

**Institut für Physikalische Chemie
Albert-Ludwigs-Universität Freiburg**

Klausur zur Physikalischen Chemie
für Studierende der Biologie und Molekularen Medizin
06.02.2016

Name (Druckbuchstaben)

Vorname:

Matrikelnummer:

Aufgabe Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Gesamt
Punkte	12	12	14	12	15	15	10	10	10	110

Ich bin mit der Bekanntgabe des Klausurergebnisses (Matrikelnummer und Punktezahl) in Ilias einverstanden.

Ja

nein

Unterschrift

Hiermit erkläre ich, dass ich die Klausur eigenhändig angefertigt habe.

.....

Unterschrift

Die Klausur muss mit Kugelschreiber oder dokumentechter Tinte geschrieben werden.
Erlaubte Hilfsmittel: Taschenrechner (gelöschter Speicher)

Viel Erfolg!

Standardpotentiale bei 298 K. In alphabetischer Reihenfolge

Reduktions-Halbreaktion	E^\ominus/V	Reduktions-Halbreaktion	E^\ominus/V
$\text{Ag}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag}$	+0.80	$\text{I}_2 + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{I}^-$	+0.54
$\text{Ag}^{2+} + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag}^+$	+1.98	$\text{I}_3^- + 2\text{e}^- \rightarrow 3\text{I}^-$	+0.53
$\text{AgBr} + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag} + \text{Br}^-$	+0.0713	$\text{In}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{In}$	-0.14
$\text{AgCl} + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag} + \text{Cl}^-$	+0.22	$\text{In}^{2+} + \text{e}^- \rightarrow \text{In}^+$	-0.40
$\text{Ag}_2\text{CrO}_4 + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{Ag} + \text{CrO}_4^{2-}$	+0.45	$\text{In}^{3+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{In}^+$	-0.44
$\text{AgF} + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag} + \text{F}^-$	+0.78	$\text{In}^{3+} + 3\text{e}^- \rightarrow \text{In}$	-0.34
$\text{AgI} + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag} + \text{I}^-$	-0.15	$\text{In}^{3+} + \text{e}^- \rightarrow \text{In}^{2+}$	-0.49
$\text{Al}^{3+} + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Al}$	-1.66	$\text{K}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{K}$	-2.93
$\text{Au}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Au}$	+1.69	$\text{La}^{3+} + 3\text{e}^- \rightarrow \text{La}$	-2.52
$\text{Au}^{3+} + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Au}$	+1.40	$\text{Li}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Li}$	-3.05
$\text{Ba}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Ba}$	-2.91	$\text{Mg}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Mg}$	-2.36
$\text{Be}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Be}$	-1.85	$\text{Mn}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Mn}$	-1.18
$\text{Bi}^{3+} + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Bi}$	+0.20	$\text{Mn}^{3+} + \text{e}^- \rightarrow \text{Mn}^{2+}$	+1.51
$\text{Br}_2 + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{Br}^-$	+1.09	$\text{MnO}_2 + 4\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Mn}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$	+1.23
$\text{BrO}^- + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Br}^- + 2\text{OH}^-$	+0.76	$\text{MnO}_4^- + 8\text{H}^+ + 5\text{e}^- \rightarrow \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$	+1.51
$\text{Ca}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Ca}$	-2.87	$\text{MnO}_4^{2-} + \text{e}^- \rightarrow \text{MnO}_4^{3-}$	+0.56
$\text{Cd}(\text{OH})_2 + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cd} + 2\text{OH}^-$	-0.81	$\text{MnO}_4^{2-} + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{MnO}_2 + 4\text{OH}^-$	+0.60
$\text{Cd}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cd}$	-0.40	$\text{Na}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Na}$	-2.71
$\text{Ce}^{3+} + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Ce}$	-2.48	$\text{Ni}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Ni}$	-0.23
$\text{Ce}^{4+} + \text{e}^- \rightarrow \text{Ce}^{3+}$	+1.61	$\text{NiOOH} + \text{H}_2\text{O} + \text{e}^- \rightarrow \text{Ni}(\text{OH})_2 + \text{OH}^-$	+0.49
$\text{Cl}_2 + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{Cl}^-$	+1.36	$\text{NO}_3^- + 2\text{H}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	+0.80
$\text{ClO}^- + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cl}^- + 2\text{OH}^-$	+0.89	$\text{NO}_3^- + 4\text{H}^+ + 3\text{e}^- \rightarrow \text{NO} + 2\text{H}_2\text{O}$	+0.96
$\text{ClO}_4^- + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{ClO}_3^- + \text{H}_2\text{O}$	+1.23	$\text{NO}_3^- + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{NO}_2^- + 2\text{OH}^-$	+0.10
$\text{ClO}_4^- + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{ClO}_3^- + 2\text{OH}^-$	+0.36	$\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^- \rightarrow 4\text{OH}^-$	+0.40
$\text{Co}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Co}$	-0.28	$\text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$	+1.23
$\text{Co}^{3+} + \text{e}^- \rightarrow \text{Co}^{2+}$	+1.81	$\text{O}_2 + \text{e}^- \rightarrow \text{O}_2^-$	-0.56
$\text{Cr}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cr}$	-0.91	$\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{HO}_2^- + \text{OH}^-$	-0.08
$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14\text{H}^+ + 6\text{e}^- \rightarrow 2\text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}$	+1.33	$\text{O}_3 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}$	+2.07
$\text{Cr}^{3+} + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Cr}$	-0.74	$\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{O}_2 + 2\text{OH}^-$	+1.24
$\text{Cr}^{3+} + \text{e}^- \rightarrow \text{Cr}^{2+}$	-0.41	$\text{Pb}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Pb}$	-0.13
$\text{Cs}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Cs}$	-2.92	$\text{Pb}^{4+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Pb}^{2+}$	+1.67
$\text{Cu}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$	+0.52	$\text{PbSO}_4 + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Pb} + \text{SO}_4^{2-}$	-0.36
$\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$	+0.34	$\text{Pt}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Pt}$	+1.20
$\text{Cu}^{2+} + \text{e}^- \rightarrow \text{Cu}^+$	+0.16	$\text{Pu}^{4+} + \text{e}^- \rightarrow \text{Pu}^{3+}$	+0.97
$\text{F}_2 + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{F}^-$	+2.87	$\text{Ra}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Ra}$	-2.92
$\text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Fe}$	-0.44	$\text{Rb}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Rb}$	-2.93
$\text{Fe}^{3+} + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Fe}$	-0.04	$\text{S} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{S}^{2-}$	-0.48
$\text{Fe}^{3+} + \text{e}^- \rightarrow \text{Fe}^{2+}$	+0.77	$\text{S}_2\text{O}_8^{2-} + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{SO}_4^{2-}$	+2.05
$[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-} + \text{e}^- \rightarrow [\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$	+0.36	$\text{Sn}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Sn}$	-0.14
$2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2$	0. per Definition	$\text{Sn}^{4+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Sn}^{2+}$	+0.15
$2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$	-0.83	$\text{Sr}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Sr}$	-2.89
$2\text{HBrO} + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Br}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	+1.60	$\text{Ti}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Ti}$	-1.63
$2\text{HClO} + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	+1.63	$\text{Ti}^{3+} + \text{e}^- \rightarrow \text{Ti}^{2+}$	-0.37
$\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$	+1.78	$\text{Ti}^{4+} + \text{e}^- \rightarrow \text{Ti}^{3+}$	0.00
$\text{H}_4\text{XeO}_6 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{XeO}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$	+3.0	$\text{Tl}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Tl}$	-0.34
$\text{Hg}_2^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{Hg}$	+0.79	$\text{U}^{3+} + 3\text{e}^- \rightarrow \text{U}$	-1.79
$\text{Hg}_2\text{Cl}_2 + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{Hg} + 2\text{Cl}^-$	+0.27	$\text{U}^{4+} + \text{e}^- \rightarrow \text{U}^{3+}$	-0.61
$\text{Hg}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Hg}$	+0.86	$\text{V}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{V}$	-1.19
$2\text{Hg}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Hg}_2^{2+}$	+0.92	$\text{V}^{3+} + \text{e}^- \rightarrow \text{V}^{2+}$	-0.26
$\text{Hg}_2\text{SO}_4 + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{Hg} + \text{SO}_4^{2-}$	+0.62	$\text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Zn}$	-0.76

$$\frac{2,303 RT}{F} = 0,059 \text{ V}, \quad R = 8,314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}, \quad F = 96500 \text{ As mol}^{-1}, \quad N_A = 6 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1},$$

$$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ As}, \quad c = 3 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}, \quad h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Js}, \quad m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

Aufgabe 1**Punkte: 12**

Berechnen Sie für die Reaktion (alle Größen bei 298 K)



- a) die Standardreaktionsenthalpie $\Delta_r H^\ominus$. Ist die Reaktion exotherm oder endotherm?
- b) die Standardreaktionsentropie $\Delta_r S^\ominus$
- c) Wie groß ist die Standardgleichgewichtskonstante? In welcher Richtung läuft die Reaktion freiwillig ab?

T = 298 K, p = 1 bar	$\frac{\Delta_B H^\ominus}{\text{kJmol}^{-1}}$	$\frac{S^\ominus}{\text{J K}^{-1}\text{mol}^{-1}}$
CH ₄ (g)	- 74,8	186,3
H ₂ O(g)	- 241,8	188,8
CH ₃ OH(g)	- 200,7	239,8
H ₂ (g)	0	130,7

Aufgabe 2

Punkte: 12

- a) Ein gasförmiger Stoff hat bei 1 bar und einer Temperatur von 100 °C die Dichte 2,52 g L⁻¹. Der Stoff verhält sich als ideales Gas. Wie groß ist seine Molmasse?
- b) Wie groß ist die mittlere Geschwindigkeit („Wurzel aus dem mittleren Geschwindigkeitsquadrat“) eines Wassermoleküls bei 200°C? ($M = 18 \text{ g mol}^{-1}$)

Aufgabe 3

Punkte: 14

Sie haben 250 g Butter im Tiefkühlschrank bei -20°C aufbewahrt. Um die Butter schnell streichfähig zu machen, legen Sie diese in 1 Liter (= 1kg) Wasser, das die Temperatur 35°C hat.

$$c_p(\text{Butter}) = 1,9 \text{ JK}^{-1}\text{g}^{-1}, \quad c_p(\text{Wasser}) = 4,18 \text{ JK}^{-1}\text{g}^{-1}$$

Berechnen Sie:

- die Endtemperatur des Systems nach Temperatenausgleich,
- die von der Butter aufgenommene Wärmemenge,
- die Entropieänderung der Butter, des Wassers und des Gesamtsystems beim Temperatenausgleich.

Aufgabe 4

Punkte: 12

Für die Reaktion $\text{ATP} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{ADP} + \text{Phosphat}$

findet man bei 298 K: $\Delta_r G^0 = -31,0 \text{ kJ mol}^{-1}$ und $\Delta_r H^0 = -24,3 \text{ kJ mol}^{-1}$

- Wie groß ist die Gleichgewichtskonstante K^0 der Reaktion bei 25 °C?
- Wie groß ist K^0 bei 50°C?
- Wie groß ist $\Delta_r S^0$ bei 25°C?

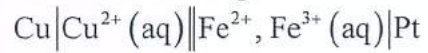
Aufg. 5

Punkte: 15

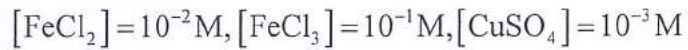
- a) Zeichnen Sie die Abhängigkeit des chemischen Potentials von Wasser von der Temperatur, das beim Erhitzen vom festen in den flüssigen und dann in den gasförmigen Zustand übergeht ($p = 1 \text{ bar} = \text{konstant}$).
- b) Zeichnen Sie die Bereiche der festen, flüssigen und gasförmigen Phase ein.
- c) Zeichnen Sie auf der T-Achse den Schmelzpunkt und den Siedepunkt ein.
- d) Was bedeuten die Steigungen der Kurven?
- e) Zeichnen Sie den Verlauf des chemischen Potentials ein, wenn in der flüssigen Phase ein zweiter Stoff gelöst ist.
- f) Zeichnen Sie die auf der T-Achse die Gefrierpunktniedrigung und die Siedepunkterhöhung ein.
- g) Wie groß ist die Änderung des chemischen Potentials des Lösungsmittels bei 298 K, wenn ein Stoff darin gelöst ist, dessen Stoffmengenanteil $x = 0,1$ ist?

Aufg. 6**Punkte: 15**

Wir haben die folgende elektrochemische Zelle:



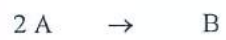
Die Konzentrationen der Reaktionsteilnehmer sind



- Wie lauten die Reaktionsgleichungen für die Halbzellenreaktionen und die Gesamtreaktion der Zelle?
- Wie groß ist die Standard EMK? Wie groß ist die Zahl der transferierten Elektronen?
- Wie groß ist die Gleichgewichtskonstante der Reaktion?
- Wie lautet die Nernst'sche Gleichung und wie groß ist die EMK bei $T = 298 \text{ K}$ und den angegebenen Konzentrationen?

Aufg. 7**Punkte: 10**

Ein Stoff A reagiert zu B nach einer Reaktion zweiter Ordnung:



Die Anfangskonzentration von A ist $3 \cdot 10^{-4}$ M. Nach 100 s sind noch 60 % der Ausgangskonzentration vorhanden.

Wie groß ist die Geschwindigkeitskonstante?

Aufgabe 8

Punkte: 10

Es wird 1 g Thiaminhydrochlorid (Vitamin B1) in 1 mL Wasser gelöst. Das Molekül dissoziiert und es wird ein $\text{pH} = 3.0$ gefunden. Die Protonen aus der Dissoziation des Wassers und seine Pufferkapazität werden vernachlässigt.
Wie groß ist die Dissoziationskonstante (Molmasse: $337,3 \text{ g mol}^{-1}$)?

Aufgabe 9

Punkte: 10

Kurze Frage – kurze Antwort (ein Satz):

1. Was sind intensive Zustandsgrößen? (allgemein und 2 Beispiele)
2. Was ist ein ideales Gas?
3. Was ist die anschauliche molekulare Bedeutung der Innere Energie?
4. Was ist die anschauliche molekulare Bedeutung der Entropie?
5. Was versteht man unter der Reaktionsordnung?