

## **Probeklausur zur Veranstaltung „Allgemeine Chemie für Biologen und Pharmazeuten“**

**Die hier gestellten Aufgaben sollen den Erwartungshorizont typischer Fragestellungen in der Abschlussklausur widerspiegeln.**

**Die Themenbereiche der Aufgaben können von denen in der Klausur abweichen, es ist jedoch ein deutlicher Überlapp zu erwarten.**

**Planen Sie für die Lösung der gesamten Probeklausur zu Übungszwecken einen Zeitrahmen von nicht mehr als 120min ein.**

**Versuchen Sie die Lösung der Aufgaben (analog zu den Klausurbedingungen) ohne zusätzliche Hilfsmittel (mit Ausnahme eines nicht programmierbaren Taschenrechners) durchzuführen.**

**Jede der Aufgaben 1) - 5) hat nur eine richtige (beste) Antwort.  
Kennzeichnen Sie diese Ihrer Ansicht nach richtige Alternative eindeutig.**

1) Lidocain ( $M = 234 \text{ g/mol}$ ) wird in der Human- und Veterinärmedizin in Form seines Hydrochloridsalzes als gut und schnell wirksames örtliches Betäubungsmittel eingesetzt. Es wird als Stammlösung mit einer Massenkonzentration von  $4,68 \text{ g/L}$  geliefert und muss zur Anwendung auf eine Konzentration von  $0,5 \text{ mmol/L}$  verdünnt werden. Für die Verdünnung steht Ihnen ein Messkolben mit dem Endvolumen  $50 \text{ mL}$  zur Verfügung. Welches Volumen Ihrer unverdünnten Lösung müssen Sie einpipettieren, damit Sie nach Auffüllen des Messkolbens auf  $50 \text{ mL}$  eine Lösung der erforderlichen Konzentration vorliegen haben?

- 2,5 mL                       0,125 mL                       12,5 mL  
 25 mL                       0,15 mL                       1,25 mL

2) Welche Aussage zum Dipolmoment ist richtig?

- Das Gesamtdipolmoment eines Moleküls ergibt sich als Vektorsumme der Einzeldipolmomente der einzelnen Bindungen.  
 Verbindungen mit einem permanenten Dipolmoment sind i.A schlecht löslich in Wasser.  
 Kohlendioxid hat ein permanentes Dipolmoment.  
 Der Komplex *trans*-Diammindichloroplatin(II) besitzt ein größeres Dipolmoment als der entsprechende *cis*-Komplex, das als Tumormedikament eingesetzte „*cis*-Platin“.  
 Das Dipolmoment einer Bindung ist nur abhängig von der Größe der Partialladungen.  
 Trichlormethan besitzt ein kleineres Dipolmoment als Tetrachlormethan.

3) In einem Experiment werden zwei Eisennägel in ein Reagenzglas mit verdünnter Säure gegeben, der eine in verdünnte HCl-Lösung, der andere in verdünnte  $\text{HNO}_3$ -Lösung.

Welche der folgenden Aussagen beschreibt den Verlauf des Versuchs korrekt?

- Der Nagel in der HCl-Lösung löst sich unter Entwicklung von  $\text{Cl}_2$ ; der in der  $\text{HNO}_3$ -Lösung löst sich unter Bildung eines braunen Komplexes auf.  
 Beide Experimente verlaufen identisch, da der Nagel in beiden Fällen einer starken Säure ausgesetzt wird.  
 Man beobachtet das Aufsteigen von Gasbläschen, die von entstehendem Sauerstoff herrühren.  
 Der Eisennagel in  $\text{HNO}_3$  wird durch die Protonen oxidiert; in der Lösung können  $\text{Fe}^{3+}$ -Ionen nachgewiesen werden.  
 In der HCl-Lösung fungiert  $\text{H}^+$  als Oxidationsmittel und es entstehen  $\text{Fe}^{2+}$ -Ionen.  
 Die Nägel korrodieren und man beobachtet die Bildung von Rost ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ).

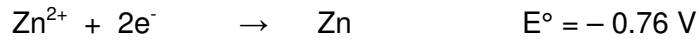
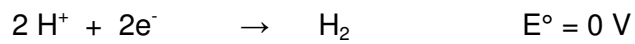
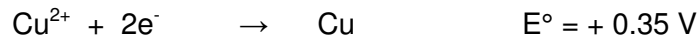
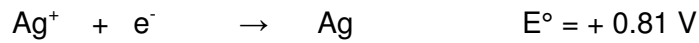
4) Puffersysteme sind unverzichtbar - in der Biochemie ebenso wie im lebenden Organismus, wo der pH-Wert innerhalb ziemlich enger Grenzen konstant gehalten werden muss (pH ca. 7,4).

Welche der folgenden Aussagen zu Puffersystemen in wässriger Lösung ist richtig?

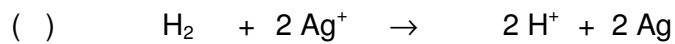
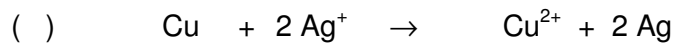
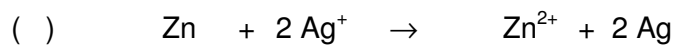
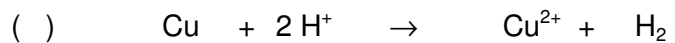
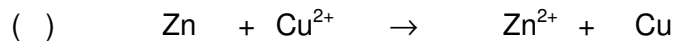
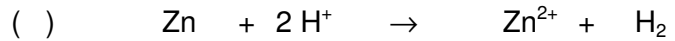
$pK_S(\text{H}_3\text{PO}_4) = 2$ ;  $pK_S(\text{H}_2\text{PO}_4^-) = 7$ ;  $pK_S(\text{HPO}_4^{2-}) = 12$ ;  $pK_S(\text{H}_2\text{CO}_3) = 6,1$

- ( ) Der Kohlensäure/Hydrogencarbonat-Puffer der 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 quantitativ bedeutendste Puffersystem im menschlichen Körper wird durch  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  und  $\text{HPO}_4^{2-}$  gebildet.
- ( ) Die Pufferkapazität wird bestimmt durch das Stoffmengenverhältnis von schwacher Säure und korrespondierender Base.

5) Gegeben sind die Normalredoxpotenziale für folgende Redoxpaare:



Welche der folgenden Redoxreaktionen läuft unter Normalbedingungen nicht spontan ab? (2 P)



Bei den Aufgaben 6) und 7) sind mehrere Antworten erforderlich.

6) Welche der folgenden Verbindungen sind ionische Verbindungen, welche sind Molekülverbindungen (kovalente Verbindungen mit definierter molarer Masse), welche sind kovalente Netzwerkverbindungen? Kreuzen Sie die entsprechende Spalte an und tragen Sie die Summenformel ein.

Name der Verbindung	Summenformel	ionische Verbindung	kovalente Molekülverb.	Netzwerkverbindung
Kohlensäure				
Siliziumdioxid (Quartz)				
Ammoniumhydrogenphosphat				
Tetracarbonylnickel				
Diamant				

7) Mit einer gesättigten Lösung von Kaliumbromid, die als Bodenkörper etwas festes KBr enthält, werden die im folgenden beschriebenen drei Experimente a), b) und c) durchgeführt. Welche der geschilderten Ergebnisse, Folgen und Erklärungen sind richtig?

a) Die gesättigte Kaliumbromid-Lösung wird mit Ethanol versetzt.

- Der Bodenkörper löst sich auf, weil die Lösung verdünnt und das Löslichkeitsprodukt unterschritten wird.
- Die Lösung kühlt sich ab, weil ein endothermer Auflösungsprozess abläuft.
- Es kommt zur Ausfällung von festem KBr.
- Es kommt zu einer vollständigen Dissoziation des gelösten Anteils des Salzes.
- Die Gitterenthalpie des festen KBr wird herabgesetzt.
- Das Dipolmoment des Wassers erhöht sich.
- Der Betrag der Hydratisierungsenthalpie der Kationen und Anionen wird herabgesetzt, weil die Ausbildung der Hydrathüllen tendenziell behindert wird.
- Die Polarität der Lösung wird herabgesetzt.

b) Die gesättigte Kaliumbromid-Lösung wird in Anwesenheit des Bodenkörpers erwärmt.

- Der Bodenkörper schmilzt und es bildet sich ein Zweiphasensystem aus.
- Wenn die Lösungsentropie von KBr positiv ist, d.h. wenn der Grad der Unordnung beim Auflösungsprozess zunimmt, dann löst sich der Bodenkörper auf.
- Durch die zugeführte Energie zersetzt sich der Bodenkörper und es bildet sich elementares Brom und elementares Kalium.
- Die Kalium-Kationen in der Lösung oxidieren die Bromid-Anionen im Bodenkörper.

c) Die gesättigte Kaliumbromid-Lösung wird in Anwesenheit des Bodenkörpers mit einer Lösung der starken Säure HBr in Wasser versetzt.

- Die starke Säure bewirkt eine Auflösung des Bodenkörpers.
- Die starke Säure wird durch den Bodenkörper abgepuffert.
- Es kommt zu einer Auflösungsreaktion von festem NaBr, weil sich das Löslichkeitsprodukt von KBr erniedrigt.
- Die Bromid-Ionen in der Lösung werden oxidiert.
- Es kommt zu einer Ausfällungsreaktion von festem KBr, weil das Löslichkeitsprodukt überschritten wird.

**Bei den Aufgaben 8) - 13) müssen Antworten selbst formuliert werden.**

8) Das Amphetamin ist die Stammverbindung der gleichnamigen Strukturklasse, der eine Vielzahl psychotroper Substanzen angehört, unter anderem das sog. „Ecstasy“. Amphetamin ist eine weltweit kontrollierte Droge; Handel und Besitz ohne Erlaubnis sind strafbar. Chemisch gesehen handelt es sich um ein Amin ( $R-NH_2$ ), also eine schwache Base, mit einem  $pK_B$ -Wert von ca. 4. Sie erhalten eine Ampulle, die eine wässrige Amphetamin-Lösung enthält. Als Säure-Base-Indikatoren für eine Titration stehen Methylorange ( $pK_S \approx 4.2$ ) oder Phenolphthalein ( $pK_S \approx 8.5$ ) zur Verfügung.

Die Durchführung der Titration ergibt einen Verbrauch an HCl-Lösung ( $c = 0,1 \text{ mol/L}$ ) von 18 mL bis zum Äquivalenzpunkt. Das Gesamtvolumen der Reaktionslösung am Äquivalenzpunkt beträgt 68 mL.

a) Welchen Indikator verwenden Sie? Kurze Begründung!

b) Berechnen Sie die Stoffmengenkonzentration an Amphetamin in der gegebenen Probe sowie den pH-Wert der Reaktionsmischung am Äquivalenzpunkt.

c) Welche Verbindung(en) und welche Stoffmenge(n) haben Sie im Reaktionsgefäß, nachdem Sie genau 9 mL der HCl-Lösung zugegeben haben? Welchen pH-Wert erwarten Sie zu diesem Zeitpunkt?

9) Das Element Blei (Pb) bildet eine Reihe von Salzen, die analog wie die entsprechenden Ca-Salze aufgebaut sind. Dies ist insofern problematisch, weil diese Verbindungen vom menschlichen Organismus leicht anstelle der natürlicherweise im Stoffwechsel vorkommenden Calciumverbindungen z.B. in die Knochen eingelagert werden. Da Blei-Ionen toxisch sind, kann eine Wiederfreisetzung aus schwer löslichen Bleiverbindungen gesundheitliche Probleme verursachen.

a) Das Löslichkeitsprodukt für Blei(II)chlorid hat den Zahlenwert  $3,2 \times 10^{-20}$ . Angenommen, es wird infolge eines Calcium-Mangels solange bleihaltige Knochensubstanz aufgelöst, bis die Sättigungskonzentration des Blutes ( $V = 6 \text{ L}$ ) an Blei(II)chlorid erreicht ist.

Die Anwesenheit anderer Chloride soll zunächst unberücksichtigt bleiben.

Berechnen Sie (schrittweise und nachvollziehbar!) die Masse an Blei, die unter diesen Umständen gelöst wird. Die molare Masse von Blei beträgt  $M = 207 \text{ g/mol}$ .

b) Wie groß ist die Masse, wenn man berücksichtigt, dass im Blut bereits eine Chlorid-Konzentration von  $10 \text{ mmol/L}$  vorliegt?

c) Formulieren Sie eine Reaktion, mit der Sie einen Niederschlag von Blei(II)chlorid unter Verwendung eines bekannten sechszähligen Chelatliganden wieder in Lösung bringen könnten.

10) Während Ozon in der Troposphäre als unerwünschte Luftverschmutzung anzusehen ist, ist der Ozongehalt in der Stratosphäre (in Höhen zwischen 15 und 50 km) lebensnotwendig, um den kurzwelligeren Anteil der Sonnenstrahlung der für alle Lebewesen gesundheitsschädlich ist, zu absorbieren. Der fortschreitende Ozon-Abbau in der Stratosphäre wird daher mit großer Sorge betrachtet. An der Ozon-Zersetzung sind mehrere Spurengase beteiligt, die teilweise natürlichen, aber auch antropogenen Ursprungs sind und in geringen Konzentrationen in der Atmosphäre vorkommen. Zu ihnen zählt z.B. das Stickstoffmonoxid

a) Formulieren Sie die Strukturformeln für Stickstoffmonoxid mit allen Valenzelektronen.

b) Ozon ist ein sehr starkes Oxidationsmittel, das an Stelle von Chlor in Schwimmbädern zur oxidativen Zerstörung von organischen Wasserverunreinigungen verwendet werden kann, ohne dass dabei schädliche Halogenkohlenwasserstoffe als Nebenprodukte entstehen.

Formulieren Sie die Gesamtreoxgleichung für die Oxidation von Harnstoff ( $\text{H}_2\text{N}-\text{CO}-\text{NH}_2$ ) – enthält Stickstoff in der niedrigst möglichen Oxidationsstufe – mit Ozon zu Nitrat und  $\text{CO}_2$ . Dabei wird nur ein Sauerstoffatom des Ozons zu Wasser reduziert, der Rest wird in elementarem Sauerstoff überführt

11) Das Hämoglobin ist unverzichtbar für den Sauerstoff-Transport im Blut. Es enthält pro Untereinheit ein komplex gebundenes  $\text{Fe}^{2+}$ -Ion.

Für das Redoxsystem des Eisen(II)-/ Eisen(III)-Komplexes im Hämoglobin beträgt das Standardpotenzial  $E^0(\text{II/III}) = 450 \text{ mV}$ . Normalerweise liegt das Eisen im Hämoglobin fast ausschließlich

als Eisen(II) vor. Das Stoffmengenverhältnis  $\frac{n(\text{Fe}^{3+})}{n(\text{Fe}^{2+})}$  sollte also klein sein. Dies soll anhand der

Messung des Redoxpotenzials einer Hämoglobinprobe überprüft werden. Die Messung des Redoxpotenzials  $E(\text{II/III})$  wird unter Verwendung einer Bezugs elektrode mit dem Bezugspotential  $E_{(\text{Bezug})} = 250 \text{ mV}$  durchgeführt und ergibt einen Wert von  $E(\text{II/III}) = 73 \text{ mV}$ .

Welchen Wert hat das Stoffmengenverhältnis  $\frac{n(\text{Fe}^{3+})}{n(\text{Fe}^{2+})}$  für die gegebene Hämoglobin-Probe

tatsächlich?

12) Hirschhornsalz ist ein Backtriebmittel (Lebensmittelzusatzstoff E 503) und besteht hauptsächlich aus Ammoniumhydrogencarbonat. Es wird auch als „flüchtiges Laugensalz“ bezeichnet. Hirschhornsalz wird zur Lockerung von Flachgebäcken benutzt, wie z.B. Mürbeteig, Spekulatius, Amerikaner oder auch für Lebkuchen.

a) Wie ist zu erklären, dass man Hirschhornsalz als Backtriebmittel verwenden kann? Formulieren Sie eine Reaktionsgleichung, die beschreibt, wie sich das Salz bei Backtemperaturen  $> 100\text{ °C}$  in gasförmige Produkte zersetzen kann.

b) Da die unter a) beschriebene Reaktion neben dem Ammoniumhydrogencarbonat kein weiteres Edukt erfordert, kann man sich vorstellen, dass sie nach 1. Ordnung verläuft. Formulieren Sie das entsprechende differentielle Geschwindigkeitsgesetz und geben Sie einen Ausdruck für die Konzentration an Ammoniumhydrogencarbonat als Funktion der Zeit an.

c) Die Geschwindigkeitskonstante für die unter a) beschriebene Reaktion beträgt  $0,0024\text{ s}^{-1}$ . Nach welcher Zeit ist genau die Hälfte des ursprünglich vorhandenen Ammoniumhydrogencarbonats zerfallen?

13) Calcium und Eisen bilden beide sehr viele Verbindungen mit der Oxidationsstufe +II für das Metall aus. Während man von Eisen auch viele Komplexverbindungen kennt (einige davon sind für den Organismus unverzichtbar!), bildet Calcium nur wenige stabile Komplexe.

a) Wie erklären Sie sich diesen Sachverhalt?

Die Komplexbildungseigenschaften des Eisens können auch für Teetrinker eine Rolle spielen, die Eisenpräparate zu sich nehmen. Schwarzer Tee enthält eine Anzahl verschiedener Gerbstoffe (polyphenolische Verbindungen), die aufgrund ihrer vieler OH-Gruppen als (mehrzählige) Liganden in Frage kommen. Während im Wasser gelöste Calcium-Ionen nicht stören, erhält man mit  $\text{Fe}^{2+}$  Komplexe der Zusammensetzung  $[\text{Fe}(\text{„Catechin“})_3]^{2+}$ . Die Konzentration dieser Catechin-Derivate in einem Teeaufguss soll bestimmt werden. Als Nachweisreaktion für freie  $\text{Fe}^{2+}$ -Ionen dient die aus dem Praktikum bekannte Reaktion mit dem Chelatliganden HDMG, der mit  $\text{Fe}^{2+}$  einen intensiv roten Komplex bildet. Es wird angenommen, dass jeweils nur dieser Komplex zur messbaren Absorbanz beiträgt.

10 mL einer  $\text{Fe}^{2+}$ -Lösung der Konzentration  $c = 50\text{ mmol/L}$  liefert nach dem Versetzen mit 100 mL dest. Wasser und 5 mL der HDMG-Lösung eine Absorbanz von 1,20. Wird die gleiche Menge an  $\text{Fe}^{2+}$ -Lösung zu 100 mL des Teeaufgusses gegeben und anschließend wieder mit 5 mL HDMG-Lösung versetzt, misst man nur eine Absorbanz von 0,24.

b) Welcher Anteil des Lichts erreicht bei einer Absorption von 1,20 den Detektor?

c) Berechnen Sie die Masse der in 1 L Teeaufguss enthaltenen Catechinderivate, für die eine mittlere molare Masse von  $450\text{ g/mol}$  angenommen wird.