

## 2. Klausur Chemie für Biologen 2013

Dozent: Dr. R. Robelek

Jede der Aufgaben 1) – 7) hat nur eine zutreffende Antwort.

1. Lidocain ( $M=234 \text{ g/mol}$ ) kann bei biochemischen Untersuchungen als effektiver Inhibitor von  $\text{Na}^+$ -Kanälen eingesetzt werden. Es wird als Stammlösung mit einer Massenkonzentration von  $5,85 \text{ g/L}$  bezogen und muss zur Anwendung auf eine Endkonzentration von  $5,0 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$  verdünnt werden. Für die Verdünnung steht Ihnen ein Messkolben mit dem Endvolumen  $200 \text{ mL}$  zur Verfügung. Welches Volumen Ihrer verdünnten Lösung müssen Sie vorlegen, damit Sie nach Auffüllen des Messkolbens auf  $200 \text{ mL}$  eine Lösung der erforderlichen Endkonzentration vorliegen haben? (2P)

- 0,4 mL                       1 mL                       4,0 mL  
 2,5 mL                       40 mL                       25 mL

2. Puffersystem sind unverzichtbar – in der Biochemie ebenso wie im lebenden Organismus, wo der pH-Wert innerhalb ziemlich enger Grenzen konstant gehalten werden muss (pH ca. 7,4). Welche der folgenden Aussagen zu Puffersystem in wässriger Lösung ist richtig? (2P)

$pK_S(\text{H}_3\text{PO}_4) = 2$ ;  $pK_S(\text{H}_2\text{PO}_4^-) = 7$ ;  $pK_S(\text{HPO}_4^{2-}) = 12$ ;  $pK_S(\text{H}_2\text{CO}_3) = 6,1$

- Der Kohlensäure/Hydrogencarbonat-Puffer des Blutes wird durch ein Stoffmengenverhältnis  $n(\text{Hydrogencarbonat}) / n(\text{Kohlensäure})$  von ca.  $1/20$  eingestellt.
- Eine äquimolare Mischung aus Natriumhydrogenphosphat und Natriumphosphat ergibt ein Puffersystem mit idealen Puffereigenschaften im physiologischen pH-Bereich.
- Liegen eine schwache Säure und ihre korrespondierende Base in gleicher Konzentration vor, so entspricht der pH-Wert der Lösung näherungsweise dem  $pK_S$ -Wert der schwachen Säure, sofern die Lösung nicht allzu verdünnt ist.
- Das qualitativ bedeutendste Puffersystem im menschlichen Körper wird durch  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  und  $\text{HPO}_4^{2-}$  gebildet.
- Die Pufferkapazität wird ausschließlich durch das Stoffmengenverhältnis von schwacher Säure und korrespondierender Base bestimmt.
- Der pH einer Pufferlösung mit  $0,5\text{M H}_2\text{PO}_4^-$  und  $1\text{M HPO}_4^{2-}$  erhöht sich um den Wert  $0,3$ , wenn  $100 \text{ mL } 0,1\text{M HNO}_3$  zugesetzt werden.

3. Ein galvanisches Element, das aus einer Redox-Elektrode mit einem Einelektronenübergang und einer Referenzelektrode mit  $E_{\text{Ref}} = 246 \text{ mV}$  besteht, liefert bei  $25^\circ\text{C}$  eine elektromotorische Kraft von  $23 \text{ mV}$ . Das Standardreduktionspotential der Redox-Elektrode beträgt  $E^0(\text{Red/Ox}) = 446 \text{ mV}$ . Welchen Wert hat das Stoffmengenverhältnis  $n(\text{Ox})/n(\text{Red})$  ungefähr? (2P)

- 3                        $10^3$                         $10^{-3}$   
  $e^3$                         $e^{-3}$                        1

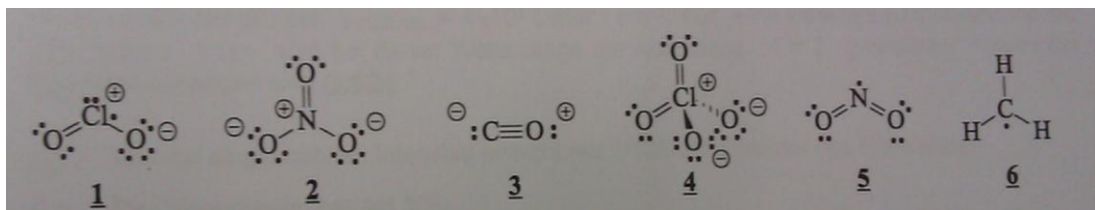
4. Eine Reaktion hat eine Freie Standard-Enthalpie  $\Delta G^0 = 11,8 \text{ kJ/mol}$ . Bei welchem der unten angegebenen Konzentrationsverhältnisse  $[B]/[A]$  läuft die Reaktion bei  $37^\circ\text{C}$  gerade noch spontan in Richtung  $A \rightarrow B$  ab? (2P)  
(Zusatzinformation:  $R = 8,314 \text{ J/molK}$ )

$10^5$                         $10^{-2}$                         $10^2$   
 10                                $10^{-4}$                         $10^{-3}$

5. Sie haben eine unbekannt ionische Substanz vor sich, die beim Auflösen in Wasser in zwei ionische Bestandteile dissoziiert. Zur Bestimmung ihrer molaren Masse werden 61 mg der Substanz in 100 mL Wasser gelöst. Bei einer Temperatur von  $20^\circ\text{C}$  stellt sich ein osmotischer Druck von 0,011 bar ein. Wie groß ist die molare Masse der unbekannt Substanz?  
(Zusatzinformation:  $R = 0,08314 \text{ Lbar/molK}$ )

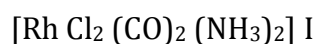
1350 g/mol                       13500 g/mol                       6750 g/mol  
  $6,75 \times 10^2 \text{ g/mol}$                        92,2 g/mol                        $9,22 \times 10^4 \text{ g/mol}$

6. Die folgende Abbildung zeigt Valenzstrichformeln für einige Moleküle bzw. Ionen.



Welche der angegebenen Formeln stellt keine gültige Valenzschreibweise dar? (2P)

7. Gegeben sei folgender Rhodium-Komplex:



Wie hoch ist die Oxidationszahl des Rhodiums in diesem Komplex?

+5                       +4                       +3                       +2                       +1                       0

Bei den Aufgaben 8) und 9) gibt es mehrere zutreffende Antworten. Jede richtige Antwort ergibt +0,5 P, jede falsche -0,5P. Keine Antwort = 0 Punkte.

8. Teilen Sie die im Folgenden gegebenen Verbindungen ein in solche mit (überwiegend) ionischem Bindungscharakter (kennzeichnen mit I) und solche die kovalente Bindungen aufweisen sollten (K). Es kann auch keine der beiden Möglichkeiten zutreffen (0).

$\text{B}_2\text{H}_6$                        $\text{CH}_3\text{OH}$                        $\text{LiNO}_3$                        $\text{SCl}_2$   
 $\text{Ag}_2\text{SO}_4$                        $\text{NOCl}$                        $\text{Ne}$                        $\text{C}$

9. Kaliumpermanganat hat ein Absorptionsmaximum bei 525 nm. Bei dieser Wellenlänge beträgt der Absorptionskoeffizient  $\epsilon_{(525 \text{ nm})} = 4 \times 10^3 \text{ L/molcm}$ . Für

eine wässrige  $\text{KMnO}_4$ -Lösung der Schichtdicke 1cm wird bei dieser Wellenlänge die Absorbanz  $A=2$  gemessen. Welche der folgenden Aussagen sind richtig?

- Von der eingestrahlten Intensität erreicht nur  $1/100$  den Detektor des Photometers
- Die Transmission beträgt  $10^2$
- Wenn die Wellenlänge ausgehend von 252 nm um einige nm erniedrigt wird, dann erniedrigt sich auch die gemessene Absorbanz
- Wenn man die Messung bei 550 nm durchführt, ist der Absorptionskoeffizient größer
- Wenn die Schichtdicke auf 2 cm verdoppelt wird, halbiert sich die gemessene Transmission.
- Für die  $\text{KMnO}_4$ -Konzentration gilt  $c(\text{KMnO}_4) = 0,5 \text{ mmol/L}$
- Wenn die  $\text{KMnO}_4$ -Lösung auf das doppelte Volumen verdünnt wird, steigt die gemessene Transmission auf den Wert 0,1
- Die Farbe der Lösung ist darauf zurückzuführen, dass die Lösung den violetten Anteil des eingestrahlten Lichts absorbiert.
- Das Lambert-Beer'sche Gesetz kann für so intensiv gefärbte Verbindungen wie  $\text{KMnO}_4$  nicht angewandt werden.

Bei den Aufgaben 10)-16) müssen Antworten selbst formuliert werden.

10. Es liegt eine Probe einer 2-protonigen organischen Säure (z.B. Apfelsäure) vor, die folgende  $\text{pK}_S$ -Werte besitzt:  $\text{pK}_{S1} = 3$ ,  $\text{pK}_{S2} = 6$ .

Die Stoffmenge der Säure beträgt  $4 \times 10^{-3} \text{ mol}$ , das Volumen der Probe 40 mL.

Diese Lösung wird mit NaOH-Lösung ( $c = 0,50 \text{ mol/L}$ ) titriert.

- a) Berechnen Sie den ungefähren pH-Wert zu Beginn der Titration, den zu erwartenden pH-Wert am Endpunkt der Titration und den zu erwartenden Verbrauch an Titratorlösung. (6P)
- b) Skizzieren Sie die zu erwartende Titrationskurve (saubere Zeichnung!) und tragen Sie in Ihre Zeichnung auch die  $\text{pK}_S$ -Wert und die Äquivalenzpunkte ein. Achsenbeschriftungen bitte nicht vergessen! (4P)

11. Für ein biochemisches Experiment soll ein Essigsäure/Acetat-Puffer hergestellt werden, der den pH 5,35 aufweisen soll ( $K_S$  (Essigsäure) =  $10^{-4,75}$ ). Es liegen 0,50 mol Essigsäure vor. Außerdem findet sich eine NaOH-Lösung der Konzentration 2,0 mol/L.

Berechnen Sie das Volumen an NaOH-Lösung, das zur Herstellung des gewünschten Puffers benötigt wird. (5P)

12. Das Mineral Pyrit („Schwefelkies“,  $\text{FeS}_2$ ) enthält Eisen in der Oxidationsstufe +2 und wird u.a. zur Schwefelsäureproduktion eingesetzt. Dabei muss die Verbindung unter leicht sauren Bedingungen zum Sulfat oxidiert werden, ein Prozess, der auch durch im Grundwasser gelöstes Nitrat erfolgen kann. Dieses geht dabei in gasförmigen Stickstoff über.

Formulieren Sie die Teilgleichungen für diesen Redoxprozess und fassen Sie die Teilgleichungen zur Gesamtgleichung zusammen. (5P)

13. Für Schwefeltrioxid können mehrere mesomere Grenzstrukturen formuliert werden.
- Formulieren Sie drei Grenzstrukturen mit allen Valenzelektronenpaaren, die sich in der Anzahl der auftretenden Formalladungen unterscheiden sollen. (3P)
  - Kann man für das isoelektronische Nitrat-Ion jeweils eine analoge Grenzstruktur formulieren? Begründen Sie Ihre Antwort kurz. (2P)
  - Vergleichen Sie die Wasserlöslichkeit von  $\text{SO}_2$  mit der von  $\text{CO}_2$ . Sind Unterschiede zu erwarten? Begründen Sie anhand der entsprechenden Strukturen. (2P)
14. Permanganat-Ionen ( $\text{MnO}_4^-$ ) sind sehr starke Oxidationsmittel. Sie können z.B. dazu verwendet werden,  $\text{Cl}^-$ -Ionen zu  $\text{Cl}_2$  zu oxidieren, sofern ein entsprechender (saurer) pH-Wert eingestellt wird.
- Formulieren Sie die Nernst'sche Gleichung für die Reduktion des  $\text{MnO}_4^-$  in saurer Lösung und erklären Sie welche Rolle der pH-Wert für das Potenzial  $E$  spielt. (5P)
  - Es gelten folgende Standardpotenziale:  $E^0(\text{Cl}_2 / 2\text{Cl}^-) = 1,36 \text{ V}$  ;  $E^0(\text{MnO}_4^- / \text{Mn}^{2+}) = 1,54 \text{ V}$ . Berechnen Sie den pH-Wert, den eine Lösung mit 1 mol/L  $\text{MnO}_4^-$  und 0,1 mol/L  $\text{Mn}^{2+}$  maximal haben darf, so dass eine Oxidation von  $\text{Cl}^-$  zu  $\text{Cl}_2$  noch möglich ist. Gehen Sie davon aus, dass  $\text{Cl}^-$  und  $\text{Cl}_2$  eine Standardkonzentration von 1 mol/L aufweisen. (5P)
15. Viele Übergangsmetallkomplexe besitzen eine charakteristische Farbe, die sich auf eine energetische Aufspaltung ihrer d-Orbitale zurückführen lässt, welche durch die Anwesenheit der gebundenen Liganden zustande kommt. Das  $\text{Co}^{3+}$ -Ion hat die Elektronenkonfiguration  $[\text{Ar}] 3d^6$  und bildet zahlreiche oktaedrische Komplexe. Das  $[\text{CoCl}_6]^{3-}$ -Ion ist grün,  $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$  schwach violett und  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$  gelb.
- Was lässt sich mit Blick auf diese Farbreihenfolge auf die Stellung der in diesen Komplexen enthaltenden Liganden innerhalb der sogenannten „spektrochemischen Reihe“ folgern? (3P)
  - Der  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$ -Komplex wird mit 1,2-Diaminoethan („Ethylendiamin“ ; „en“) zur Reaktion gebracht. Formulieren Sie das sich einstellende Gleichgewicht und erklären Sie, wodurch seine Lage bestimmt wird.
16. Methan ( $\text{CH}_4$ ) in der Atmosphäre liefert einen bedeutsamen Beitrag zum sogenannten Treibhauseffekt. Seine Halbwertszeit in der Troposphäre ist ziemlich lang, es wird daraus durch eine Reaktion mit Hydroxylradikalen entfernt, wobei Wasser entsteht. Es handelt sich dabei um eine **Elementarreaktion**.
- Formulieren Sie eine entsprechende Reaktionsgleichung und das differentielle Geschwindigkeitsgesetz für die benannte Reaktion. (2P)
  - Die Aktivierungsenergie für die genannte Reaktion ist mit +19,5 kJ/mol vergleichsweise klein. Während die Temperatur auf der Erdoberfläche bei ca. 295 K liegt, beträgt sie in der Stratosphäre nur 220 K. Wie verhalten sich die Geschwindigkeitskonstanten für den Methanabbau auf der Erde und in der Stratosphäre zueinander? (5P)