$

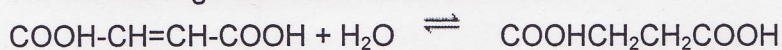
**Aufgabe 1 (10 Punkte)**

Die Dichte von Eisen ist  $\rho = 7,86 \text{ g/cm}^3$ , seine Molmasse ist  $55,85 \text{ g/mol}$

- Wie groß ist der Durchmesser eines Eisenatoms, wenn ein Eisenatom als Kugel betrachten werden kann?
- Wieviele Eisenatome sind in  $1 \text{ mm}^3$  Eisen enthalten?

**Aufgabe 2 (10 Punkte)**

Für die Gleichgewichtskonstante der Reaktion



wurden folgende Werte gefunden:

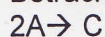
Temperatur / °C	Gleichgewichtskonstante
25	4,0
45	2,8

Berechnen Sie  $\Delta G^\circ$ ,  $\Delta H^\circ$  und  $\Delta S^\circ$  bei 298K.

$\Delta H^\circ$  und  $\Delta S^\circ$  sind temperaturunabhängig

**Aufgabe 3 (4,5 Punkte)**

Betrachten Sie folgenden Reaktionsmechanismus für die Gesamtreaktion



$A \rightleftharpoons B$  mit  $k_1$ =hin; und  $k_{-1}$ =zurück

$B + A \rightarrow C$  mit  $k_2$ =hin

Formulieren Sie die Reaktionsgeschwindigkeitsgleichung für die Änderung der Konzentration von B.

**Aufgabe 4 (11 Punkte)**

1 Mol  $\text{CaCO}_3$  wurde auf  $700^\circ \text{ C}$  erhitzt, wobei es sich nach folgender Gleichung zersetzt.



Das Gefäß, in dem diese Reaktion durchgeführt wurde, war mit einem Kolben abgeschlossen der zu Beginn auf der festen  $\text{CaCO}_3$  Probe auflag und gegen den äußeren



Atmosphärendruck von  $p = 1,01325 \cdot 10^5$  Pa bewegt werden musste. Wie viel Arbeit wurde bei der vollständigen Zersetzung geleistet?

**Aufgabe 5 (13 Punkte)**

25 g Methan ( $M=16,01$  g/mol) werden bei 250 K isotherm von einem Druck 18,5 bar auf 2,5 bar entspannt. Wie groß ist die Entropieänderung des Gases?

**Aufgabe 6 (13 Punkte)**

Aus der mikroskopischen Beobachtung von Sporen von Lycopodium ergibt sich bei 1 min Beobachtungsdauer und 20°C eine mittlere Verschiebung in x – Richtung von  $\bar{x}$ . Der Durchmesser der kugelförmigen Sporen ist  $d=3,4$   $\mu\text{m}$

- Wie groß ist der Diffusionskoeffizient  $D$ ?
- Wie groß ist der Reibungskoeffizient  $f$ ?
- Wie groß ist die Viskosität des Suspensionsmittels  $\eta$ ?

**Aufgabe 7 (11 Punkte)**

Für den Zerfall einer Substanz wurde bei 30°C eine Geschwindigkeitskonstante von  $2,8 \cdot 10^{-3} \text{ M}^{-1}\text{s}^{-1}$  und bei 50°C  $1,38 \cdot 10^{-2} \text{ M}^{-1}\text{s}^{-1}$  gemessen.

Berechnen Sie die Aktivierungsenergie sowie die maximale Geschwindigkeitskonstante!

**Aufgabe 8 (insgesamt 11,5 Punkte)**

Kurze Fragen zur Kinetik und Spektroskopie

- Welche Reaktionsordnung liegt für eine Reaktion vor, die folgender Reaktionsgeschwindigkeitsgleichung gehorcht?

$$\frac{d[A]}{dt} = k[A]^2[B]$$

- Was ist die Ursache der Diffusion von Teilchen?
- Zeichnen Sie schematisch den Aufbau eines Einstrahlphotometers und beschriften Sie alle Bauteile!

**Aufgabe 9 (insgesamt 16 Punkte)**

Kurze Fragen zur Thermodynamik

- Sie mischen 37 ml einer 72 mM KOH-Lösung und 37 ml einer 72 mM HBr-Lösung. Wie hoch sind die Konzentrationen an  $\text{K}^+$ ,  $\text{H}^+$ ,  $\text{OH}^-$ , und  $\text{Br}^-$ ?
- Wie lautet der 2. Hauptsatz der Thermodynamik?
- Zeichnen Sie für ein reales Gas in einem pV-Diagramm den Verlauf von drei Isothermen ein: Oberhalb des kritischen Punktes, am kritischen Punkt und unterhalb des kritischen Punktes.  
Zeichnen Sie das Gebiet ein, in dem nebeneinander Gas und Flüssigkeit existieren.



**Physikalische Chemie Praktikumseingangsklausur SS07 (Nachklausur) 16.7.2007 (Labahn)**

**Aufgabe 1:**

Gegeben: *Allgemeine Gaskonstante:  $R=8,314 \text{ J/K}\cdot\text{mol}$*

In einem isolierten Gefäß wurden 50g heißes Wasser von 80 C erhitzt und kaltes Wasser von 10 C vermischt.  $C(\text{H}_2\text{O})=4,18 \text{ kJ}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$   
Es wurde keine Wärme ausgetauscht

- Wie groß ist die Endtemperatur des Systems?
- Wie groß ist die Energieänderung

**Aufgabe 2 (11 Punkte):**

Für die Gleichgewichtskonstante der Reaktion  
3-Phosphoglycerat +  $\text{H}_2\text{O} \rightarrow$  Glycerin + Phosphat findet man  
 $G_{298} = -10 \text{ kJ/mol}$  und  $H_{298} = -34,3 \text{ kJ/mol}$   
Wie groß ist die Gleichgewichtskonstante bei 25 C und bei 37 C?

**Aufgabe 3 (13 Punkte):**

Ein Zuckerwürfel hat die Masse 1,5g. Wie groß ist die Verbrennungsenthalpie dieses Würfels unter Standardbedingungen (Molmasse Zucker 34,2 g/mol)? Wie hoch kann ein Mensch ( $m=60\text{kg}$ ) klettern wenn Sie annehmen, dass Sie 25% dieser Energie in Arbeit umsetzen können? Die Standardbildungsenthalpien bei 298K betragen:  
 $H^*(\text{CO}_2) = -393,3 \text{ kJ/mol}$   
 $H^*(\text{H}_2\text{O}) = -242,8 \text{ kJ/mol}$   
 $H^*(\text{Succrose}) = -2222,1 \text{ kJ/mol}$

Verbrennungsgleichung für Zucker (Succrose):  
 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 12\text{O}_2 \leftrightarrow 12\text{CO}_2(\text{g}) + 11\text{H}_2\text{O}(\text{g})$

**Aufgabe 4 (7 Punkte):**

Bei der enzymkatalysierten Umsetzung eines Substrats wird eine Michaelis Menten Konstante  $K_M=0,035 \text{ M}$  gefunden. Bei der Substratkonzentration 0,110 M ist die Reaktionsgeschwindigkeit  $1,15 \cdot 10^6 \text{ M/s}$ . Wie groß ist die maximale Geschwindigkeit?

**Aufgabe 5 (12 Punkte):**

Die Dichte eines Stoffes mit der empirischen Formel  $\text{C}_x\text{H}_x$  beträgt im Gaszustand 2,55 g/l bei 101325 Pa und einer Temperatur von 100 C. welche Molmasse hat die Verbindung? Welcher Stoff könnte dies sein? (Lsg.: Benzol)

**Aufgabe 6 (7 Punkte):**

Mit welcher Dichte muss man Sonnencreme auf die Haut auftragen damit bei einem Extinktionskoeffizienten von xxx auf die Haut scheinende Licht um den Faktor 4 geschwächt wird? Die Konzentration des Wirkstoffs beträgt 0,001 M(??).

**Aufgabe 7**

*Berechnung wie viele Moleküle C sind nach 1000 Jahren noch in einem Stück Holz enthalten oder so. Also Aufgabe mit Halbwertszeit*



**Aufgabe 8 (9 Punkte):**

Man mischt 0,2l einer 0,3 M  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  Lösung mit 0,5l einer =,1 M NaCl. Wie groß ist die Konzentration an  $\text{Na}^+$   $\text{Cl}^-$  und  $\text{CO}_3^{2-}$  in der Mischung?

**Aufgabe 9:**

a) (6 Punkte) Gegeben ist das Phasendiagramm von reinem Wasser (*es war kein Schaubild da es wurde als verstanden vorausgesetzt*). Erläutern Sie anhand der Gibbsschen Phasenregel wie viele Freiheitsgrade das System in der festen Phase besitzt? (Lsg: 2)

b) Was ist ein starker Elektrolyt? Was ist ein schwacher Elektrolyt?

c) Fehlt - irgendein Dampfdruckdiagramm



PC Eingang Aufg. 1

$$\rho = 7,86 \text{ g/cm}^3$$

$$M(\text{Fe}) = 55,85 \text{ g/mol}$$

→ Berechnung wieviel mol in einem  $\text{cm}^3$ :

$$\frac{7,86 \text{ g/cm}^3}{55,85 \text{ g/mol}} = 0,14 \frac{\text{mol}}{\text{cm}^3}$$

→ Wieviele Teilchen pro  $\text{cm}^3$

$$0,14 \frac{\text{mol}}{\text{cm}^3} \cdot 6,023 \cdot 10^{23} \frac{\text{Teilchen}}{\text{mol}} = 8,43 \cdot 10^{22} \frac{\text{Teilchen}}{\text{cm}^3}$$

b) Aufgabenteil b) vorgegeben:

$$1 \text{ cm}^3 = 1000 \text{ mm}^3 \quad \left( \text{zur Erinnerung: } 1 \text{ cm}^3 \text{ besteht aus } \begin{array}{l} 10 \text{ mm} \times 10 \text{ mm} \times 10 \text{ mm} = 1000 \text{ mm}^3 \end{array} \right)$$

$$\frac{8,43 \cdot 10^{22} \frac{\text{Teilchen}}{\text{cm}^3}}{1000 \frac{\text{mm}^3}{\text{cm}^3}} = 8,43 \cdot 10^{19} \frac{\text{Teilchen}}{\text{mm}^3}$$

weiter a)

Wenn  $8,43 \cdot 10^{19}$  Teilchen pro  $\text{mm}^3$  Platz haben, dann hat

je ein Teilchen  $\frac{1}{8,43 \cdot 10^{19} \text{ mm}^3}$  Platz (Kubinhalt)

$$\Rightarrow 1,186 \cdot 10^{-20} \text{ mm}^3 \text{ Platz pro Atom}$$

Atom ist kugelförmig daher:

$$1,186 \cdot 10^{-20} = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3$$

$$r = 1,41 \cdot 10^{-7} \text{ mm}$$

nach Durchmesser gefragt  $r = \frac{d}{2}$

$$d = 2,83 \cdot 10^{-7} \text{ mm}$$



K2 10.2.07 LSS PC Eijay 2-6

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S = -RT \ln K$$

$$-R \cdot \frac{\ln \frac{K_2}{K_1}}{\left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}\right)} = \Delta H$$

$25^\circ\text{C} \rightarrow 298$   
 $45^\circ\text{C} \rightarrow 318$

$$\frac{-8,314 \cdot \ln \frac{28}{4,0}}{\frac{1}{318} - \frac{1}{298}} = \Delta H = -14050 \text{ J}$$

$$= -14,050 \text{ kJ}$$

$$\Delta G = -RT \ln K$$

$$= -8,314 \cdot 298 \cdot \ln 4$$

$$= -3434,6 \text{ J}$$

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

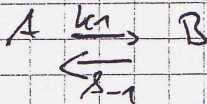
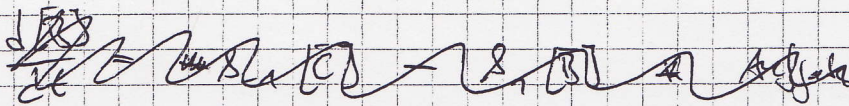
$$T\Delta S = \Delta H - \Delta G$$

$$\Delta S = \frac{\Delta H - \Delta G}{T}$$

$$= \frac{-14050 \text{ J} - (-3434,6 \text{ J})}{298}$$

$$\Delta S = -35,6 \text{ J}$$

13



$$\frac{d[B]}{dt} = k_1[A] - k_{-1}[B] - k_2[A][B]$$



(A4) irreversible Expansion eines Gases

$$W = -p_{\text{außen}} \cdot (V_2 - V_1)$$

$\text{CaO} + \text{CaCO}_3$  ist ein Feststoff das Volumen wird vernachlässigt  
 $\rightarrow V_1 = 0$   
 pro Mol  $\text{CaCO}_3$  entsteht also 1 mol  $\text{CO}_2$  (gasförmig)  
 nach der idealen Gasgleichung lässt sich das Volumen  
 des Gases berechnen:  $p \cdot V = n \cdot R \cdot T$

$$V = \frac{n \cdot R \cdot T}{p}$$

$$= \frac{1 \cdot 8,314 \cdot 973 \text{ K}}{101325 \text{ Pa}}$$

$$= 0,0798 \text{ m}^3$$

$$W = -p_{\text{außen}} \cdot V_2 - 0$$

$$= -101325 \cdot 0,0798 \text{ m}^3$$

$$= \underline{\underline{-8085,73 \text{ J}}}$$

(A5)

Expansion eines idealen Gases bei const. Temperatur  
 im geschlossenen System

$$25 \text{ g} \quad M(\text{Methan}) = 16,04 \text{ g/mol}$$

$$250 \text{ K}$$

$$\text{Druck: } 18,5 \text{ bar} \rightarrow 2,5 \text{ bar}$$

$$\Delta S = n \cdot R \cdot \ln \frac{V_2}{V_1} \Rightarrow \Delta S = 1,56 \cdot 8,314 \cdot \ln \frac{0,0125 \text{ m}^3}{0,017 \text{ m}^3}$$

$$\Delta S = \underline{\underline{25,97}}$$

~~Volumen~~  
 Berechnung der molaren Menge Methan:

$$\frac{25 \text{ g}}{16,04 \text{ g/mol}} = 1,56 \text{ mol}$$

Berechnung des Volumens anhand der Gasgleichung

$$V_1 = \frac{n \cdot R \cdot T}{p} = \frac{1,56 \cdot 8,314 \cdot 250 \text{ K}}{18,5 \cdot 10^5 \text{ Pa}} = \underline{\underline{0,00175 \text{ m}^3}}$$

3-6

$$V_2 = \frac{1,56 \cdot 8,314 \cdot 250 \text{ K}}{2,5 \cdot 10^5 \text{ Pa}} = 0,0129 \text{ m}^3$$



A6

a)  $x^2 = 2 \cdot D \cdot t$   $\Leftrightarrow \frac{x^2}{2 \cdot t} = D$

mittlere  $\swarrow$   
Werschiebung

Diffusionskoeffizient  $\swarrow$   $\searrow$  Zeit in s

b)  $f = \frac{k_B \cdot T}{D}$   $\Leftrightarrow \frac{(0,001\text{m})^2}{2 \cdot 60\text{s}} = D$

Reibungskoeffizient  $\swarrow$   $\searrow$  Boltzmannkonstante

$\Leftrightarrow 8,33 \cdot 10^{-9} \frac{\text{m}^2}{\text{s}} = D$

c) Viskosität  $f = 6 \pi \eta r$

Viskosität  $\swarrow$

Lsg. b)  $f = \frac{1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K} \cdot 293\text{K}}{8,33 \cdot 10^{-9} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}}$

$= 4,85 \cdot 10^{-13} \frac{\text{kg}}{\text{s}}$

c)  $\frac{f}{6 \pi r} = \eta$   $d = 2 \cdot r$

$r = \frac{3,4 \cdot 10^{-6} \text{ m}}{2}$

$= 1,7 \cdot 10^{-6} \text{ m}$

$\frac{4,85 \cdot 10^{-13}}{6 \cdot \pi \cdot 1,7 \cdot 10^{-6} \text{ m}} = \eta$

$1,5 \cdot 10^{-8} \frac{\text{Ns}}{\text{m}^2} = \eta$



PC 10.7.07

A7  $30^\circ\text{C}$   $2,8 \cdot 10^{-3} \frac{1}{\text{ms}}$

$80^\circ\text{C}$   $1,38 \cdot 10^{-2} \frac{1}{\text{ms}}$

Vgl. Mitschrift Vorlesung! 5-6

$$k_1 = k_0 \cdot e^{\frac{-E_A}{RT}} \quad \text{nach Arrhenius}$$

~~$$k_1 = k_0 \cdot e^{\frac{-E_A}{RT}}$$

$$k_2 = k_0 \cdot e^{\frac{-E_A}{RT}}$$~~

$$a = \frac{\ln k_2 - \ln k_1}{\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}}$$

$$E_A = -a \cdot R$$

$$\Rightarrow E_A = \frac{\ln k_2 - \ln k_1}{\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}} \cdot (-R)$$

$$E_A = \frac{\ln 1,38 \cdot 10^{-2} - \ln 2,8 \cdot 10^{-3}}{\frac{1}{323} - \frac{1}{303}} \cdot -8,314$$

$$= 64893 \text{ J} = \underline{\underline{64,9 \text{ kJ}}}$$

Max Geschwindigkeitskonstante

$$k_0 = k \cdot e^{\frac{E_A}{RT}}$$

$$= 2,8 \cdot 10^{-3} \cdot e^{\frac{64893}{8,314 \cdot 303}}$$

$$= 4,31 \cdot 10^6 \frac{1}{\text{s}}$$

?) Faktor in Keft?



Aufg. 8

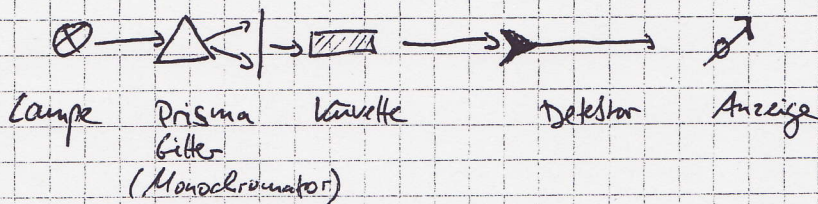
a) Lsg vgl. Übungsblatt

$$\text{Bsp. } -\frac{d[A]}{dt} = k\sqrt{[A]}\cdot[B]^2$$

Zähle Exponenten zusammen!  $2 + 0,5 \Rightarrow$  Ordnung von  $2,5$

b) Die Brownsche Molekularbewegung ist die Ursache der Diffusion von Teilchen

c)



A7

a) 37 ml 72 mM KOH Lsg

37 ml 72 mM HBr Lsg

Da die äquivalente Menge an  $\text{OH}^-$  und  $\text{H}^+$  auf einander trifft

neutralisieren sich die Lsg. es liegt also ein pH von 7 vor, das

entspricht einer Konz von  $10^{-7} \text{ M } [\text{OH}^-]$

$10^{-7} \text{ M } [\text{H}^+]$

und für  $\text{K}^+$   
gleichfalls für  
 $\text{Br}^-$

$$\frac{37 \text{ ml} \cdot 72 \text{ mM}}{37 \text{ ml} + 37 \text{ ml}} = \underline{\underline{36 \text{ mM}}}$$

b) Zweiter Hauptsatz der Thermodynamik

$$\Delta G = \Delta H - T \Delta S$$

d.h. - Ungeordnete Zustände sind wahrscheinlicher als geordnete Zustände

- Die Entropie der Universums nimmt zu



PC-Praktikumseingangsklausur

Aufgabe 1:

Eine Nuclease aus Staphylokokken katalysiert die Hydrolyse von DANN. Ohne Katalyse ist die Geschwindigkeitskonstante  $k_0 = 1,7 \cdot 10^{-13} \text{ s}^{-1}$ , mit Katalyse  $k_k = 95 \text{ s}^{-1}$  (das Enzym beschleunigt die Reaktion um den Faktor 560 Billionen!) Wie groß ist der Unterschied in der Aktivierungsenergie ( $\Delta E_A$ ) zwischen der katalysierten und der nichtkatalysierten Reaktion nach dem Arrhenius-Modell bei  $20^\circ\text{C}$ ?

Aufgabe 2:

Am 15.3 ist der 2050 Todestag von Julius Caesar. Bei der Verbrennung seiner Leiche wurde ca. 45 kg  $\text{H}_2\text{O}$  (g) frei. Seit damals hat sich dieses  $\text{H}_2\text{O}$  quantitativ und gleichmäßig über die Erde verteilt. Berechnen Sie, wie viele  $\text{H}_2\text{O}$  Moleküle aus Julius Caesar ein Student (75 kg) enthält.

Annahme: Julius Caesar besteht zu  $2/3$  aus  $\text{H}_2\text{O}$ , und die Gesamtmenge des irdischen  $\text{H}_2\text{O}$  beträgt 1400 Milliarden  $\text{km}^3$ .

Aufgabe 3:

Jod reagiert säurekatalysiert mit Ketonen in wässriger Lösung nach der Gleichung



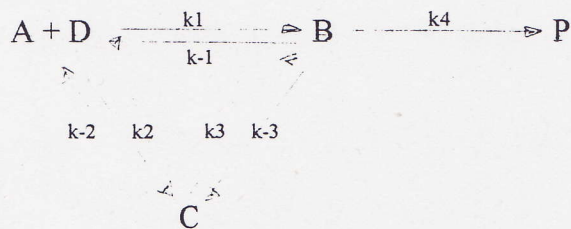
Die Reaktion wurde gemessen durch die Abnahme der  $\text{J}_2$ -Konzentration, und es wurden die folgenden Anfangskonzentrationen verwendet:

$-\frac{\partial[\text{J}_2]}{\partial t} / \text{M s}^{-1}$	$[\text{J}_2] / \text{M}$	$[\text{Keton}] / \text{M}$	$[\text{H}^+] / \text{M}$
$7 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-4}$	0,2	$10^{-2}$
$7 \cdot 10^{-5}$	$3 \cdot 10^{-4}$	0,2	$10^{-2}$
$1,7 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-4}$	0,5	$10^{-2}$
$5,4 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-4}$	0,5	$3,2 \cdot 10^{-2}$

- 1.) Wie lautet die Reaktionsgeschwindigkeitsgleichung für die stöchiometrische Gleichung?
- 2.) Berechnen Sie die Reaktionsordnung (Exponenten) für die verschiedenen Stoffe in der Reaktionsgeschwindigkeitsgleichung.
- 3.) Berechnen Sie die Geschwindigkeitskonstante.

Aufgabe 4:

Eine Reaktion hat den folgenden Mechanismus für die Bildung von P:



Schreiben Sie die Differentialgleichung für die zeitliche Änderung der Konzentration von B auf, d.h.  $\frac{d[\text{B}]}{dt}$



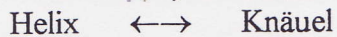
### Aufgabe 5:

Zur Altersbestimmung von Gesteinen verwendet man  $^{40}\text{K}$ . Der Anteil von  $^{40}\text{K}$  in natürlichem K ist  $1,2 \cdot 10^{-4}$ .  $^{40}\text{K}$  zerfällt unter Aussendung von  $\beta$ -Strahlen nach einer Reaktion 1. Ordnung in Ar mit einer Halbwertszeit von  $1,3 \cdot 10^9$  Jahren.

Wie groß ist die Zahl der Zerfälle pro s in 1 kg KCl (= Aktivität)?

### Aufgabe 6:

Für ein Polypeptid findet man in wässriger Lösung eine Helix-Knäuel-Umwandlung



mit der Gleichgewichtskonstanten  $k = \frac{[\text{Helix}]}{[\text{Knäuel}]}$

Man findet bei  $50\text{ }^\circ\text{C}$   $k = 1$ , bei  $60\text{ }^\circ\text{C}$   $k = 10$

- 1.) Berechnen Sie  $\Delta H^0$  für die Reaktion
- 2.) Berechnen Sie  $\Delta S^0$  für die Reaktion bei  $50\text{ }^\circ\text{C}$

### Aufgabe 7:

Sie bewahren  $\frac{1}{2}$  Pfund Butter bei  $-20\text{ }^\circ\text{C}$  auf. Danach legen Sie sie in 1l Wasser von  $35\text{ }^\circ\text{C}$  ( $C_p(\text{Butter}) = 1,9\text{ J/gK}$ ;  $C_p(\text{Wasser}) = 4,18\text{ J/gK}$ ).

Berechnen Sie 1.) die Endtemperatur des Systems

- 2.) die Entropieänderung der Butter, des Wassers, sowie die Gesamtentropieänderung bei diesem Vorgang.

### Aufgabe 8:

Welches Volumen einer  $0,025\text{ M H}_2\text{SO}_4$ -Lösung benötigen Sie, um  $8\text{ g NaOH}$  zu neutralisieren?

### Aufgabe 9:

- a) Zeichnen Sie für ein ideales Gas zwei Isothermen mit  $T_1$  und  $T_2$  in ein  $p$ - $V$ -Diagramm. Nehmen Sie an, dass  $T_1$  die höhere Temperatur sei.
- b) Wie lautet der 3. Hauptsatz der Thermodynamik?
- c) Was versteht man unter einem Puffer?
- d) Gegeben sie eine ideale Lösung mit nur einer gelösten Komponente, die die Konzentration  $c$  habe. Zeichnen Sie schematisch das chemische Potential als Funktion der Konzentration  $c$ . Wo liegt das chemische Potential unter Standardbedingungen vor?
- e) Zeichnen Sie schematisch den Verlauf der Enthalpie eines Stoffes als Funktion Temperatur bei konstantem Druck ( $p = 1,01325\text{ bar}$ ). Der Stoff soll in diesem Bereich schmelzen und schließlich sieden. Was bedeuten die jeweiligen Steigungen?
- f) Eine Enzymreaktion lässt sich nach Michaelis-Menten beschreiben. Zeichne Sie für diesen Fall die Reaktionsgeschwindigkeit  $v$  als Funktion der Substratkonzentration  $[S]$ . Markieren Sie den Bereich in dem man a) eine Reaktion 0. Ordnung bezüglich der Substratkonzentration und b) eine Reaktion 1. Ordnung bezüglich der Substratkonzentration findet. Zeichnen Sie in das Diagramm ein, wo die Michaelis-Menten-Konstante abgelesen werden kann.
- g) Elektrochemische Energie lässt sich anhand eines Daniell-Elements erzeugen. Geben Sie die Gleichung der Gesamtreaktion, sowie jeweils die Gleichungen an, die an der Anode und Kathode ablaufen.



①  $k_0 = 1,17 \cdot 10^{-13} \text{ s}^{-1}$   
 $k_u = 95 \text{ s}^{-1}$   
 $T = 233 \text{ K}$

Arrhenius  $k = k' \cdot e^{-\frac{E_A}{RT}}$

$k_0 = k' \cdot e^{-\frac{E_{A0}}{RT}}$   
 $k_u = k' \cdot e^{-\frac{E_{Au}}{RT}}$

$\ln k_0 = \ln k' - \frac{E_{A0}}{RT}$   
 $\ln k_u = \ln k' - \frac{E_{Au}}{RT}$

$\ln k_0 - \ln k_u = \ln k' - \ln k' - \frac{E_{A0}}{RT} + \frac{E_{Au}}{RT}$

$\ln \frac{k_0}{k_u} = \frac{1}{RT} (E_{Au} - E_{A0})$

$\Delta E_A = \ln \frac{k_0}{k_u} \cdot RT = \underline{\underline{-82718,37 \text{ J/mol}}}$

②  $m_c = 45 \text{ µg}$

$V(\text{H}_2\text{O}) = 1400 \cdot 10^6 \text{ µm}^3$   
 $= 1,4 \cdot 10^{18} \text{ m}^3$   
 $= 1,4 \cdot 10^{21} \text{ dm}^3$

$m(\text{H}_2\text{O}) = 1,4 \cdot 10^{24} \text{ µg}$

$c(\%) = \frac{45 \text{ µg}}{1,4 \cdot 10^{24} \text{ µg}} = 3,2 \cdot 10^{-23}$

Stoffm.  $75 \text{ µg}$

$m(s) = 50 \text{ µg} (\text{H}_2\text{O})$

$m_c(s) = 50 \text{ µg} \cdot c(\%) = 1,6 \cdot 10^{-20} \text{ µg}$

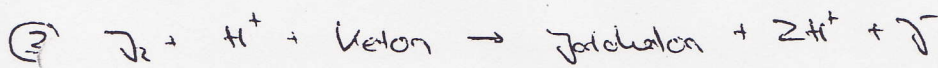
$M(\text{H}_2\text{O}) = 18 \text{ g/mol}$   $M = \frac{m}{n}$

$n_c(s) = \frac{1,6 \cdot 10^{-18} \text{ g} \cdot 1000}{18 \text{ g/mol}} = 8,93 \cdot 10^{-20} \text{ mol}$

$A = 6,023 \cdot 10^{23} \text{ Teilchen/mol}$

$\Rightarrow \text{Molek. } (\text{H}_2\text{O}) = n_c(s) \cdot A = 53776786 \text{ Molek.}$

$= \underline{\underline{53,8 \cdot 10^9 \text{ Molek. H}_2\text{O}}}$



a)  $\frac{d[\text{I}_2]}{dt} = k [\text{I}_2]^a [\text{H}^+]^b [\text{Ketone}]^c$

b)  $\frac{v_1}{v_2} = \left(\frac{[\text{I}_2]_1}{[\text{I}_2]_2}\right)^a$   $1 = \left(\frac{5 \cdot 10^{-4}}{3 \cdot 10^{-4}}\right)^a$   $0 = a \ln \frac{5}{3}$   $\underline{\underline{a = 0}}$

$\frac{v_1}{v_3} = \left(\frac{[\text{Ketone}]_1}{[\text{Ketone}]_3}\right)^c$   $\frac{7 \cdot 10^{-5}}{1,7 \cdot 10^{-4}} = \left(\frac{0,2}{0,5}\right)^c$   $\ln \frac{7 \cdot 10^{-5}}{1,7 \cdot 10^{-4}} = c \ln \frac{0,2}{0,5}$   $\underline{\underline{c = 1}}$

$\frac{v_2}{v_4} = \left(\frac{[\text{H}^+]_2}{[\text{H}^+]_4}\right)^b$   $\frac{1,7 \cdot 10^{-4}}{5,4 \cdot 10^{-4}} = \left(\frac{10^{-2}}{3,2 \cdot 10^{-2}}\right)^b$   $\ln \frac{1,7 \cdot 10^{-4}}{5,4 \cdot 10^{-4}} = b \ln \frac{10^{-2}}{3,2 \cdot 10^{-2}}$   $\underline{\underline{b = 1}}$

c)  $v_1 = k [\text{I}_2]^0 [\text{H}^+]^1 [\text{Ketone}]^1$

$k = 0,035 \text{ s}^{-1} \text{ M}^{-1}$



$$(4) \frac{d(B)}{dt} = k_1(A)(O) + k_3(C) - k_{-1}(B) - k_{-3}(B) - k_4(B)$$

(5) RCW. 1. Ordnung

$$A = A_0 \cdot e^{-kt}$$

$$\tau_{1/2} = \frac{\ln 2}{k} \quad \tau_{1/2} = 1,3 \cdot 10^3 \text{ a} \Rightarrow k = 1,69 \cdot 10^{-17} \text{ /s}$$

$$1 \text{ a} = 31536000 \text{ s}$$

$$1 = \frac{m}{M} \quad m(\text{UCl}) = 1 \text{ kg}$$

$$= 74 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \quad n(\text{UCl}) = 13,5 \text{ mol}$$

$$m(\text{U}) = 527 \text{ g} \quad {}^{40}\text{U}(\%) = 1,2 \cdot 10^{-4}$$

$$\Rightarrow m({}^{40}\text{U}) = 0,063 \text{ g}$$

$$n({}^{40}\text{U}) = 1,62 \cdot 10^3 \text{ mol}$$

$$\text{Teilchen}({}^{40}\text{U}) = 3,76 \cdot 10^{20}$$

$$A = 9,7 \cdot 10^{20} \frac{\text{Teilchen/s}}$$

$$A = \frac{dN}{dt} = \lambda \cdot N$$

$$A = 16299 \frac{\text{Teilchen}}{\text{s}}$$

$$(6) \begin{matrix} T_1 = 323 \text{ K} & k_1 = 1 \\ T_2 = 333 \text{ K} & k_2 = 10 \end{matrix}$$

$$\frac{dk}{dT} = \frac{\Delta H^\circ}{RT^2}$$

$$\int dk = \frac{\Delta H^\circ}{R} \int \frac{1}{T^2} dT$$

$$\ln \frac{k_2}{k_1} = -\frac{\Delta H^\circ}{R} \left( \frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$$

$$1.) \Delta H^\circ = \frac{-\ln \frac{k_2}{k_1} \cdot R}{\left( \frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)} = + 20590 \text{ J/mol}$$

$$2.) \Delta S^\circ = \frac{\Delta H^\circ}{T} = + 637 \text{ J/molK}$$

$$(7) m(\text{Butter}) = 250 \text{ g}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 1 \text{ kg}$$

$$T_A = 253 \text{ K}$$

$$T_2 = 308 \text{ K}$$

$$c_p(\text{Butter}) = 1,9 \text{ J/gK}$$

$$c_p(\text{H}_2\text{O}) = 4,18 \text{ J/gK}$$

$$\Delta H = \frac{c \cdot \Delta T}{m}$$

$$A) c_p m_b (T_H - T_A) = c_p m_{H_2O} (T_2 - T_H)$$

$$c_p m_b T_H - c_p m_b T_A = c_p m_{H_2O} T_2 - c_p m_{H_2O} T_H$$

$$T_H (c_p m_b + c_p m_{H_2O}) = c_p m_{H_2O} T_2 + c_p m_b T_A$$

$$T_H = \frac{c_p m_{H_2O} T_2 + c_p m_b T_A}{c_p m_b + c_p m_{H_2O}} = 302,4 \text{ K} \hat{=} \underline{29 \text{ }^\circ\text{C}}$$

$$2) \Delta S = c_p \ln \frac{T_2}{T_A}$$

$$\Delta S(\text{Butter}) = 1,9 \text{ J/gK} \ln \frac{302,4}{253} = 0,34 \text{ J/gK}$$

$$\Delta S(\text{H}_2\text{O}) = 4,18 \text{ J/gK} \ln \frac{302,4}{308} = -0,08 \text{ J/gK}$$

$$\Delta S(\text{gesamt}) = 0,26 \text{ J/gK} \quad -2- (3)$$