



Name: _____

Abiturprüfung 2013

Chemie, Leistungskurs

Aufgabenstellung:

Der Zink-Cer-Akkumulator – Ersatz für einen Blei-Akkumulator?

1. Zeichnen Sie eine beschriftete Skizze eines teilweise entladenen Blei-Akkumulators. Stellen Sie mithilfe der Halbzellenreaktionen die Gesamtreaktion für den Ladeprozess eines Blei-Akkumulators auf. Vergleichen Sie die Spannungen eines Blei-Akkumulators und eines Zink-Cer-Akkumulators unter Standardbedingungen. *(18 Punkte)*
2. Erklären Sie die Beobachtungen bei Versuch 1. Begründen Sie, warum beim Laden eines Zink-Cer-Akkumulators theoretisch keine Abscheidung von Zink zu erwarten ist. Ermitteln Sie die zu erwartende Spannung des Zink-Cer-Akkumulators am Ende der Wartezeit nach Versuch 2. *(20 Punkte)*
3. Beurteilen Sie die Auswirkungen der Wanderung von Zink- bzw. Cer-Ionen durch eine undichte Membran auf die Funktion des Zink-Cer-Akkumulators. Prüfen Sie, ob ein Zink-Cer-Akkumulator mit beschädigter Membran noch verwendbar ist. *(14 Punkte)*
4. Prüfen Sie rechnerisch, ob in Versuch 2 außer Zink ein weiterer Stoff gebildet wurde. Beurteilen Sie die Eignung eines Zink-Cer-Akkumulators für die Speicherung von elektrischer Energie als Ersatz für einen Blei-Akkumulator. *(14 Punkte)*

Zugelassene Hilfsmittel:

- Wissenschaftlicher Taschenrechner
- Periodensystem
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung



Name: _____

Fachspezifische Vorgaben:

Um die Betriebssicherheit von Stromnetzen zu gewährleisten, benötigt man so genannte „Regelenergie“. Dies bedeutet, dass große Mengen elektrischer Energie bei Bedarf innerhalb kurzer Zeit gespeichert oder ins Netz eingespeist werden müssen. Als Speichermedium für elektrische Energie über einige Stunden können Blei-Akkumulatoren eingesetzt werden.

Im geladenen Blei-Akkumulator liegen am Pluspol Blei(IV)-oxid und am Minuspol elementares Blei vor. Als Elektrolyt wird Schwefelsäure-Lösung eingesetzt. Beim Entladen bildet sich an beiden Elektroden Blei(II)-sulfat.

Da Blei-Akkumulatoren in solchen Anlagen einen hohen Wartungsaufwand erfordern, wurden wartungsfreie Zink-Cer-Akkumulatoren als mögliche Alternative vorgeschlagen. Modellexperimente zeigen, dass der Einsatz eines solchen Akkumulators prinzipiell möglich ist. Bisher gibt es jedoch noch keine Anlage in größerem Maßstab.

Zink-Cer-Akkumulatoren sollen entsprechend der Abbildung gebaut werden.

Die Elektrolyt-Lösungen werden aus Vorratstanks durch die Halbzellen gepumpt. In beiden Halbzellen dienen als Elektroden Bleche, an deren Oberfläche die jeweilige Halbzellenreaktion abläuft.

Am Pluspol liegen im teilweise geladenen Akkumulator Cer(III)- und Cer(IV)-Ionen vor, am Minuspol Zink-Ionen und elementares Zink.

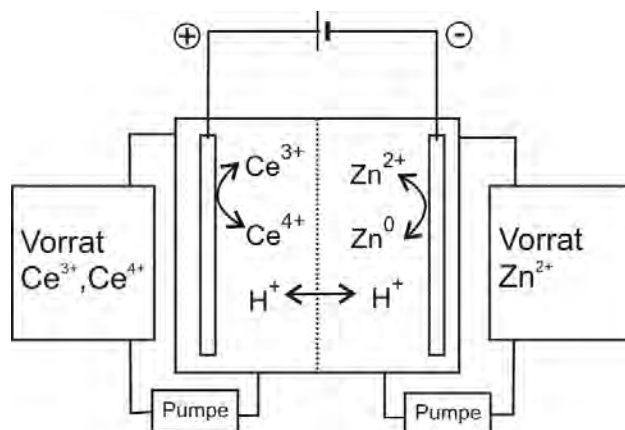


Abbildung: Zink-Cer-Akkumulator

In den Elektrolyt-Lösungen liegen Cer- bzw. Zinksalze in der wässrigen Lösung einer starken organischen Säure (HA) vor. Zusätzlich sind darin Hilfsstoffe enthalten, die die Bildung von Wasserstoff beim Aufladen des Akkumulators stark behindern.

Die beiden Halbzellen sind durch eine nur für Wasserstoff-Ionen durchlässige Membran getrennt.



Name: _____

Mit einem Funktionsmodell des entladenen Zink-Cer-Akkumulators konnten folgende Versuchsbeobachtungen festgestellt werden:

Versuch 1:

Beim Ladevorgang hat sich am Minuspol ein silbriggrauer Feststoff abgeschieden. Am Pluspol verfärbte sich die farblose Elektrolyt-Lösung gelb. Als die Ladespannung stark erhöht wurde, bildeten sich am Minuspol Gasbläschen.

Versuch 2:

In einem weiteren Versuch wurde der Modellakkumulator genau fünf Stunden bei konstanter Stromstärke von $I = 0,5 \text{ A}$ aufgeladen. Dabei wurden $m = 2,4 \text{ g}$ Zink abgeschieden. Nach einer Wartezeit von $t = 48 \text{ h}$ ohne Laden bzw. Entladen waren nur noch $m = 0,12 \text{ g}$ Zink vorhanden. In den Elektrolyt-Lösungen wurden die folgenden Konzentrationen gemessen: $c(\text{Ce}^{3+}) = 0,48 \text{ mol/L}$, $c(\text{Ce}^{4+}) = 0,02 \text{ mol/L}$, $c(\text{Zn}^{2+}) = 1,30 \text{ mol/L}$.

Zusatzinformationen:

Cer(III)-Salze bilden farblose oder schwach gelb gefärbte Lösungen, Cer(IV)-Salze intensiv gelb bis orangerot gefärbte Lösungen.

Faraday-Konstante: $F = 96485 \text{ As/mol}$

Elektrochemische Spannungsreihe

Standardpotentiale in V ($c = 1 \text{ mol/L}$, bei $\vartheta = 25 \text{ °C}$ und $p = 101,3 \text{ kPa}$)

1.	Ce/Ce ³⁺	-2,34
2.	Zn/Zn ²⁺	-0,76
3.	Pb, SO ₄ ²⁻ /PbSO ₄	-0,36
4.	H ₂ /2 H ⁺	0,00
5.	2 H ₂ O/O ₂ , 4 H ⁺	1,23
6.	PbSO ₄ , 2 H ₂ O/PbO ₂ , SO ₄ ²⁻ , 4 H ⁺	1,69
7.	Ce ³⁺ /Ce ⁴⁺	1,72

Unterlagen für die Lehrkraft**Abiturprüfung 2013**
Chemie, Leistungskurs**1. Aufgabenart**

Bearbeitung einer Aufgabe, die auf fachspezifischen Vorgaben basiert

2. Aufgabenstellung¹**Der Zink-Cer-Akkumulator – Ersatz für einen Blei-Akkumulator?**

1. Zeichnen Sie eine beschriftete Skizze eines teilweise entladenen Blei-Akkumulators. Stellen Sie mithilfe der Halbzellenreaktionen die Gesamtreaktion für den Ladeprozess eines Blei-Akkumulators auf. Vergleichen Sie die Spannungen eines Blei-Akkumulators und eines Zink-Cer-Akkumulators unter Standardbedingungen. (18 Punkte)
2. Erklären Sie die Beobachtungen bei Versuch 1. Begründen Sie, warum beim Laden eines Zink-Cer-Akkumulators theoretisch keine Abscheidung von Zink zu erwarten ist. Ermitteln Sie die zu erwartende Spannung des Zink-Cer-Akkumulators am Ende der Wartezeit nach Versuch 2. (20 Punkte)
3. Beurteilen Sie die Auswirkungen der Wanderung von Zink- bzw. Cer-Ionen durch eine undichte Membran auf die Funktion des Zink-Cer-Akkumulators. Prüfen Sie, ob ein Zink-Cer-Akkumulator mit beschädigter Membran noch verwendbar ist. (14 Punkte)
4. Prüfen Sie rechnerisch, ob in Versuch 2 außer Zink ein weiterer Stoff gebildet wurde. Beurteilen Sie die Eignung eines Zink-Cer-Akkumulators für die Speicherung von elektrischer Energie als Ersatz für einen Blei-Akkumulator. (14 Punkte)

3. Materialgrundlage

- <http://www.freepatentsonline.com/7252905.pdf> (Zugriff 06.05.2010)
- Handbook of Chemistry and Physics, CRC Press, 67th Edition, B-82f, D-153
- Bartsch, S.: Standard Electrode Potentials and Temperature Coefficients in Water at 298.15 K, J. Phys. Chem. Ref. Data, Vol. 18, No. 1, 1989

¹ Die Aufgabenstellung deckt inhaltlich alle drei Anforderungsbereiche ab.

4. Bezüge zu den Vorgaben 2013

1. Inhaltliche Schwerpunkte

Themenfeld: Gewinnung, Speicherung und Nutzung elektrischer Energie in der Chemie

- Einfache Elektrolyse im Labor und Faraday-Gesetze
- Batterien und Akkumulatoren: Grundprinzip der Funktionsweise
- Galvanische Zelle: Vorgänge an Elektroden, Potentialdifferenz
- Spannungsreihe der Metalle/Nichtmetalle: Additivität der Spannungen, Standardelektrodenpotential
- Nernst-Gleichung (quantitative Behandlung) am Beispiel folgender Systeme
 - Metall/Metallion
 - Wasserstoff/Oxoniumion
 - Hydroxidion/Sauerstoff

2. Medien/Materialien

- entfällt

5. Zugelassene Hilfsmittel

- Wissenschaftlicher Taschenrechner
- Periodensystem
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung

6. Vorgaben für die Bewertung der Schülerleistungen

Teilleistungen – Kriterien

a) inhaltliche Leistung

Teilaufgabe 1

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	zeichnet eine beschriftete Skizze eines teilweise entladenen Blei-Akkumulators, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Elektroden aus Blei(IV)-oxid (Pluspol) und Blei (Minuspol), • Schwefelsäure-Lösung als Elektrolyt, • Blei(II)-sulfat an den Oberflächen beider Elektroden. 	6
2	stellt mithilfe der Halbzellenreaktionen die Gesamtreaktion für den Ladeprozess eines Blei-Akkumulators auf, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Pluspol: $\text{PbSO}_4 + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{PbO}_2 + 4 \text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-} + 2\text{e}^-$ • Minuspol: $\text{PbSO}_4 + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Pb} + \text{SO}_4^{2-}$ • Gesamtreaktion: $2 \text{PbSO}_4 + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{PbO}_2 + \text{Pb} + 4 \text{H}^+ + 2 \text{SO}_4^{2-}$ 	6
3	vergleicht die Spannungen eines Blei-Akkumulators und eines Zink-Cer-Akkumulators unter Standardbedingungen, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • $U^\circ(\text{Blei-Akkumulator}) = U^\circ(\text{PbSO}_4/\text{PbO}_2) - U^\circ(\text{Pb}/\text{PbSO}_4) = 1,69 \text{ V} - (-0,36 \text{ V}) = 2,05 \text{ V}$. • $U^\circ(\text{Zink-Cer-Akkumulator}) = U^\circ(\text{Ce}^{3+}/\text{Ce}^{4+}) - U^\circ(\text{Zn}/\text{Zn}^{2+}) = 2,48 \text{ V}$. • Unter Standardbedingungen ist die Spannung eines Zink-Cer-Akkumulators größer als die eines Blei-Akkumulators. 	6
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 2

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	<p>erklärt die Beobachtungen bei Versuch 1, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Der silbriggraue Feststoff am Minuspol ist Zink, das durch Reduktion von Zink-Ionen entstanden ist. • Die Gelbfärbung der Lösung am Pluspol beruht auf der Oxidation von Cer(III)-Ionen zu Cer(IV)-Ionen. • Da eine Säure-Lösung vorliegt, können am Minuspol Wasserstoff-Ionen reduziert werden, daher bilden sich bei erhöhter Ladespannung dort Gasbläschen (Wasserstoff). 	6
2	<p>begründet, warum beim Laden eines Zink-Cer-Akkumulators theoretisch keine Abscheidung von Zink zu erwarten ist, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Das Standardpotential von Wasserstoff ist größer als das von Zink. • In der sauren Elektrolyt-Lösung liegen Oxonium-Ionen in hoher Konzentration vor. • Daher sollte bevorzugt Wasserstoff reduziert werden und nicht Zink, daher ist theoretisch eine Abscheidung von Zink nicht zu erwarten. 	6
3	<p>ermittelt die zu erwartende Spannung des Zink-Cer-Akkumulators am Ende der Wartezeit nach Versuch 2, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • $c(\text{Ce}^{3+}) = 0,48 \text{ mol/L}$, $c(\text{Ce}^{4+}) = 0,02 \text{ mol/L}$, $c(\text{Zn}^{2+}) = 1,30 \text{ mol/L}$. • $U(\text{Ce}^{3+}/\text{Ce}^{4+}) = U^\circ(\text{Ce}^{3+}/\text{Ce}^{4+}) + 0,059 \text{ V} \cdot \lg(c(\text{Ce}^{4+}) / c(\text{Ce}^{3+})) \approx 1,64 \text{ V}$. • $U(\text{Zn}/\text{Zn}^{2+}) = U^\circ(\text{Zn}/\text{Zn}^{2+}) + 0,059 \text{ V} / 2 \cdot \lg(c(\text{Zn}^{2+})) \approx -0,76 \text{ V}$. • $U(\text{Akku, fast entladen}) = U(\text{Ce}^{3+}/\text{Ce}^{4+}) - U(\text{Zn}/\text{Zn}^{2+}) \approx 2,40 \text{ V}$. 	8
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 3

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	<p>beurteilt die Auswirkungen der Wanderung von Zink- bzw. Cer-Ionen durch eine undichte Membran auf die Funktion des Zink-Cer-Akkumulators, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • $U^\circ(\text{Ce}^{3+}/\text{Ce}^{4+}) > U^\circ(\text{Zn}/\text{Zn}^{2+}) > U^\circ(\text{Ce}/\text{Ce}^{3+})$. • Wenn Zink-Ionen in die Cer(III)-/Cer(IV)-Halbzelle wandern, tritt keine Reaktion zwischen den Ionen ein: Da $U^\circ(\text{Zn}/\text{Zn}^{2+}) < U^\circ(\text{Ce}^{3+}/\text{Ce}^{4+})$ ist, können Zink-Ionen Cer(III)-Ionen nicht oxidieren. • Wenn Cer(III)-Ionen in die Zink-Halbzelle wandern, tritt ebenfalls keine Reaktion ein. • Cer(IV)-Ionen können in der Zink-Halbzelle mit Zink unter Bildung von Cer(III)-Ionen und Zink-Ionen reagieren. 	8
2	<p>prüft, ob ein Zink-Cer-Akkumulator mit beschädigter Membran noch verwendbar ist, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cer(IV)-Ionen würden am Minuspol mit Zink reagieren, was zu einer Entladung des Akkumulators führt. • Wanderungen von Ionen in die andere Halbzelle bewirken stets eine Abnahme der Kapazität des Akkumulators, da diese Ionen nicht mehr für die eigentliche Zellreaktion zur Verfügung stehen. • Der Akkumulator verliert durch die beschädigte Membran schnell an Kapazität und ist daher nicht mehr verwendbar. 	6
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 4

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	<p>prüft rechnerisch, ob in Versuch 2 außer Zink ein weiterer Stoff gebildet wurde, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • $n = (I \cdot t) / (z \cdot F)$; $n = m / M$ • $m(\text{Zn}) = (I \cdot t \cdot M(\text{Zn})) / (z \cdot F)$ • $I = 0,5 \text{ A}$; $t = 5 \cdot 3600 \text{ s} = 18000 \text{ s}$; $M(\text{Zn}) = 65,39 \text{ g/mol}$; $z = 2$ • Einsetzen liefert: $m(\text{Zn}) \approx 3,05 \text{ g}$. • Im Versuch wurde eine kleinere Masse an Zink ($m = 2,4 \text{ g}$) abgeschieden, als berechnet wurde. • Daraus folgt, dass außer Zink auch Wasserstoff gebildet wurde. <p>(Hinweis: Die Hälfte der Punkte wird für den Lösungsansatz mit den Größengleichungen gegeben.)</p>	10
2	<p>beurteilt die Eignung eines Zink-Cer-Akkumulators für die Speicherung von elektrischer Energie als Ersatz für einen Blei-Akkumulator, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Der Zink-Cer-Akkumulator entlädt sich sehr schnell unter Bildung von Wasserstoff, da schon nach einigen Stunden Wartezeit praktisch kein Zink mehr vorhanden ist. • Ein Zink-Cer-Akkumulator ist daher als Ersatz für einen Blei-Akkumulator höchstens für kurze Zeiträume geeignet. Dann ist der im Vergleich geringere Wartungsaufwand positiv zu beurteilen. 	4
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

b) Darstellungsleistung

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	führt seine Gedanken schlüssig, stringent und klar aus.	5
2	<ul style="list-style-type: none"> • strukturiert seine Darstellung sachgerecht und übersichtlich, • verwendet eine differenzierte und präzise Sprache, • veranschaulicht seine Ausführungen durch geeignete Skizzen, Schemata etc., • gestaltet seine Arbeit formal ansprechend. 	4

7. Bewertungsbogen zur Prüfungsarbeit

Name des Prüflings: _____ Kursbezeichnung: _____

Schule: _____

Teilaufgabe 1

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK ²	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	zeichnet eine beschriftete ...	6			
2	stellt mithilfe der ...	6			
3	vergleicht die Spannungen ...	6			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe 1. Teilaufgabe	18			

Teilaufgabe 2

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	erklärt die Beobachtungen ...	6			
2	begründet, warum beim ...	6			
3	ermittelt die zu ...	8			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe 2. Teilaufgabe	20			

² EK = Erstkorrektur; ZK = Zweitkorrektur; DK = Drittkorrektur

Teilaufgabe 3

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	beurteilt die Auswirkungen ...	8			
2	prüft, ob ein ...	6			
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe 3. Teilaufgabe	14			

Teilaufgabe 4

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	prüft rechnerisch, ob ...	10			
2	beurteilt die Eignung ...	4			
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe 4. Teilaufgabe	14			
	Summe der 1., 2., 3. und 4. Teilaufgabe	66			

Darstellungsleistung

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
1	führt seine Gedanken ...	5			
2	strukturiert seine Darstellung ...	4			
	Summe Darstellungsleistung	9			

	Summe insgesamt (inhaltliche und Darstellungsleistung)	75			
--	---	-----------	--	--	--

Festlegung der Gesamtnote (Bitte nur bei der letzten bearbeiteten Aufgabe ausfüllen.)

	Lösungsqualität			
	maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
Übertrag der Punktzahl aus der ersten bearbeiteten Aufgabe	75			
Übertrag der Punktzahl aus der zweiten bearbeiteten Aufgabe	75			
Punktzahl der gesamten Prüfungsleistung	150			
aus der Punktzahl resultierende Note				
Note ggf. unter Absenkung um ein bis zwei Notenpunkte gemäß § 13 Abs. 2 APO-GOST				
Paraphe				

ggf. arithmetisches Mittel der Punktzahlen aus EK und ZK: _____

ggf. arithmetisches Mittel der Notenurteile aus EK und ZK: _____

Die Klausur wird abschließend mit der Note: _____ (____ Punkte) bewertet.

Unterschrift, Datum

Grundsätze für die Bewertung (Notenfindung)

Für die Zuordnung der Notenstufen zu den Punktzahlen ist folgende Tabelle zu verwenden:

Note	Punkte	Erreichte Punktzahl
sehr gut plus	15	150 – 143
sehr gut	14	142 – 135
sehr gut minus	13	134 – 128
gut plus	12	127 – 120
gut	11	119 – 113
gut minus	10	112 – 105
befriedigend plus	9	104 – 98
befriedigend	8	97 – 90
befriedigend minus	7	89 – 83
ausreichend plus	6	82 – 75
ausreichend	5	74 – 68
ausreichend minus	4	67 – 58
mangelhaft plus	3	57 – 49
mangelhaft	2	48 – 40
mangelhaft minus	1	39 – 30
ungenügend	0	29 – 0



Name: _____

Abiturprüfung 2013

Chemie, Leistungskurs

Aufgabenstellung:

Kohlensäureverwitterung von Kalkstein

1. Erklären Sie den Säure-Base-Begriff nach Brönsted am Beispiel der Kohlensäure-Protolyse. Erläutern Sie, warum für eine Lösung aus Kohlenstoffdioxid in Wasser der pH-Wert kleiner als 7 ist. Begründen Sie die Kalkabscheidungen an Austrittsstellen von Bodenwasser aus einem Kalkstein-Gebirge. *(16 Punkte)*
2. Interpretieren Sie das angegebene Diagramm, insbesondere auch den Kurvenabschnitt bei pH-Wert 6,5. Begründen Sie, warum der pH-Wert einer schwach sauren kohlenstoffdioxidhaltigen wässrigen Lösung mithilfe der angegebenen Gleichung berechnet werden kann. *(20 Punkte)*
3. Erläutern Sie mithilfe einer Reaktionsgleichung die Wirkung von Kalkspat gegen Bodenversauerung. Erklären Sie die Funktion der Kalkstreuung auf landwirtschaftlich genutzten Böden. *(12 Punkte)*
4. Beurteilen Sie das analysierte Bodenwasser hinsichtlich der betonangreifenden Eigenschaften. Erläutern Sie das Analyseverfahren nach der Anleitung in dem Fachbuch und überprüfen Sie für den Messwert $\Delta V(\text{HCl}) = 8,2 \text{ mL}$ die verkürzte Berechnungsweise. *(18 Punkte)*

Zugelassene Hilfsmittel:

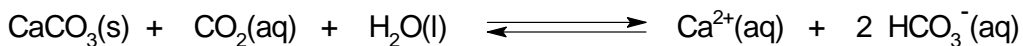
- Wissenschaftlicher Taschenrechner
- Periodensystem
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung



Name: _____

Fachspezifische Vorgaben:

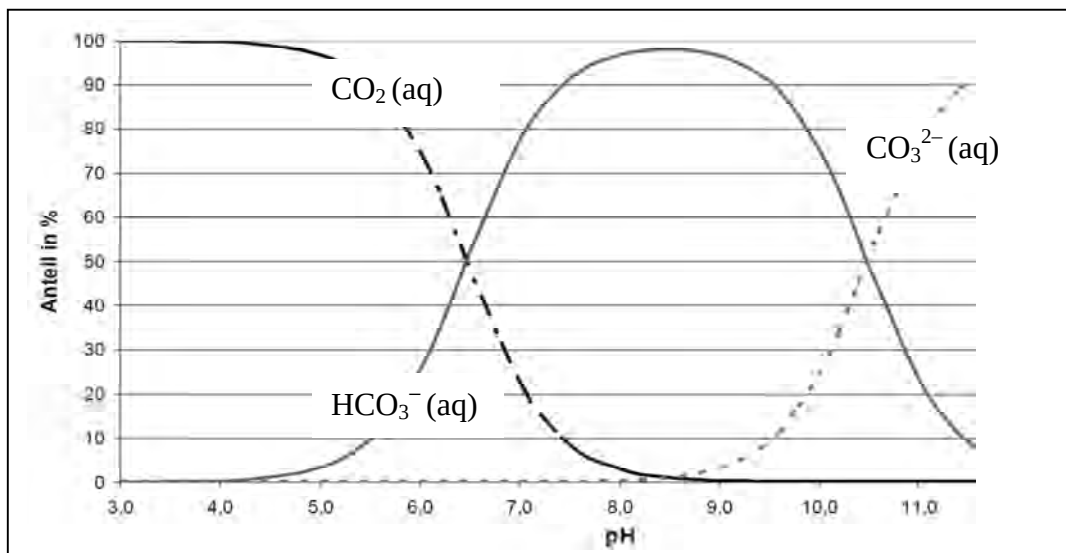
Die Verwitterung von Gestein kann durch den Einfluss saurer Lösungen hervorgerufen werden. Insbesondere die sogenannte Kohlensäureverwitterung spielt in der Natur eine bedeutende Rolle. Man versteht darunter die Umwandlung von Mineralien durch Einwirkung einer kohlenstoffdioxidhaltigen wässrigen Lösung. Sie findet z. B. in kalkhaltigen Böden statt. Hierbei reagiert das Mineral Kalkspat (Calciumcarbonat) gemäß



unter Bildung von löslichem Calciumhydrogencarbonat. Dort, wo Calciumhydrogencarbonathaltiges Bodenwasser als Fließgewässer an die Bodenoberfläche gelangt, findet man häufig Kalkabscheidungen.

Der Zusammenhang zwischen dem pH-Wert, dem Gehalt an Kohlenstoffdioxid, Hydrogencarbonat- und Carbonat-Ionen in neutralen oder sauren wässrigen Lösungen ist durch die folgende Gleichung angegeben und im Diagramm dargestellt.

$$\text{pH} = \text{pK}_{\text{S1}} + \lg \frac{c(\text{HCO}_3^{-}(\text{aq}))}{c(\text{CO}_2(\text{aq}))}$$



Verwitterungsprozesse und ein ständiger Säureeintrag bewirken im Laufe von Jahren eine Absenkung des pH-Wertes von Bodenwasser (Bodenversauerung). Im Boden vorhandene Mineralien wie beispielsweise Kalkspat können durch Reaktion mit Oxonium-Ionen einer Bodenversauerung entgegenwirken. Auf land- und forstwirtschaftlichen Nutzflächen wird häufig Kalk auf die Böden gestreut.



Name: _____

Auch Beton in Bauwerken unterliegt einer Kohlensäureverwitterung. Daher ist die Bestimmung des Gehalts an kalklösendem Kohlenstoffdioxid im Bodenwasser für das Bauwesen von großer Bedeutung. Zur Bestimmung des Gehalts an kalklösendem Kohlenstoffdioxid in schwach saurem Bodenwasser wird in einem Baufachbuch das folgende Analyseverfahren angegeben:

Versuchsvorschrift:

In einer vollkommen gefüllten Flasche wird eine Bodenwasserprobe (etwa 500 mL) mit 5 g Marmorpulver im Überschuss versetzt. Die luftdicht verschlossene Flasche muss anschließend 24 h geschüttelt werden. Danach wird die Mischung filtriert. 100 mL Filtrat werden nach Zusatz von 0,1 mL Methylorange-Lösung mit Salzsäure ($c = 0,1 \text{ mol/L}$) bis zum Farbumschlag von Gelb nach Orange titriert. Zum Vergleich werden 100 mL unbehandeltes Bodenwasser auf die gleiche Weise titriert. Hierbei reagieren jeweils Hydrogencarbonat-Ionen mit Oxonium-Ionen.

Zur schnellen Ergebnisermittlung wird eine verkürzte Berechnungsweise vorgeschlagen: Die Differenz der Maßzahlen der beiden verbrauchten Salzsäure-Volumina in mL ($\Delta V(\text{HCl}) = V(\text{HCl})_{\text{behandelte Probe}} - V(\text{HCl})_{\text{unbehandelte Probe}}$) wird mit 22 multipliziert. Man erhält die Massenkonzentration an kalklösendem Kohlenstoffdioxid in Bodenwasser in mg/L.

Nach diesem Analyseverfahren wurde ein Bodenwasser untersucht. Man erhielt folgendes Ergebnis: $\Delta V(\text{HCl}) = 8,2 \text{ mL}$.

Zur Beurteilung dieses Bodenwassers kann folgende Tabelle herangezogen werden:

Massenkonzentration an kalklösendem Kohlenstoffdioxid $\beta(\text{CO}_2)$ in mg/L	Klassifizierung des untersuchten Bodenwassers
15 – 40	Beton schwach angreifendes Bodenwasser
40 – 100	Beton stark angreifendes Bodenwasser
über 100	Beton sehr stark angreifendes Bodenwasser



Name: _____

Zusatzinformationen:

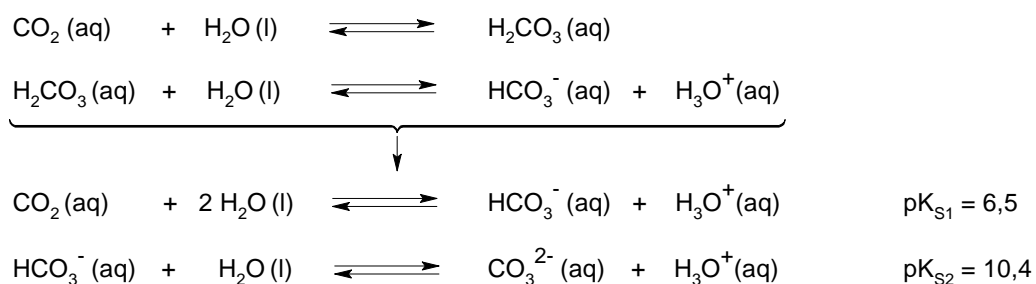
- Mineral: Reinstoff, der auf natürliche Weise entstanden ist und als fester Bestandteil der Erdrinde vorkommt
- Gestein: Feststoffgemisch aus Mineralien
- Bodenwasser: wässrige Lösung im Boden, die u. a. gelöste Salze und gelöste Gase enthält
- Bodenluft: Gasgemisch im Boden

Verbindungen, die im Boden bzw. gelöst im Bodenwasser vorkommen:

Bezeichnung des Stoffes	Summenformel	Vorkommen im Boden [Anmerkungen]
Kohlensäure	H_2CO_3	gelöst im Bodenwasser [H_2CO_3 ist instabil / existiert nur in wässriger Lösung]
Calciumcarbonat („Kalk“ ; „Kalkspat“ ; „Marmor“)	$CaCO_3$	Kalkstein, Sandstein [$CaCO_3$ ist in Wasser schwer löslich]
Calciumhydrogencarbonat	$Ca(HCO_3)_2$	gelöst im Bodenwasser

Säureeintrag in einen Boden – Ursachen: z. B. Kohlenstoffdioxid-Produktion an Pflanzenwurzeln, Umsetzung von organischem Material im Boden zu Säuren, „Saurer Regen“

Protolyse-Gleichgewichte des Systems CO_2 / Kohlensäure (pK_S -Werte bei 22 °C):



Methylorange: pH-Indikator mit einem Farbumschlag bei pH 4,4 bis 3,0 von Gelb nach Rot bei Verwendung einer sauren Maßlösung

$M(CO_2) = 44,0 \text{ g/mol}$

Unterlagen für die Lehrkraft

Abiturprüfung 2013

Chemie, Leistungskurs

1. Aufgabenart

Bearbeitung einer Aufgabe, die auf fachspezifischen Vorgaben basiert

2. Aufgabenstellung¹

Kohlensäureverwitterung von Kalkstein

1. Erklären Sie den Säure-Base-Begriff nach Brönsted am Beispiel der Kohlensäure-Protolyse. Erläutern Sie, warum für eine Lösung aus Kohlenstoffdioxid in Wasser der pH-Wert kleiner als 7 ist. Begründen Sie die Kalkabscheidungen an Austrittsstellen von Bodenwasser aus einem Kalkstein-Gebirge. (16 Punkte)
2. Interpretieren Sie das angegebene Diagramm, insbesondere auch den Kurvenabschnitt bei pH-Wert 6,5. Begründen Sie, warum der pH-Wert einer schwach sauren kohlenstoffdioxidhaltigen wässrigen Lösung mithilfe der angegebenen Gleichung berechnet werden kann. (20 Punkte)
3. Erläutern Sie mithilfe einer Reaktionsgleichung die Wirkung von Kalkspat gegen Bodenversauerung. Erklären Sie die Funktion der Kalkstreuung auf landwirtschaftlich genutzten Böden. (12 Punkte)
4. Beurteilen Sie das analysierte Bodenwasser hinsichtlich der betonangreifenden Eigenschaften. Erläutern Sie das Analyseverfahren nach der Anleitung in dem Baufachbuch und überprüfen Sie für den Messwert $\Delta V(\text{HCl}) = 8,2 \text{ mL}$ die verkürzte Berechnungsweise. (18 Punkte)

¹ Die Aufgabenstellung deckt inhaltlich alle drei Anforderungsbereiche ab.

3. Materialgrundlage

- Schumann, W.: Das große Buch der Erde, Lizenzausgabe des Deutschen Bücherbundes, Lexikographisches Institut, München 1974, S. 46, 56, 76, 89, 86 – 87, 247 – 251
- Henning, O.; Knöfel, D.: Baustoffchemie. Eine Einführung für Bauingenieure und Architekten, 2., vollständig neugefasste Aufl., Bauverlag GmbH, Wiesbaden und Berlin 1975 und 1980, S. 99, 178 – 180
- http://www.geo.uzh.ch/fileadmin/files/content/abteilungen/phys2b/Vorlesungsunterlagen/211/SkriptGEO211_2_2007.pdf (Zugriff 28.01.2011)
- http://www.mb.hs-wismar.de/~pfeiffer/Pfeiffer2003/Lehrmaterial_Vorlesungsscripte/Sonstiges/KalkkohlenS.pdf (Zugriff 03.01.2011)
- <http://www2.chemie.uni-erlangen.de/projects/vsc/chemie-mediziner-neu/saeuren/kohlensaerepuffer.html> (Zugriff 28.01.2011)
- <http://www.waterquality.de/trinkwasser/BETON.HTM> (Zugriff 07.12.2010)

4. Bezüge zu den Vorgaben 2013

1. Inhaltliche Schwerpunkte

Themenfeld: Analytische Verfahren zur Konzentrationsbestimmung

- Protolysen als Gleichgewichtsreaktionen: Säure-Base-Begriff nach Brönsted, Autoprotolyse des Wassers, pH-, pK_s -Wert
- Einfache Titrations mit Endpunktbestimmungen
- pH-metrische Titrations
- Redoxtitration

2. Medien/Materialien

- entfällt

5. Zugelassene Hilfsmittel

- Wissenschaftlicher Taschenrechner
- Periodensystem
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung

6. Vorgaben für die Bewertung der Schülerleistungen

Teilleistungen – Kriterien

a) inhaltliche Leistung

Teilaufgabe 1

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	erklärt den Säure-Base-Begriff nach Brönsted am Beispiel der Kohlensäure-Protolyse. (Hinweis: Es wird erwartet, dass der Prüfling in seiner Erklärung auf Definitionen für die Begriffe Brönsted-Säure und Brönsted-Base eingeht und diese Definitionen auf die korrespondierenden Säure-Base-Paare einer Protolysestufe der Kohlensäure-Protolyse anwendet.)	4
2	erläutert, warum für eine Lösung aus Kohlenstoffdioxid in Wasser der pH-Wert kleiner als 7 ist, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> Durch Lösen von Kohlenstoffdioxid in Wasser findet die Protolyse der Kohlensäure statt. Hierbei entstehen Oxonium-Ionen, es gilt: $c(\text{H}_3\text{O}^+) > 10^{-7} \text{ mol/L}$. Hieraus folgt für den pH-Wert: $\text{pH} = -\lg\{c(\text{H}_3\text{O}^+)\} < 7$. (Hinweis: Alternative Argumentationen sind möglich.)	4
3	begründet die Kalkabscheidungen an Austrittsstellen von Bodenwasser aus einem Kalkstein-Gebirge, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> In kalkhaltigen Böden liegt Calciumhydrogencarbonat-haltiges Bodenwasser vor. $\text{Ca}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{HCO}_3^-(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{CaCO}_3(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$ Bei Austritt von Bodenwasser aus dem Gestein entweicht Kohlenstoffdioxidgas. Ebenso verdunstet Wasser. Infolgedessen verändert sich gemäß dem Prinzip von Le Chatelier und Braun im austretenden Bodenwasser die Gleichgewichtslage zugunsten der Bildung von Calciumcarbonat. Calciumcarbonat fällt als Feststoff aus der Lösung aus (Kalkabscheidung), da dieser Stoff in Wasser schwer löslich ist. 	8
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 2

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1a	<p>interpretiert das angegebene Diagramm, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bei pH = 3 – 4 ist der Anteil an CO₂(aq) nahe 100 %, d. h., das Protolyse-Gleichgewicht (1. Protolysestufe) liegt nahezu vollständig auf der Seite des gelösten Kohlenstoffdioxids. • Der Stoffmengenanteil von gelöstem Kohlenstoffdioxid nimmt bei steigenden pH-Werten von nahezu 100 % bei pH = 3,0 bis auf fast 0 % bei pH ≈ 9,0 ab. Gleichzeitig steigt der Stoffmengenanteil der gelösten Hydrogencarbonat-Ionen von nahezu 0 % bei pH = 3,0 bis auf das Maximum bei pH ≈ 8,5 an. • Im Bereich von ca. pH 8 – 9 verändert sich der Stoffmengenanteil der gelösten Hydrogencarbonat-Ionen nur geringfügig, da diese Ionen einerseits in der ersten Protolysestufe entstehen, andererseits in der zweiten Protolysestufe zu Carbonat-Ionen umgesetzt werden. • Der maximale prozentuale Stoffmengenanteil der Hydrogencarbonat-Ionen liegt aufgrund der Kopplung der beiden Protolyse-Gleichgewichte bei ca. 98 %. • Für pH > 8,5 verringert sich bei steigenden pH-Werten der Stoffmengenanteil der gelösten Hydrogencarbonat-Ionen aufgrund der 2. Protolyse-Reaktion auf ca. 10 % bei pH ≈ 11,5. Gleichzeitig steigt der Stoffmengenanteil der gelösten Carbonat-Ionen von nahezu 0 % bei pH = 8,0 auf ca. 90 % bei pH ≈ 11,5 an. <p><i>(Hinweis: Andere Argumentationen sind möglich. Der Prüfling erhält die Hälfte der Punkte, wenn seine Interpretation vier sinnvolle Aussagen enthält.)</i></p>	10
1b	<p>interpretiert das angegebene Diagramm, insbesondere auch den Kurvenabschnitt bei pH-Wert 6,5, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bei pH ≈ 6,5 gilt: $c(\text{HCO}_3^-) : c(\text{CO}_2) = 1 : 1$. • Hieraus folgt nach Formel 1: $\text{pH} = \text{pK}_{\text{S}1} = 6,5$. 	4
2	<p>begründet, warum der pH-Wert einer schwach sauren kohlenstoffdioxidhaltigen wässrigen Lösung mithilfe der angegebenen Gleichung berechnet werden kann, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gleichung für die 1. Säurekonstante: $K_{\text{S}1} = \frac{c(\text{H}_3\text{O}^+) \cdot c(\text{HCO}_3^-)}{c(\text{CO}_2)}$ • Durch Umformung der Gleichung für den K_{S1}-Wert ergibt sich: $c(\text{H}_3\text{O}^+) = K_{\text{S}1} \cdot \frac{c(\text{CO}_2)}{c(\text{HCO}_3^-)}$ • Die Anwendung der Definitionen für den pH-Wert und für den pK_S-Wert führt zu der angegebenen Gleichung: $\text{pH} = \text{pK}_{\text{S}1} - \lg \frac{c(\text{CO}_2)}{c(\text{HCO}_3^-)} \quad \text{bzw.} \quad \text{pH} = \text{pK}_{\text{S}1} + \lg \frac{c(\text{HCO}_3^-)}{c(\text{CO}_2)}$ 	6
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 3

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	<p>erläutert mithilfe einer Reaktionsgleichung die Wirkung von Kalkspat gegen Bodenversauerung, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> Reaktion von Kalkspat mit Oxonium-Ionen: $\text{CaCO}_3(\text{s}) + \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{Ca}^{2+}(\text{aq}) + \text{HCO}_3^-(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$ bzw. $\text{CaCO}_3(\text{s}) + 2 \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{Ca}^{2+}(\text{aq}) + \text{CO}_2(\text{g}) + 3 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$ Aufgrund dieser Reaktionen erfolgt eine Verringerung der Oxonium-Ionen-Konzentration im Bodenwasser. Hierdurch wirkt Kalkspat einer Bodenversauerung entgegen und stabilisiert den pH-Wert von Bodenwasser. <i>(Hinweis: Es genügt eine Reaktionsgleichung.)</i> 	6
2	<p>erklärt die Funktion der Kalkstreuung auf landwirtschaftlich genutzten Böden, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> Im Laufe von Jahren werden Gesteinsbestandteile, die einer Bodenversauerung entgegenwirken (wie beispielsweise Kalkspat), durch die chemischen Reaktionen der Kohlensäureverwitterung abgebaut. Kalk ersetzt das Bodenmineral Kalkspat als Mittel gegen Bodenversauerung. Somit sorgt eine Kalkstreuung auf einen Boden für eine Stabilisierung oder eine Erhöhung des pH-Wertes des Bodenwassers. 	6
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 4

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	<p>beurteilt das analysierte Bodenwasser hinsichtlich der betonangreifenden Eigenschaften, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> Durch Multiplikation der Maßzahl von $\Delta V(\text{HCl}) = 8,2 \text{ mL}$ mit 22 ergibt sich eine Massenkonzentration $\beta(\text{CO}_2 \text{ kalklösend}) = 180,4 \text{ mg/L}$. Bei dem analysierten Bodenwasser handelt es sich um Beton sehr stark angreifendes Bodenwasser. 	4

2	<p>erläutert das Analyseverfahren nach der Anleitung in dem Baufachbuch, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> In der behandelten Bodenwasserprobe wird Kohlenstoffdioxid mit einem Überschuss an Marmor (CaCO_3) nahezu vollständig umgesetzt: $\text{CaCO}_3(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{Ca}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{HCO}_3^{-}(\text{aq})$ <p style="text-align: center;">(kalklösend) (1)</p> <ul style="list-style-type: none"> Nach beendeter Reaktion wird der überschüssige Feststoff abgetrennt. Das Filtrat enthält aufgrund dieser Reaktion eine höhere Stoffmengenkonzentration an Hydrogencarbonat-Ionen als die unbehandelte Bodenwasser-Probe. Durch die Titration mit Salzsäure wird für die behandelte Bodenwasserprobe und für die unbehandelte Bodenwasserprobe jeweils der Gehalt an Hydrogencarbonat-Ionen bestimmt: $\text{HCO}_3^{-}(\text{aq}) + \text{H}_3\text{O}^{+}(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{CO}_2(\text{aq}) + 2 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$ <p style="text-align: right;">(2)</p> <ul style="list-style-type: none"> Bei einem pH-Wert von etwa 4 (Farbumschlagbereich des Indikators) sind nahezu alle vorhandenen Hydrogencarbonat-Ionen zu Kohlenstoffdioxid umgesetzt. Aus der Differenz der beiden Salzsäure-Volumina kann man die Stoffmenge an Hydrogencarbonat-Ionen bestimmen, die durch das kalklösende Kohlenstoffdioxid im Bodenwasser entstanden sind. Für die Bestimmung des Gehalts an kalklösendem CO_2 gilt gemäß der Reaktionsgleichung (1): $n(\text{CO}_2(\text{kalklösend})) : n(\text{HCO}_3^{-}) = 1 : 2.$ 	8
3	<p>überprüft für den Messwert $\Delta V(\text{HCl}) = 8,2 \text{ mL}$ die verkürzte Berechnungsweise, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> $n(\text{HCO}_3^{-}) = n(\text{HCl}) = 0,00082 \text{ mol}$ $n(\text{CO}_2(\text{kalklösend})) = 0,5 n(\text{HCO}_3^{-}) = 0,00041 \text{ mol}$ Mit $M(\text{CO}_2) = 44 \text{ g/mol}$ gilt für 100 mL Bodenwasser: $m(\text{CO}_2(\text{kalklösend})) = 0,01804 \text{ g} = 18,04 \text{ mg}$. Somit gilt für die Massenkonzentration: $\beta(\text{CO}_2(\text{kalklösend})) = 180,4 \text{ mg/L}$. Dies entspricht dem Ergebnis, das nach der verkürzten Berechnungsweise ermittelt wird; die verkürzte Berechnungsweise ist also korrekt. 	6
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

b) Darstellungsleistung

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	führt seine Gedanken schlüssig, stringent und klar aus.	5
2	<ul style="list-style-type: none"> strukturiert seine Darstellung sachgerecht und übersichtlich, verwendet eine differenzierte und präzise Sprache, veranschaulicht seine Ausführungen durch geeignete Skizzen, Schemata etc., gestaltet seine Arbeit formal ansprechend. 	4

7. Bewertungsbogen zur Prüfungsarbeit

Name des Prüflings: _____ Kursbezeichnung: _____

Schule: _____

Teilaufgabe 1

Anforderungen		Lösungsqualität			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl	EK ²	ZK	DK
1	erklärt den Säure-Base-Begriff ...	4			
2	erläutert, warum für ...	4			
3	begründet die Kalkabscheidungen ...	8			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
Summe 1. Teilaufgabe		16			

Teilaufgabe 2

Anforderungen		Lösungsqualität			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
1a	interpretiert das angegebene ...	10			
1b	interpretiert das angegebene ...	4			
2	begründet, warum der ...	6			
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
Summe 2. Teilaufgabe		20			

² EK = Erstkorrektur; ZK = Zweitkorrektur; DK = Drittkorrektur

Teilaufgabe 3

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	erläutert mithilfe einer ...	6			
2	erklärt die Funktion ...	6			
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe 3. Teilaufgabe	12			

Teilaufgabe 4

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	beurteilt das analysierte ...	4			
2	erläutert das Analyseverfahren ...	8			
3	überprüft für den ...	6			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe 4. Teilaufgabe	18			
	Summe der 1., 2., 3. und 4. Teilaufgabe	66			

Darstellungsleistung

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
1	führt seine Gedanken ...	5			
2	strukturiert seine Darstellung ...	4			
	Summe Darstellungsleistung	9			

	Summe insgesamt (inhaltliche und Darstellungsleistung)	75			
--	---	-----------	--	--	--

Festlegung der Gesamtnote (Bitte nur bei der letzten bearbeiteten Aufgabe ausfüllen.)

	Lösungsqualität			
	maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
Übertrag der Punktzahl aus der ersten bearbeiteten Aufgabe	75			
Übertrag der Punktzahl aus der zweiten bearbeiteten Aufgabe	75			
Punktzahl der gesamten Prüfungsleistung	150			
aus der Punktzahl resultierende Note				
Note ggf. unter Absenkung um ein bis zwei Notenpunkte gemäß § 13 Abs. 2 APO-GOST				
Paraphe				

ggf. arithmetisches Mittel der Punktzahlen aus EK und ZK: _____

ggf. arithmetisches Mittel der Notenurteile aus EK und ZK: _____

Die Klausur wird abschließend mit der Note: _____ (____ Punkte) bewertet.

Unterschrift, Datum

Grundsätze für die Bewertung (Notenfindung)

Für die Zuordnung der Notenstufen zu den Punktzahlen ist folgende Tabelle zu verwenden:

Note	Punkte	Erreichte Punktzahl
sehr gut plus	15	150 – 143
sehr gut	14	142 – 135
sehr gut minus	13	134 – 128
gut plus	12	127 – 120
gut	11	119 – 113
gut minus	10	112 – 105
befriedigend plus	9	104 – 98
befriedigend	8	97 – 90
befriedigend minus	7	89 – 83
ausreichend plus	6	82 – 75
ausreichend	5	74 – 68
ausreichend minus	4	67 – 58
mangelhaft plus	3	57 – 49
mangelhaft	2	48 – 40
mangelhaft minus	1	39 – 30
ungenügend	0	29 – 0



Name: _____

Abiturprüfung 2013

Chemie, Leistungskurs

Aufgabenstellung:

Indanthron und Co. – Farbstoffe aus Anthrachinon

1. Erklären Sie die Synthese von 2-Aminoanthrachinon ausgehend von Anthrachinon unter Angabe der Reaktionstypen. Erläutern Sie die charakteristischen Reaktionsschritte der Sulfonierung von Anthrachinon an geeigneten Strukturausschnitten. (16 Punkte)
2. Begründen Sie anhand von Oxidationszahlen, warum es sich bei der Reaktion von Indanthron zu Leuko-Indanthron um eine Reduktion handelt. Erläutern Sie die Löslichkeitsveränderung von Indanthron durch Reduktion und die damit verbundene Möglichkeit, Baumwolle zu färben. Entwickeln Sie die Redoxgleichung für den Vorgang beim Trocknen an der Luft. (16 Punkte)
3. Erklären Sie anhand der Absorptionsspektren von Alizarin den Zusammenhang zwischen Molekülstruktur und Farbigkeit. Geben Sie Reaktionsschemata für die Reaktionen einer Alizarin-Lösung mit Natronlauge an. Erklären Sie die Farbänderung der Alizarin-Lösung bei einer Erhöhung des pH-Wertes von $\text{pH} = 5$ auf $\text{pH} = 12,5$ anhand von zwei relevanten Grenzstrukturen. (20 Punkte)
4. Erläutern Sie die zwischenmolekularen Wechselwirkungen zwischen Alizarin und Baumwolle sowie zwischen Alizarinsaphirol B und Wolle und beurteilen Sie vergleichend die jeweiligen Färbereigenschaften. (14 Punkte)

Zugelassene Hilfsmittel:

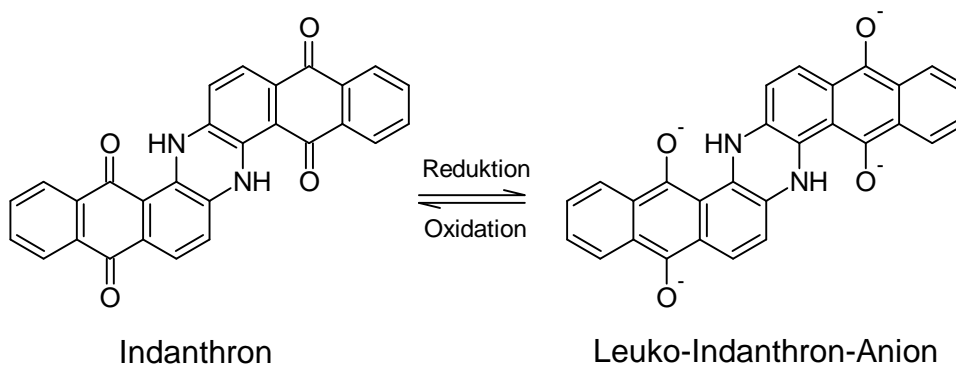
- Wissenschaftlicher Taschenrechner
- Periodensystem
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung



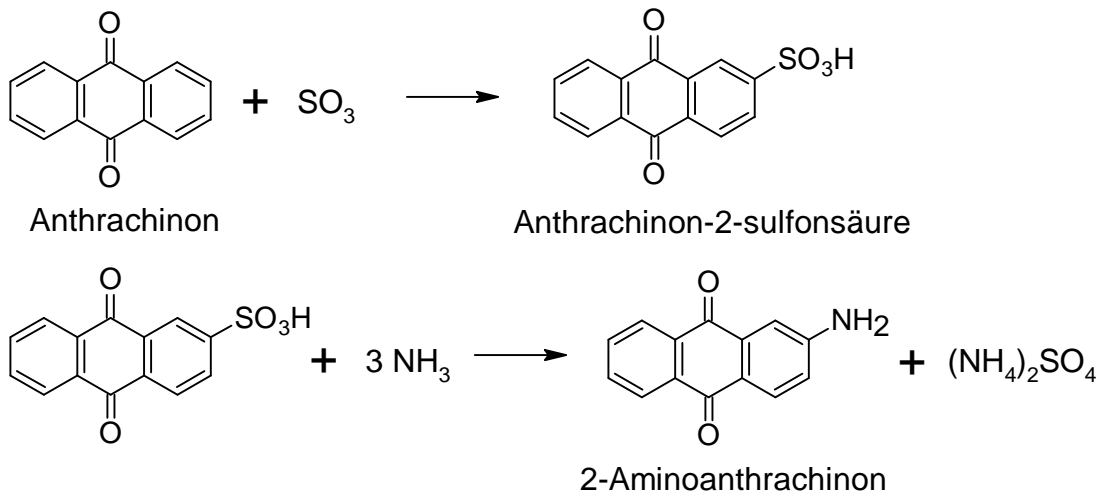
Name: _____

Fachspezifische Vorgaben:

Im Jahr 1901 entdeckte René Bohn den Küpfenfarbstoff Indanthron, der in seinen Eigenschaften dem Naturfarbstoff Indigo sehr ähnlich ist. Indanthron ist ein wasserunlöslicher blauer Farbstoff, der durch alkalische Reduktion in eine wasserlösliche Leukoform überführt und auf eine Baumwollfaser aufgebracht werden kann. Beim Trocknen an der Luft wird Leuko-Indanthron wieder zu Indanthron oxidiert. Die so gefärbte Baumwolle weist eine hohe Waschbeständigkeit auf.



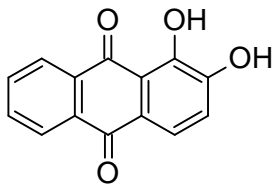
Indanthron wird durch oxidative Dimerisierung von 2-Aminoanthrachinon synthetisiert. 2-Aminoanthrachinon kann in zwei Syntheseschritten aus Anthrachinon hergestellt werden.



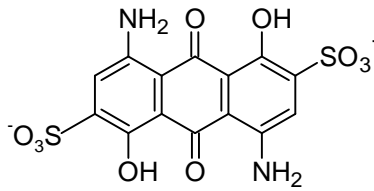
Anthrachinon-2-sulfonsäure ist auch Ausgangsstoff bei der Synthese von Alizarin (1,2-Dihydroxyanthrachinon), einem auch natürlich in den Wurzeln der Krapp-Pflanze vorkommenden Anthrachinon-Farbstoff.



Name: _____



Alizarin



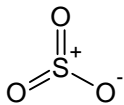
Alizarinsaphirol B (Anion)

Alizarin kann als Indikator verwendet werden. Bei Zugabe einer Lauge zu einer Lösung von Alizarin erfolgen die Farbumschläge in den pH-Bereichen von 5,8 – 7,2 und von 10,0 – 12,1.

Als Farbstoff zum Färben von Baumwolle ist Alizarin nur bedingt geeignet. Der verwandte Farbstoff Alizarinsaphirol B kann dagegen zur Färbung von Wolle eingesetzt werden.

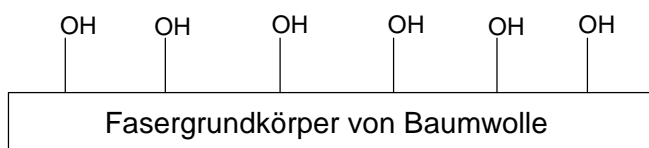
Zusatzinformationen:

Mesomere Grenzstruktur von Schwefeltrioxid

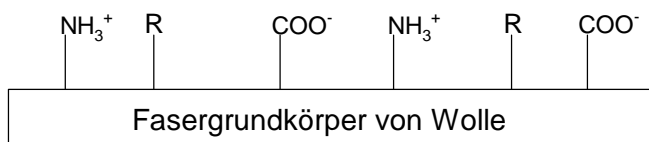


Stark vereinfachte schematische Darstellung eines Strukturausschnittes

a) von Baumwolle



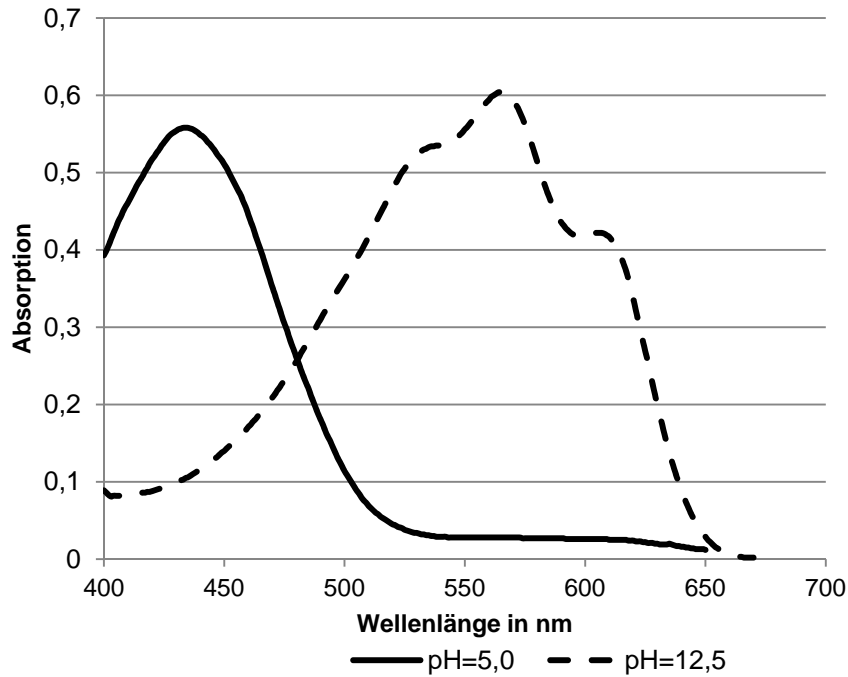
b) von Wolle





Name: _____

pH-abhängige Spektren von Alizarin



Zusammenhang von absorbiertem Strahlung, zugehöriger Spektralfarbe und beobachteter Komplementärfarbe

Wellenlänge λ in nm	Spektralfarbe	Komplementärfarbe
400 – 435	violett	gelbgrün
435 – 480	blau	gelb
480 – 490	grünblau	orange
490 – 500	blaugrün	rot
500 – 560	grün	purpur
560 – 580	gelbgrün	violett
580 – 595	gelb	blau
595 – 605	orange	grünblau
605 – 770	rot	blaugrün

Unterlagen für die Lehrkraft**Abiturprüfung 2013**
Chemie, Leistungskurs**1. Aufgabenart**

Bearbeitung einer Aufgabe, die auf fachspezifischen Vorgaben basiert

2. Aufgabenstellung¹**Indanthron und Co. – Farbstoffe aus Anthrachinon**

1. Erklären Sie die Synthese von 2-Aminoanthrachinon ausgehend von Anthrachinon unter Angabe der Reaktionstypen. Erläutern Sie die charakteristischen Reaktionsschritte der Sulfonierung von Anthrachinon an geeigneten Strukturausschnitten. (16 Punkte)
2. Begründen Sie anhand von Oxidationszahlen, warum es sich bei der Reaktion von Indanthron zu Leuko-Indanthron um eine Reduktion handelt. Erläutern Sie die Löslichkeitsveränderung von Indanthron durch Reduktion und die damit verbundene Möglichkeit, Baumwolle zu färben. Entwickeln Sie die Redoxgleichung für den Vorgang beim Trocknen an der Luft. (16 Punkte)
3. Erklären Sie anhand der Absorptionsspektren von Alizarin den Zusammenhang zwischen Molekülstruktur und Farbigkeit. Geben Sie Reaktionsschemata für die Reaktionen einer Alizarin-Lösung mit Natronlauge an. Erklären Sie die Farbänderung der Alizarin-Lösung bei einer Erhöhung des pH-Wertes von pH = 5 auf pH = 12,5 anhand von zwei relevanten Grenzstrukturen. (20 Punkte)
4. Erläutern Sie die zwischenmolekularen Wechselwirkungen zwischen Alizarin und Baumwolle sowie zwischen Alizarinsaphirol B und Wolle und beurteilen Sie vergleichend die jeweiligen Färbereigenschaften. (14 Punkte)

¹ Die Aufgabenstellung deckt inhaltlich alle drei Anforderungsbereiche ab.

3. Materialgrundlage

- Breitmaier, E.; Jung, G.: Organische Chemie, Grundlagen, Stoffklassen, Reaktionen, Konzepte, Molekülstrukturen, 6. Auflage, Thieme Verlag, Stuttgart 2009, S. 154 ff., 429 f., 745
- Herbst, W.; Hunger, K.: Organic Pigments, Production, Properties, Applications, 3. Auflage, Verlag Wiley & Sons, Hoboken 2009, S. 514 f.

4. Bezüge zu den Vorgaben 2013

<p>1. <i>Inhaltliche Schwerpunkte</i> Theoriekonzept: Das aromatische System Themenfeld: Farbstoffe und Farbigkeit (Azofarbstoffe, Triphenylmethanfarbstoffe, Indigofarbstoffe)</p> <p>2. <i>Medien/Materialien</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • entfällt
--

5. Zugelassene Hilfsmittel

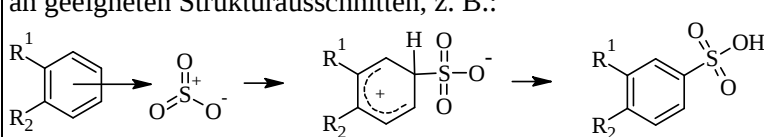
- Wissenschaftlicher Taschenrechner
- Periodensystem
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung

6. Vorgaben für die Bewertung der Schülerleistungen

Teilleistungen – Kriterien

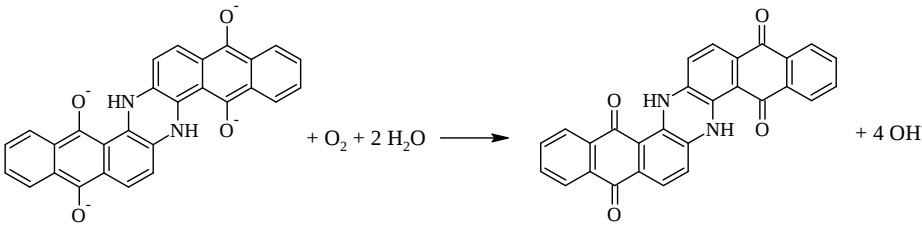
a) inhaltliche Leistung

Teilaufgabe 1

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	<p>erklärt die Synthese von 2-Aminoanthrachinon ausgehend von Anthrachinon unter Angabe der Reaktionstypen, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Im ersten Schritt wird ein Wasserstoff-Atom des Anthrachinon-Moleküls durch eine Sulfonsäuregruppe unter Bildung von Anthrachinon-2-sulfonsäure elektrophil substituiert. • Im weiteren Verlauf wird die Sulfonsäuregruppe durch eine Aminogruppe unter Bildung von Ammoniumsulfat zu 2-Aminoanthrachinon substituiert. 	6
2a	<p>erläutert die charakteristischen Reaktionsschritte der Sulfonierung von Anthrachinon an geeigneten Strukturausschnitten, z. B.:</p> 	4

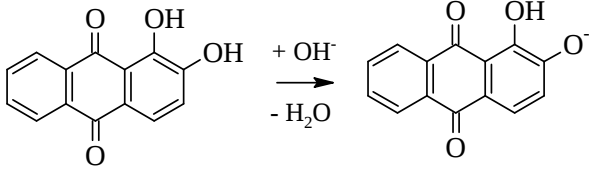
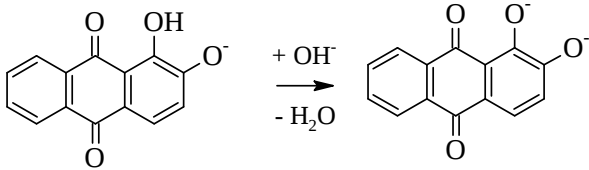
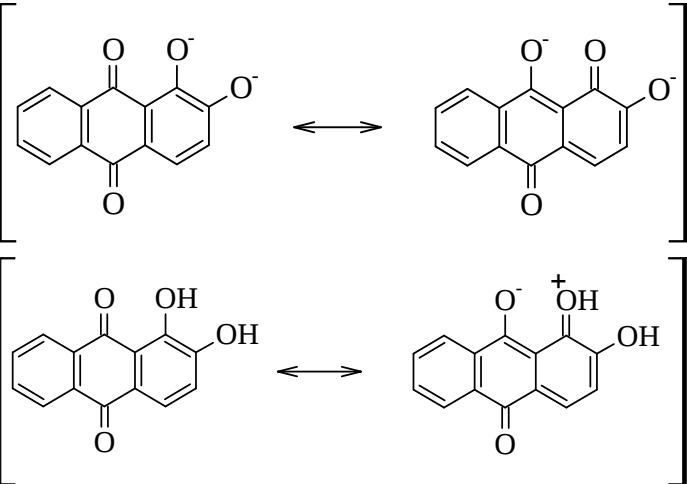
2b	<p>erläutert die charakteristischen Reaktionsschritte der Sulfonierung von Anthrachinons, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Das Schwefeltrioxid-Molekül tritt als elektrophiles Teilchen mit den π-Elektronen des aromatischen Systems in Wechselwirkung (π-Komplex). • Es folgt die Bildung eines mesomeriestabilisierten σ-Komplexes durch Addition des Schwefeltrioxids. • Abschließend erfolgt die Rearomatisierung durch Protonenabspaltung am Ring und Protonierung der Sulfonatgruppe zur Anthrachinon-2-sulfonsäure. 	6
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 2

	Anforderungen	Maximal erreichbare Punktzahl
Der Prüfling		
1	<p>begründet anhand von Oxidationszahlen, warum es sich bei der Reaktion von Indanthron zu Leuko-Indanthron um eine Reduktion handelt, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Oxidationszahlen der Carbonyl-Kohlenstoff-Atome im Indanthron: +II, • Oxidationszahlen der entsprechenden Kohlenstoff-Atome im Leuko-Indanthron: +I, • die Verringerung der Oxidationszahl bedeutet eine Reduktion. 	6
2	<p>erläutert die Löslichkeitsveränderung von Indanthron durch Reduktion und die damit verbundene Möglichkeit, Baumwolle zu färben, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Durch Reduktion des Indanthrons entsteht ein vierfach geladenes Anion (Leuko-Indanthron-Anion), das im polaren Lösungsmittel Wasser löslich ist. • In wässriger Lösung kann das Leuko-Indanthron-Anion in die Baumwollfaser einziehen. • Durch Reoxidation des Farbstoffs wird dieser wasserunlöslich und die Baumwollfaser waschecht eingefärbt. 	6
3	<p>entwickelt die Redoxgleichung für den Vorgang beim Trocknen an der Luft, z. B.:</p>  <p>The reaction shows the oxidation of the reduced form of Indanthron (Leuko-Indanthron) to the oxidized form (Indanthron) in the presence of oxygen and water, releasing hydroxide ions.</p>	4
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 3

	Anforderungen	Maximal erreichbare Punktzahl
Der Prüfling		
1a	<p>erklärt anhand der Absorptionsspektren von Alizarin den Zusammenhang zwischen Molekülstruktur und Farbigkeit, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die Farbe des absorbierten Lichts und der wahrgenommene Farbeindruck des Gegenstands sind komplementär. • Das Absorptionsmaximum von Alizarin bei pH = 5,0 liegt im blauen Spektralbereich (Wellenlängen von 430 nm bis 440 nm), die Alizarin-Lösung erscheint daher gelb. • Das Absorptionsmaximum von Alizarin bei pH = 12,5 liegt im gelbgrünen Bereich (Wellenlänge 570 nm bis 580 nm), die Alizarin-Lösung erscheint daher violett. 	6

1b	<p>erklärt anhand der Absorptionsspektren von Alizarin den Zusammenhang zwischen Molekülstruktur und Farbigkeit, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Im Alizarin-Molekül liegt ein ausgedehntes System delocalisierter Elektronen vor. • Die Hydroxygruppen mit +M-Effekt erweitern das System der delocalisierten Elektronen. • Die delocalisierten Elektronen können von sichtbarem Licht angeregt werden. 	4
2	<p>gibt Reaktionsschemata für die Reaktionen einer Alizarin-Lösung mit Natronlauge an, z. B.:</p> <p>1.</p>  <p>2.</p> 	4
3	<p>erklärt die Farbänderung der Alizarin-Lösung bei einer Erhöhung des pH-Wertes von pH = 5 auf pH = 12,5 anhand von zwei relevanten Grenzstrukturen, z. B.:</p>  <ul style="list-style-type: none"> • Die Grenzstrukturen des Alizarin-Anions sind energetisch gleichwertig, die des Alizarin-Moleküls aufgrund der Ladungstrennung nicht gleichwertig. • Dies bedeutet, dass die Elektronendelokalisation im Alizarin-Anion ausgeprägter als im Alizarin-Molekül ist. • Daher absorbiert das Alizarin-Anion im Vergleich zum Alizarin-Molekül energieärmeres langwelligeres Licht. 	6
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 4

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	<p>erläutert die zwischenmolekularen Wechselwirkungen zwischen Alizarin und Baumwolle, sowie zwischen Alizarinsaphirol B und Wolle, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Alizarin bildet mit den dargestellten Baumwollfasern Wasserstoffbrückenbindungen (hier die stärksten Wechselwirkungen) aus. • Zusätzlich treten schwächere Wechselwirkungen (Van-der-Waals-Kräfte) auf. • Die stärksten Wechselwirkungen zwischen Alizarinsaphirol B und Wolle sind ionische Bindungen zwischen den negativ geladenen Sulfonatgruppen des Farbstoffs und den positiv geladenen Ammoniumgruppen der Wollfaser. • Zusätzlich treten schwächere Wechselwirkungen (Wasserstoffbrückenbindungen, Dipol-Dipol-Wechselwirkungen, Van-der-Waals-Kräfte) auf. 	8
2	<p>beurteilt vergleichend die jeweiligen Färbereigenschaften, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Wasserstoffbrückenbindungen können beim Waschen gelöst werden, daher ist die Baumwollfärbung mit Alizarin nicht waschecht. • Ionenbindungen sind stärkere Wechselwirkungen als Wasserstoffbrückenbindungen. • Das Färben von Wolle mit Alizarinsaphirol B zeigt eine höhere Waschbeständigkeit als die Baumwollfärbung mit Alizarin. 	6
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

b) Darstellungsleistung

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	führt seine Gedanken schlüssig, stringent und klar aus.	5
2	<ul style="list-style-type: none"> • strukturiert seine Darstellung sachgerecht und übersichtlich, • verwendet eine differenzierte und präzise Sprache, • veranschaulicht seine Ausführungen durch geeignete Skizzen, Schemata etc., • gestaltet seine Arbeit formal ansprechend. 	4

7. Bewertungsbogen zur Prüfungsarbeit

Name des Prüflings: _____ Kursbezeichnung: _____

Schule: _____

Teilaufgabe 1

Anforderungen		Lösungsqualität			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl	EK ²	ZK	DK
1	erklärt die Synthese ...	6			
2a	erläutert die charakteristischen ...	4			
2b	erläutert die charakteristischen ...	6			
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
Summe 1. Teilaufgabe		16			

Teilaufgabe 2

Anforderungen		Lösungsqualität			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
1	begründet anhand von ...	6			
2	erläutert die Löslichkeitsveränderung ...	6			
3	entwickelt die Redoxgleichung ...	4			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
Summe 2. Teilaufgabe		16			

² EK = Erstkorrektur; ZK = Zweitkorrektur; DK = Drittkorrektur

Teilaufgabe 3

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1a	erklärt anhand der ...	6			
1b	erklärt anhand der ...	4			
2	gibt Reaktionsschemata für ...	4			
3	erklärt die Farbänderung ...	6			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe 3. Teilaufgabe	20			

Teilaufgabe 4

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	erläutert die zwischenmolekularen ...	8			
2	beurteilt vergleichend die ...	6			
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe 4. Teilaufgabe	14			
	Summe der 1., 2., 3. und 4. Teilaufgabe	66			

Darstellungsleistung

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
1	führt seine Gedanken ...	5			
2	strukturiert seine Darstellung ...	4			
	Summe Darstellungsleistung	9			

	Summe insgesamt (inhaltliche und Darstellungsleistung)	75			
--	---	-----------	--	--	--

Festlegung der Gesamtnote (Bitte nur bei der letzten bearbeiteten Aufgabe ausfüllen.)

	Lösungsqualität			
	maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
Übertrag der Punktzahl aus der ersten bearbeiteten Aufgabe	75			
Übertrag der Punktzahl aus der zweiten bearbeiteten Aufgabe	75			
Punktzahl der gesamten Prüfungsleistung	150			
aus der Punktzahl resultierende Note				
Note ggf. unter Absenkung um ein bis zwei Notenpunkte gemäß § 13 Abs. 2 APO-GOST				
Paraphe				

ggf. arithmetisches Mittel der Punktzahlen aus EK und ZK: _____

ggf. arithmetisches Mittel der Notenurteile aus EK und ZK: _____

Die Klausur wird abschließend mit der Note: _____ (____ Punkte) bewertet.

Unterschrift, Datum

Grundsätze für die Bewertung (Notenfindung)

Für die Zuordnung der Notenstufen zu den Punktzahlen ist folgende Tabelle zu verwenden:

Note	Punkte	Erreichte Punktzahl
sehr gut plus	15	150 – 143
sehr gut	14	142 – 135
sehr gut minus	13	134 – 128
gut plus	12	127 – 120
gut	11	119 – 113
gut minus	10	112 – 105
befriedigend plus	9	104 – 98
befriedigend	8	97 – 90
befriedigend minus	7	89 – 83
ausreichend plus	6	82 – 75
ausreichend	5	74 – 68
ausreichend minus	4	67 – 58
mangelhaft plus	3	57 – 49
mangelhaft	2	48 – 40
mangelhaft minus	1	39 – 30
ungenügend	0	29 – 0



Name: _____

Abiturprüfung 2013

Chemie, Leistungskurs

Aufgabenstellung:

Schellack – ein vielseitig verwendbarer Naturstoff

1. Erklären Sie unter Angabe der Strukturmerkmale der Monomere die Bildung von Oligoestern aus Aleuritinsäure und Schellolsäure. Geben Sie für die Synthese eines möglichen Oligoesters aus Aleuritinsäure und Schellolsäure eine Reaktionsgleichung und den Reaktionstyp an. (16 Punkte)
2. Erklären Sie die thermoplastische Verarbeitung von Schellack bei der Erzeugung von Tablettenüberzügen anhand der Molekülstruktur. Begründen Sie die Formbeständigkeit einer Kraftfahrzeuginnenverkleidung auf Schellackbasis z. B. bei Erwärmung des Innenraums im Sommer. (14 Punkte)
3. Erklären Sie die Löslichkeit von Schellack in Ethanol. Begründen Sie mithilfe einer Reaktionsgleichung die Löslichkeit von Schellack in alkalischen wässrigen Lösungen. Erläutern Sie, warum Medikamente mit einem Schellacküberzug im Magen nicht gelöst werden und die Wirkstoffe erst im Darm freigesetzt werden. (18 Punkte)
4. Stellen Sie eine Vermutung auf, wie die Vernetzung zwischen Schellack und Harnstoff ablaufen könnte. Geben Sie hierzu eine Reaktionsgleichung und einen vereinfachten beispielhaften Strukturausschnitt für ein duroplastisches Schellackprodukt an. Erläutern Sie die Materialfestigkeit von duroplastischen Faserverbundwerkstoffen auf Schellackbasis. (18 Punkte)

Zugelassene Hilfsmittel:

- Wissenschaftlicher Taschenrechner
- Periodensystem
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung

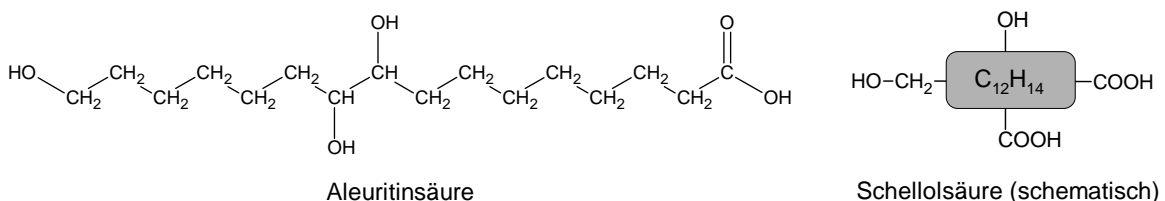


Name: _____

Fachspezifische Vorgaben:

Zum Beschichten von Tabletten und Verkapseln von pharmazeutischen Wirkstoffen werden Stoffe benötigt, die gesundheitlich unbedenklich sind und die sich einfach zu filmartigen Überzügen verarbeiten lassen. Es ist häufig von Bedeutung, dass der Arzneiwirkstoff erst im alkalischen Milieu des Darms freigesetzt wird. Der Wirkstoffüberzug muss daher magensaftresistent sein und darf sich in wässriger Phase nur unter alkalischen Bedingungen lösen. Beschichtungen aus Schellack erfüllen diese Anforderungen und werden daher in der pharmazeutischen Industrie verwendet.

Schellack wird aus speziellen Harzablagerungen auf Baumtrieben gewonnen. Die Harzkrusten werden von den Ästen abgeschlagen und verschiedenen Reinigungsstufen unterzogen. Das gereinigte Harz nennt man Schellack. Schellack besteht im Wesentlichen aus einem Gemisch sogenannter Oligoester, die während der Harzentstehung aus Aleuritinsäure und Schellolsäure unter statistischer Verteilung der verschiedenen Grundbausteine gebildet werden. Hierbei liegt Aleuritinsäure im Überschuss vor.



Die Oligoester des Schellacks sind wie Polyester aufgebaut, enthalten jedoch nur vier bis sechs Grundbausteine. Sie weisen noch Hydroxy- und Carboxygruppen auf, die das Löseverhalten von Schellack mitbestimmen. In alkalischer Lösung liegen die Oligoester des Schellacks als Ionen vor.

Tabletten können mit einer Schmelze von Schellack (Schmelzbereich 65 – 85 °C) überzogen werden. Nach dem Abkühlen besitzen die Tabletten einen festen Schellackschutzfilm. Auch aus einer Lösung von Schellack in Ethanol lassen sich feste Überzüge für Tabletten erzeugen. Hierfür wird diese Lösung dünn auf die Tabletten aufgetragen. Der entstandene Schellacküberzug wird anschließend getrocknet, hierbei entweicht das Lösemittel.

Aufgrund der gesundheitlichen Unbedenklichkeit, der Umweltverträglichkeit und der guten Materialeigenschaften (z. B. Festigkeit, gute Haftung auf polaren Oberflächen) wird Schellack nicht nur für pharmazeutische Produkte verwendet. Duroplastische Kunststoffe auf Schellackbasis eignen sich beispielsweise für die Fertigung von formbeständigen Innenverkleidungen von Fahrzeugtüren. Zur Herstellung einer solchen Kraftfahrzeuginnenverkleidung wird eine Lösung von Schellack in Ethanol mit Harnstoff versetzt. Harnstoff bewirkt während des Trocknungsprozesses eine Vernetzung der Oligoester. Mit der Schellack-Harnstoff-Lösung wird ein Naturfaservlies getränkt, das z. B. aus Flachsfasern besteht. Nach dem Formgebungs- und Trocknungsprozess sind die Flachsfasern in ein Gerüst aus einem duroplastischen



Name: _____

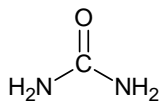
Werkstoff eingebettet, man spricht von einem Faserverbundwerkstoff auf Schellackbasis. Die Fasern sind über zwischenmolekulare Kräfte mit dem Kunststoffgerüst verbunden und erhöhen die Materialfestigkeit.

Zusatzinformationen:

Magensaft: wässrige Lösung mit einem pH-Wert zwischen 1 und 2

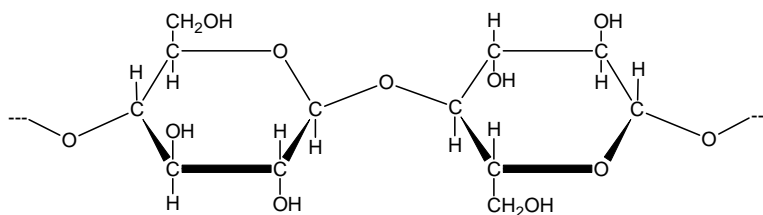
pK_S -Werte verschiedener Brönsted-Säuren bei 22 °C:

Brönsted-Säure	H_3O^+	$H_3C-CH_2-OH_2^+$	$H_3C-\underset{\substack{ \\ OH_2^+}}{CH}-CH_3$
pK_S -Wert	- 1,7	- 2,4	- 3,2



Harnstoff

Flachfasern sind aus Cellulose-Makromolekülen aufgebaut, die untereinander starke zwischenmolekulare Kräfte ausbilden:



Ausschnitt aus einem Cellulose-Molekül

Unterlagen für die Lehrkraft

Abiturprüfung 2013

Chemie, Leistungskurs

1. Aufgabenart

Bearbeitung einer Aufgabe, die auf fachspezifischen Vorgaben basiert

2. Aufgabenstellung¹

Schellack – ein vielseitig verwendbarer Naturstoff

1. Erklären Sie unter Angabe der Strukturmerkmale der Monomere die Bildung von Oligoestern aus Aleuritinsäure und Schellolsäure. Geben Sie für die Synthese eines möglichen Oligoesters aus Aleuritinsäure und Schellolsäure eine Reaktionsgleichung und den Reaktionstyp an. *(16 Punkte)*
2. Erklären Sie die thermoplastische Verarbeitung von Schellack bei der Erzeugung von Tablettenüberzügen anhand der Molekülstruktur. Begründen Sie die Formbeständigkeit einer Kraftfahrzeuginnenverkleidung auf Schellackbasis z. B. bei Erwärmung des Innenraums im Sommer. *(14 Punkte)*
3. Erklären Sie die Löslichkeit von Schellack in Ethanol. Begründen Sie mithilfe einer Reaktionsgleichung die Löslichkeit von Schellack in alkalischen wässrigen Lösungen. Erläutern Sie, warum Medikamente mit einem Schellacküberzug im Magen nicht gelöst werden und die Wirkstoffe erst im Darm freigesetzt werden. *(18 Punkte)*
4. Stellen Sie eine Vermutung auf, wie die Vernetzung zwischen Schellack und Harnstoff ablaufen könnte. Geben Sie hierzu eine Reaktionsgleichung und einen vereinfachten beispielhaften Strukturausschnitt für ein duroplastisches Schellackprodukt an. Erläutern Sie die Materialfestigkeit von duroplastischen Faserverbundwerkstoffen auf Schellackbasis. *(18 Punkte)*

¹ Die Aufgabenstellung deckt inhaltlich alle drei Anforderungsbereiche ab.

3. Materialgrundlage

- Fonds der chemischen Industrie u. Deutsches Lackinstitut (Hrsg.): Lacke und Farben (Informationsserie des Fonds der chemischen Industrie, Textheft 28), Erstauflage, Druck- und Verlagshaus Zarbock, Frankfurt a. M. 2003, S. 12, 13, 15, 42
- <http://www.patent-de.com/19980528/DE19647671A1.html> (Zugriff 05.04.2012)
- http://www.diss.fu-berlin.de/diss/servlets/MCRFileNodeServlet/FUDISS_derivate_00000002345/02_kap2.pdf;jsessionid=01038B3CE820E1BBE01B38C3E0EDB7A4?hosts (Zugriff 05.04.2012)
- http://bwp-schriften.univera.de/Band4_10/foerster_Band4_10.pdf (Zugriff 05.04.2012)
- http://www.olionatura.de/_rohstoffe/index.php?id=67 (Zugriff 10.04.2012)

4. Bezüge zu den Vorgaben 2013

<p>1. <i>Inhaltliche Schwerpunkte</i> Theoriekonzept: Makromoleküle Themenfeld: Natürliche und synthetische Werkstoffe (Polymerisate durch radikalische Polymerisation; Polyester; Polyamide; Proteine; Polyurethane)</p> <p>2. <i>Medien/Materialien</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • entfällt
--

5. Zugelassene Hilfsmittel

- Wissenschaftlicher Taschenrechner
- Periodensystem
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung

6. Vorgaben für die Bewertung der Schülerleistungen

Teilleistungen – Kriterien

a) inhaltliche Leistung

Teilaufgabe 1

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	erklärt unter Angabe der Strukturmerkmale der Monomere die Bildung von Oligoestern aus Aleuritinsäure und Schellolsäure, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Aleuritinsäure-Moleküle besitzen jeweils drei Hydroxygruppen und eine Carboxygruppe, Schellolsäure-Moleküle jeweils zwei Hydroxy- und zwei Carboxygruppen. • Durch Reaktion einer Hydroxygruppe mit einer Carboxygruppe bildet sich eine Estergruppe. • Da beide Monomere polyfunktionell sind, können sie zu Oligoestern bzw. Polyestern reagieren. Hierbei sind sowohl Veresterungen zwischen gleichen Molekülen als auch zwischen unterschiedlichen Molekülen möglich. 	6

2a	<p>gibt für die Synthese eines möglichen Oligoesters aus Aleuritinsäure und Schellolsäure eine Reaktionsgleichung an, z. B.:</p> $4 \text{ HO} \left[\text{CH}_2 \right]_6 \text{C} \begin{matrix} \text{H} \\ \\ \text{OH} \end{matrix} \text{C} \begin{matrix} \text{OH} \\ \\ \text{H} \end{matrix} \left[\text{CH}_2 \right]_7 \text{C} \begin{matrix} \text{O} \\ \\ \text{OH} \end{matrix} + \text{HO-CH}_2 \text{-} \boxed{\text{C}_{12}\text{H}_{14}} \begin{matrix} \text{OH} \\ \\ \text{COOH} \end{matrix} \text{C} \begin{matrix} \text{O} \\ \\ \text{OH} \end{matrix}$ <p style="text-align: center;">↓ - 4 H₂O</p> $\text{H} \left[\text{O} \left[\text{CH}_2 \right]_6 \text{C} \begin{matrix} \text{H} \\ \\ \text{OH} \end{matrix} \text{C} \begin{matrix} \text{OH} \\ \\ \text{H} \end{matrix} \left[\text{CH}_2 \right]_7 \text{C} \begin{matrix} \text{O} \\ \\ \text{O} \end{matrix} \right]_3 \text{O-CH}_2 \text{-} \boxed{\text{C}_{12}\text{H}_{14}} \begin{matrix} \text{OH} \\ \\ \text{COOH} \end{matrix} \text{C} \begin{matrix} \text{O} \\ \\ \text{O} \end{matrix} \text{O} \left[\text{CH}_2 \right]_6 \text{C} \begin{matrix} \text{H} \\ \\ \text{OH} \end{matrix} \text{C} \begin{matrix} \text{OH} \\ \\ \text{H} \end{matrix} \left[\text{CH}_2 \right]_7 \text{C} \begin{matrix} \text{O} \\ \\ \text{OH} \end{matrix}$ <p><i>(Hinweis: Es wird erwartet, dass beide Monomere sowie die Koeffizienten in der Reaktionsgleichung berücksichtigt werden. Alternative Reaktionsgleichungen sind möglich.)</i></p>	8
2b	<p>gibt für die Synthese eines möglichen Oligoesters aus Aleuritinsäure und Schellolsäure den Reaktionstyp an, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kondensation (bzw. Polykondensation). 	2
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 2

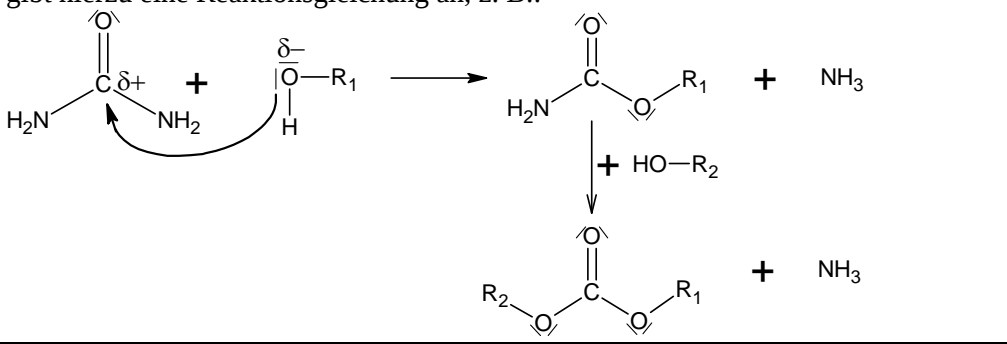
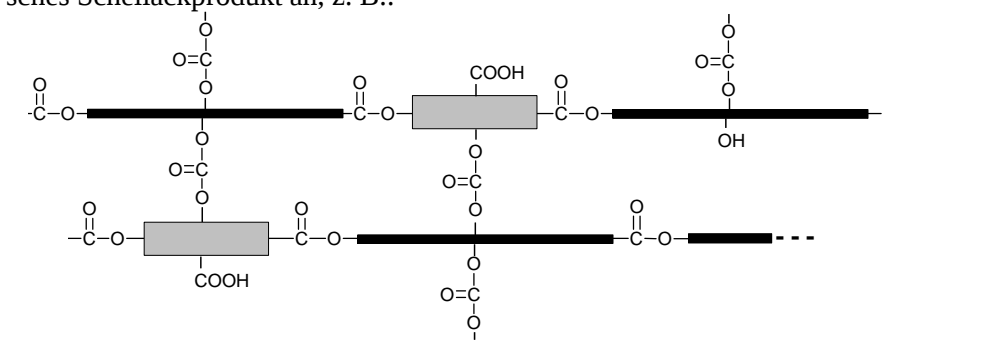
	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	<p>erklärt die thermoplastische Verarbeitung von Schellack bei der Erzeugung von Tablettenüberzügen anhand der Molekülstruktur, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Da die Oligoester eine geringe Anzahl an Grundbausteinen aufweisen, haben sie eine relativ kleine molare Masse (im Vergleich zu makromolekularen Verbindungen). Daher haben sie einen niedrigen Schmelzbereich und eine thermoplastische Verarbeitung ist möglich. • Durch Erwärmung von Schellack werden zwischenmolekulare Wechselwirkungen aufgehoben. Der Stoff wird weicher. • Wenn die Moleküle gegeneinander beweglich sind, wird Schellack plastisch verformbar und kann in diesem Zustand auf die Tabletten aufgetragen werden. • Während des nachfolgenden Abkühlprozesses werden erneut zwischenmolekulare Wechselwirkungen, auch zu Partikeln der Tablette, aufgebaut. Hierdurch wird ein fester und gut haftender Schutzfilm auf der Tablette gebildet. <p><i>(Hinweis: Alternative Argumentationen, z. B. unter Berücksichtigung der Bildung von verzweigten bzw. vernetzten Polyestern, sind möglich.)</i></p>	8
2	<p>begründet die Formbeständigkeit der Kraftfahrzeuginnenverkleidung auf Schellackbasis z. B. bei Erwärmung des Innenraums im Sommer, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die Kraftfahrzeuginnenverkleidung besteht aus einem duroplastischen Kunststoff mit eingeschlossenen Fasern. Die Makromoleküle in dem Kunststoffgerüst sind engmaschig vernetzt. • Die Vernetzung wird durch Temperaturen, die durch Sonneneinstrahlung im Sommer auftreten können, nicht aufgehoben. • Der Faserverbundwerkstoff ist daher bei Erwärmung im Sommer nicht plastisch verformbar, sodass die Kraftfahrzeuginnenverkleidung formbeständig bleibt. 	6
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 3

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	<p>erklärt die Löslichkeit von Schellack in Ethanol. (Hinweis: Es wird erwartet, dass der Prüfling in seiner Erklärung auf allgemeine Regeln zur Löslichkeit von makromolekularen Stoffen (unvernetzte Makromoleküle), auf die polaren Hydroxy- bzw. Carboxygruppen der Oligoester des Schellacks, auf die unpolaren Kohlenwasserstoffgruppen der Oligoester des Schellacks, auf die Polarität von Ethanol und auf zwischenmolekulare Kräfte (Wasserstoffbrückenbindungen, Van-der-Waals-Kräfte) eingeht.)</p>	6
2	<p>begründet mithilfe einer Reaktionsgleichung die Löslichkeit von Schellack in alkalischen wässrigen Lösungen, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> Die Oligoester des Schellacks weisen polare Hydroxy- und Carboxygruppen auf. In alkalischer wässriger Lösung protolysieren Carboxygruppen: $\text{R}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{OH} + \text{HO}^- \rightleftharpoons \text{R}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{O}^- + \text{H}_2\text{O}$ <ul style="list-style-type: none"> Aufgrund dieser Reaktion entstehen in alkalischer Lösung Oligoester-Anionen. Zudem bilden sich durch Esterverseifung ebenfalls Anionen von Aleuritinsäure und von Schellolsäure. Hierdurch wird die Polarität der Oligoester und der Monomere erhöht, sodass Schellack in alkalischer Lösung löslich ist. 	6
3	<p>erläutert, warum Medikamente mit einem Schellacküberzug im Magen nicht gelöst werden und die Wirkstoffe erst im Darm freigesetzt werden, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> Im sauren Magensaft liegen die Protolyse-Gleichgewichte der vorhandenen Carbonsäuren auf der Seite der ungeladenen Carboxygruppen. Aufgrund der unpolaren Kohlenwasserstoffgruppen reicht die Polarität der in saurer Lösung ungeladenen Oligoester-Moleküle für eine Löslichkeit im polaren Lösemittel Wasser nicht aus. Hieraus folgt, dass im Magensaft kein Lösen des Schellacküberzugs stattfindet. Erst im alkalischen Milieu des Darms kann, wie oben begründet, der Schellacküberzug gelöst und der Arzneiwirkstoff freigesetzt werden. (Hinweis: Alternative Argumentationen sind möglich.) 	6
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 4

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	<p>stellt eine Vermutung auf, wie die Vernetzung zwischen Schellack und Harnstoff ablaufen könnte, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> Die Schellack-Moleküle enthalten Hydroxygruppen, die mit Harnstoff reagieren können. Harnstoff kann vom Sauerstoff-Atom einer Hydroxygruppe nucleophil am Kohlenstoff-Atom angegriffen werden. Bei der Reaktion wird Ammoniak freigesetzt. (Hinweis: Es handelt sich um eine offene Aufgabenstellung. Die Entwicklung der Reaktionsmöglichkeit soll auf der Grundlage der im Unterricht behandelten Reaktionstypen erfolgen. Alternative Reaktionen sind möglich.) 	4

2a	<p>gibt hierzu eine Reaktionsgleichung an, z. B.:</p> 	4
2b	<p>gibt hierzu einen vereinfachten beispielhaften Strukturausschnitt für ein duroplastisches Schellackprodukt an, z. B.:</p> 	6
3	<p>erläutert die Materialfestigkeit von duroplastischen Faserverbundwerkstoffen auf Schellackbasis. (Hinweis: Es wird erwartet, dass der Prüfling in seiner Erläuterung die Materialfestigkeit auf das makromolekulare Netzwerk und auf die Ausbildung von Wasserstoffbrückenbindungen zurückführt.)</p>	4
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

b) Darstellungsleistung

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
Der Prüfling		
1	führt seine Gedanken schlüssig, stringent und klar aus.	5
2	<ul style="list-style-type: none"> • strukturiert seine Darstellung sachgerecht und übersichtlich, • verwendet eine differenzierte und präzise Sprache, • veranschaulicht seine Ausführungen durch geeignete Skizzen, Schemata etc., • gestaltet seine Arbeit formal ansprechend. 	4

7. Bewertungsbogen zur Prüfungsarbeit

Name des Prüflings: _____ Kursbezeichnung: _____

Schule: _____

Teilaufgabe 1

Anforderungen		Lösungsqualität			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl	EK ²	ZK	DK
1	erklärt unter Angabe ...	6			
2a	gibt für die ...	8			
2b	gibt für die ...	2			
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
Summe 1. Teilaufgabe		16			

Teilaufgabe 2

Anforderungen		Lösungsqualität			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
1	erklärt die thermoplastische ...	8			
2	begründet die Formbeständigkeit ...	6			
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
Summe 2. Teilaufgabe		14			

² EK = Erstkorrektur; ZK = Zweitkorrektur; DK = Drittkorrektur

Teilaufgabe 3

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	erklärt die Löslichkeit ...	6			
2	begründet mithilfe einer ...	6			
3	erläutert, warum Medikamente ...	6			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe 3. Teilaufgabe	18			

Teilaufgabe 4

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	stellt eine Vermutung ...	4			
2a	gibt hierzu eine ...	4			
2b	gibt hierzu einen ...	6			
3	erläutert die Materialfestigkeit ...	4			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe 4. Teilaufgabe	18			
	Summe der 1., 2., 3. und 4. Teilaufgabe	66			

Darstellungsleistung

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
1	führt seine Gedanken ...	5			
2	strukturiert seine Darstellung ...	4			
	Summe Darstellungsleistung	9			

	Summe insgesamt (inhaltliche und Darstellungsleistung)	75			
--	---	-----------	--	--	--

Festlegung der Gesamtnote (Bitte nur bei der letzten bearbeiteten Aufgabe ausfüllen.)

	Lösungsqualität			
	maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
Übertrag der Punktzahl aus der ersten bearbeiteten Aufgabe	75			
Übertrag der Punktzahl aus der zweiten bearbeiteten Aufgabe	75			
Punktzahl der gesamten Prüfungsleistung	150			
aus der Punktzahl resultierende Note				
Note ggf. unter Absenkung um ein bis zwei Notenpunkte gemäß § 13 Abs. 2 APO-GOST				
Paraphe				

ggf. arithmetisches Mittel der Punktzahlen aus EK und ZK: _____

ggf. arithmetisches Mittel der Notenurteile aus EK und ZK: _____

Die Klausur wird abschließend mit der Note: _____ (____ Punkte) bewertet.

Unterschrift, Datum

Grundsätze für die Bewertung (Notenfindung)

Für die Zuordnung der Notenstufen zu den Punktzahlen ist folgende Tabelle zu verwenden:

Note	Punkte	Erreichte Punktzahl
sehr gut plus	15	150 – 143
sehr gut	14	142 – 135
sehr gut minus	13	134 – 128
gut plus	12	127 – 120
gut	11	119 – 113
gut minus	10	112 – 105
befriedigend plus	9	104 – 98
befriedigend	8	97 – 90
befriedigend minus	7	89 – 83
ausreichend plus	6	82 – 75
ausreichend	5	74 – 68
ausreichend minus	4	67 – 58
mangelhaft plus	3	57 – 49
mangelhaft	2	48 – 40
mangelhaft minus	1	39 – 30
ungenügend	0	29 – 0