



Name: _____

Abiturprüfung 2014

Chemie, Leistungskurs

Aufgabenstellung:

Kupferoxid-Zink-Batterien

1. Skizzieren Sie eine beschriftete galvanische Zelle, die einer historischen Kupferoxid-Zink-Batterie entspricht. Stellen Sie die Elektrodenreaktionen und die Gesamtreaktion für das Entladen dieser Batterie auf. Berechnen Sie die Spannung einer historischen Kupferoxid-Zink-Batterie unter Standardbedingungen. *(18 Punkte)*
2. Erläutern Sie, warum in einer verbrauchten Kupferoxid-Zink-Batterie nur noch ein Rest der Zinkplatte vorhanden ist. Erklären Sie, warum bei der beschriebenen Prüfung einer Kupferoxidplatte auf deren Verwendbarkeit geschlossen werden kann. Berechnen Sie die Masse an Zink, die für die historische Kupferoxid-Zink-Batterie mit einer Kapazität von $C = 40 \text{ Ah}$ benötigt wird. *(16 Punkte)*
3. Vergleichen Sie den Einsatz von Kupfer(I)-oxid und Kupfer(II)-oxid in einer Kupferoxid-Zink-Batterie. Prüfen Sie, ob eine moderne Kupferoxid-Zink-Batterie wieder aufgeladen werden kann. *(16 Punkte)*
4. Erläutern Sie die Beobachtungen bei den beschriebenen Modellexperimenten zu einem Volta-Element. *(16 Punkte)*

Zugelassene Hilfsmittel:

- Wissenschaftlicher Taschenrechner (ohne oder mit Grafikfähigkeit)
- Periodensystem
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung



Name: _____

Fachspezifische Vorgaben:

Kupferoxid-Zink-Batterien wurden vor etwa hundert Jahren als leistungsstarke Batterien für verschiedene Bereiche eingesetzt. Für den Bau dieser Batterien wurden Platten aus Zink und aus gepresstem, porösem Kupfer(II)-oxid verwendet. Das Kupferoxid wurde in einem speziellen Prozess für elektrischen Strom leitfähig gemacht. Als Elektrolyt diente Kaliumhydroxid-Lösung ($\text{pH} = 14$), in die die Platten vollständig eingetaucht waren.

Eine Batterie für den Betrieb von Telefonanlagen wies eine Kapazität von $C = 40 \text{ Ah}$ auf. Der Hersteller gab die folgenden Hinweise zu seinen Kupferoxid-Zink-Batterien:

- Die Zinkplatte kann nur einmal verwendet werden. Wenn die Batterie verbraucht ist, bleibt nur ein Rest der Zinkplatte übrig.
- Um zu prüfen, ob die Kupferoxidplatte verbraucht ist, kann man mit einem scharfen Messer in den Plattenkörper stechen. Wenn ihr Inneres durch und durch rötlich gefärbt ist, ist die Platte verbraucht und muss ausgetauscht werden. Sie kann weiterverwendet werden, wenn noch ein schwarzer Kern vorhanden ist.
- Eine weitgehend verbrauchte Kupferoxidplatte sollte nicht mehr zum Bau einer neuen Batterie verwendet werden, da sich dann beim Betrieb der Batterie an der Oberfläche der Kupferoxidplatte gasförmiger Wasserstoff bilden kann und die Spannung der Batterie kleiner ist.

Heute wird in Kupferoxid-Zink-Batterien für die Herstellung der Kupferoxid-Elektrode aus Kostengründen neben schwarzem Kupfer(II)-oxid auch rotes Kupfer(I)-oxid eingesetzt, als Elektrolyt dient eine alkalische Lösung mit dem pH -Wert von $\text{pH} \approx 14$.

Den Elektroden werden spezielle Substanzen zugefügt, die die Gasentwicklung behindern. Dies gewährleistet auch, dass beim versehentlichen Einsetzen einer modernen Kupferoxid-Zink-Batterie in ein Ladegerät mit einer Ladespannung von $U = 1,3 \text{ V}$ keine Gasentwicklung auftritt.

Die Metalle Kupfer und Zink können auch zur Konstruktion weiterer Batterien eingesetzt werden: Als eine der ersten Batterien wurde die sogenannte Volta-Säule entwickelt. Sie war aus mehreren gestapelten Volta-Elementen zusammengesetzt. Die Volta-Elemente bestanden aus je einem Kupfer- und einem Zinkblech, zwischen denen sich ein mit verdünnter Schwefelsäure getränktes Textilstück befand. Die Volta-Säule hatte kein Gehäuse, sodass die Bleche in Kontakt mit Luft standen.

Experimente:

In Modellexperimenten wurden die Vorgänge in einem Volta-Element untersucht. Für den Bau wurden ein Kupfer- und ein Zinkblech verwendet, deren Oberflächen dünne Oxidschichten aufwiesen. Als Elektrolyt diente Schwefelsäure der Konzentration $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,5 \text{ mol/L}$, in die die Bleche eintauchten.



Name: _____

Bei den Modellexperimenten ergaben sich die folgenden Beobachtungen:

- Nach einiger Zeit war das Kupferblech frei von Oxiden. Die Elektrolyt-Lösung färbte sich zunächst blau. Während des Betriebs als Stromquelle wurde die Lösung wieder farblos.
- Nach dem Verschwinden der blauen Färbung bildeten sich an der Oberfläche des Kupferblechs Gasbläschen. Mit Einsetzen der Gasentwicklung sank die Spannung des Elements deutlich.
- Bei längerem Einsatz des Elements als Stromquelle stieg der pH-Wert der Elektrolyt-Lösung etwas an. Während die Masse des Zinkblechs am Ende des Versuchs deutlich abgenommen hatte, nahm die Masse des Kupferblechs nur geringfügig ab.

Zusatzinformationen:

Kupferoxide sind in Schwefelsäure gut, in alkalischer Lösung wenig löslich. Viele Kupfer-salze bilden blau gefärbte Lösungen.

Zinksalze sind sowohl in saurer als auch in alkalischer Lösung gut löslich. In alkalischer Lösung liegen $[\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}$ -Ionen vor.

Die Kapazität einer Batterie entspricht der in ihr gespeicherten elektrischen Ladung.

Molare Masse von Zink: $M(\text{Zn}) = 65,38 \text{ g/mol}$

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

Elektrochemische Spannungsreihe

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

1.	$\text{Zn}, 4 \text{ OH}^- / [\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}$ (bei pH = 14)	-1,20
2.	$\text{H}_2, 2 \text{ OH}^- / 2 \text{ H}_2\text{O}$ (bei pH = 14)	-0,83
3.	$\text{Zn} / \text{Zn}^{2+}$	-0,76
4.	$2 \text{ Cu}, 2 \text{ OH}^- / \text{Cu}_2\text{O}, \text{H}_2\text{O}$ (bei pH = 14)	-0,36
5.	$\text{Cu}, 2 \text{ OH}^- / \text{CuO}, \text{H}_2\text{O}$ (bei pH = 14)	-0,27
6.	$\text{H}_2, 2 \text{ H}_2\text{O} / 2 \text{ H}_3\text{O}^+$	0,00
7.	$\text{Cu} / \text{Cu}^{2+}$	0,35

Unterlagen für die Lehrkraft

Abiturprüfung 2014

Chemie, Leistungskurs

1. Aufgabenart

Bearbeitung einer Aufgabe, die auf fachspezifischen Vorgaben basiert

2. Aufgabenstellung¹

Kupferoxid-Zink-Batterien

1. Skizzieren Sie eine beschriftete galvanische Zelle, die einer historischen Kupferoxid-Zink-Batterie entspricht. Stellen Sie die Elektrodenreaktionen und die Gesamtreaktion für das Entladen dieser Batterie auf. Berechnen Sie die Spannung einer historischen Kupferoxid-Zink-Batterie unter Standardbedingungen. (18 Punkte)
2. Erläutern Sie, warum in einer verbrauchten Kupferoxid-Zink-Batterie nur noch ein Rest der Zinkplatte vorhanden ist. Erklären Sie, warum bei der beschriebenen Prüfung einer Kupferoxidplatte auf deren Verwendbarkeit geschlossen werden kann. Berechnen Sie die Masse an Zink, die für die historische Kupferoxid-Zink-Batterie mit einer Kapazität von $C = 40 \text{ Ah}$ benötigt wird. (16 Punkte)
3. Vergleichen Sie den Einsatz von Kupfer(I)-oxid und Kupfer(II)-oxid in einer Kupferoxid-Zink-Batterie. Prüfen Sie, ob eine moderne Kupferoxid-Zink-Batterie wieder aufgeladen werden kann. (16 Punkte)
4. Erläutern Sie die Beobachtungen bei den beschriebenen Modellexperimenten zu einem Volta-Element. (16 Punkte)

3. Materialgrundlage

- <http://ia700704.us.archive.org/11/items/catalogueofedis1910edis/catalogueofedis1910edis.pdf> (Zugriff 04.04.2013)
- www.zum.de/Faecher/Gk/RP/12113a_Das_Volta-Element.doc (Zugriff 03.04.2013)
- http://www.uni-due.de/ibpm/Scripte/Studenten_Elektrochemie.pdf (Zugriff 05.03.2013)
- <http://www.freepatentsonline.com/20060172194.pdf> (Zugriff 23.12.2012)

¹ Die Aufgabenstellung deckt inhaltlich alle drei Anforderungsbereiche ab.

4. Bezüge zu den Vorgaben 2014

<p>1. <i>Inhaltliche Schwerpunkte</i></p> <p>Themenfeld: Gewinnung, Speicherung und Nutzung elektrischer Energie in der Chemie</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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 am Beispiel folgender Systeme <ul style="list-style-type: none"> – Metall/Metallion – Wasserstoff/Oxoniumion – Hydroxidion/Sauerstoff <p>2. <i>Medien/Materialien</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • entfällt
--

5. Zugelassene Hilfsmittel

- Wissenschaftlicher Taschenrechner (ohne oder mit Grafikfähigkeit)
- 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	skizziert eine beschriftete galvanische Zelle, die einer historischen Kupferoxid-Zink-Batterie entspricht, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • „Kupferoxid-Elektrode“: Kupfer(II)-oxid, Pluspol, • Zink-Elektrode, Minuspol, • Kaliumhydroxid-Lösung als Elektrolyt, • Spannungsmessgerät. 	8
2	stellt die Elektrodenreaktionen und die Gesamtreaktion für das Entladen dieser Batterie auf, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Minuspol: $\text{Zn} + 4 \text{OH}^- \rightarrow [\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-} + 2 \text{e}^-$ • Pluspol: $\text{CuO} + \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Cu} + 2 \text{OH}^-$ • Gesamtreaktion: $\text{Zn} + \text{CuO} + \text{H}_2\text{O} + 2 \text{OH}^- \rightarrow \text{Cu} + [\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}$ 	6
3	berechnet die Spannung einer historischen Kupferoxid-Zink-Batterie unter Standardbedingungen: <ul style="list-style-type: none"> • $U(\text{Kupferoxid-Zink-Batterie}) = U(\text{Cu/CuO}) - U(\text{Zn}/[\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-})$ • $U(\text{Kupferoxid-Zink-Batterie}) = -0,27 \text{ V} - (-1,20 \text{ V}) = 0,93 \text{ V}$ 	4
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 2

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	<p>erläutert, warum in einer verbrauchten Kupferoxid-Zink-Batterie nur noch ein Rest der Zinkplatte vorhanden ist, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Beim Entladen der Batterie wird Zink oxidiert. • Die gebildeten Zink-Ionen werden im Elektrolyten gelöst. 	6
2	<p>erklärt, warum bei der beschriebenen Prüfung einer Kupferoxidplatte auf deren Verwendbarkeit geschlossen werden kann, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die rötliche Färbung wird von Kupfer oder von Kupfer(I)-oxid hervorgerufen, das am Pluspol gebildet wird. • Nur wenn noch schwarzes Kupfer(II)-oxid vorhanden ist, kann die Platte nach Angabe des Herstellers weiterverwendet werden. 	4
3	<p>berechnet die Masse an Zink, die für die historische Kupferoxid-Zink-Batterie mit einer Kapazität von $C = 40 \text{ Ah}$ benötigt wird, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • $I \cdot t = z \cdot F \cdot n, m = n \cdot M$ • $z = 2, C = 40 \cdot 3600 \text{ As}, M(\text{Zn}) = 65,38 \text{ g/mol}$ • $m = 48,79 \text{ g}$ 	6
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 3

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	<p>vergleicht den Einsatz von Kupfer(I)-oxid und Kupfer(II)-oxid in einer Kupferoxid-Zink-Batterie, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • $U(\text{Cu}/\text{CuO}) > U(\text{Cu}/\text{Cu}_2\text{O}) > U(\text{Zn}/\text{Zn}^{2+})$. • Mit Kupfer(II)-oxid ergibt sich eine größere Batteriespannung als mit Kupfer(I)-oxid. • Beide Kupferoxide sind in alkalischer Lösung wenig löslich und können daher als Plattenmaterial eingesetzt werden. • Kupfer(I)-oxid könnte zwar in der Kupferoxidplatte einer Kupferoxid-Zink-Batterie verwendet werden, aber Kupfer(II)-oxid ist als Elektrodenmaterial wegen der höheren Zellspannung vorzuziehen. <p><i>(Hinweis: Auch ein Vergleich der unterschiedlichen Kapazitäten bei Verwendung von Kupfer(II)-oxid und Kupfer(I)-oxid wird als Lösung akzeptiert.)</i></p>	8
2	<p>prüft, ob eine moderne Kupferoxid-Zink-Batterie wieder aufgeladen werden kann, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Beim Laden einer Kupferoxid-Zink-Batterie müssen Zink-Ionen reduziert werden und Kupfer zu einem Kupferoxid oxidiert werden. • Für den Ladevorgang wird eine Spannung von mindestens $U = U(\text{Cu}/\text{Cu}_2\text{O}) - U(\text{Zn}, 4 \text{ OH}^- / [\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}) = -0,36 \text{ V} - (-1,20 \text{ V}) = 0,84 \text{ V}$ benötigt. • Die Elektrolyse von Wasser muss vermieden werden, was bis zu einer Spannung von $U = 1,3 \text{ V}$ gewährleistet ist. • Daher kann eine moderne Kupferoxid-Zink-Batterie wieder aufgeladen werden. 	8
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 4

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1a	<p>erläutert die Beobachtungen bei den beschriebenen Modellexperimenten zu einem Volta-Element, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> Die blaue Färbung der Lösung beruht auf der Bildung von Kupfer(II)-Ionen, die bei der Reaktion von Kupfer(II)-oxid mit Säure in Lösung gehen. Die blaue Färbung verschwindet im Betrieb, da Kupfer(II)-Ionen reduziert werden. 	4
1b	<p>erläutert die Beobachtungen bei den beschriebenen Modellexperimenten zu einem Volta-Element, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> Sobald keine Kupfer-Ionen mehr gelöst sind, entsteht Wasserstoff. Daher bilden sich an der Oberfläche des Kupferblechs Gasbläschen. Bei $\text{pH} = 0$ gilt: $U(\text{Cu}/\text{Cu}^{2+}) > U(\text{H}_2/2 \text{H}^+)$. Daher sinkt die Spannung nach Einsetzen der Gasentwicklung deutlich. 	6
1c	<p>erläutert die Beobachtungen bei den beschriebenen Modellexperimenten zu einem Volta-Element, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> Der pH-Wert steigt etwas an, weil Wasserstoff-Ionen am Pluspol reduziert werden. Die Masse des Zinkblechs nimmt ab, weil Zink oxidiert wird und Zink-Ionen in Lösung gehen. Die Masse des Kupferblechs nimmt geringfügig ab, weil Kupfer(II)-oxid unter Bildung von Kupfer und Wasser reduziert wird. 	6
2	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	skizziert eine beschriftete ...	8			
2	stellt die Elektrodenreaktionen ...	6			
3	berechnet die Spannung ...	4			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe 1. Teilaufgabe	18			

Teilaufgabe 2

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	erläutert, warum in ...	6			
2	erklärt, warum bei ...	4			
3	berechnet die Masse ...	6			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe 2. Teilaufgabe	16			

Teilaufgabe 3

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	vergleicht den Einsatz ...	8			
2	prüft, ob eine ...	8			
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe 3. Teilaufgabe	16			

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

Teilaufgabe 4

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1a	erläutert die Beobachtungen ...	4			
1b	erläutert die Beobachtungen ...	6			
1c	erläutert die Beobachtungen ...	6			
2	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe 4. Teilaufgabe	16			
	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 Punktsommen 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 2014

Chemie, Leistungskurs

Aufgabenstellung:

Oxalsäure in Rhabarber

1. Geben Sie die Funktionen der einzelnen Schritte des experimentellen Vorgehens zur Bestimmung des Massenanteils an Oxalsäure in einer Rhabarberprobe an. Stellen Sie jeweils eine Reaktionsgleichung für die Fällung (Schritt 3) und die Auflösung (Schritt 4) von Calciumoxalat auf. Erklären Sie den Farbwechsel am Endpunkt der Titration.
(14 Punkte)
2. Erläutern Sie mithilfe von Oxidationszahlen, warum es sich bei der Reaktion von Permanganat-Ionen mit Oxalsäure um eine Redoxreaktion handelt. Erklären Sie den angegebenen Zusammenhang zwischen dem Verbrauch an Kaliumpermanganat-Lösung und umgesetzter Stoffmenge Oxalsäure. Beurteilen Sie mithilfe einer Berechnung des Massenanteils an Oxalsäure im untersuchten Rhabarber, ob dieser zum Verzehr geeignet ist.
(22 Punkte)
3. Berechnen Sie den pH-Wert von Rhabarbersaft unter der Annahme, dass der Massenanteil an Oxalsäure $w = 0,25 \%$ beträgt und dass Oxalsäure vereinfacht als starke Säure angesehen werden kann (Hinweis: Berücksichtigen Sie für die Berechnung nur die 1. Protolysestufe). Erläutern Sie die Säure-Base-Theorie nach Brönsted am Beispiel der Oxalsäure unter Angabe von Reaktionsgleichungen für beide Protolysestufen.
(10 Punkte)
4. Ermitteln Sie mithilfe des Löslichkeitsproduktes von Calciumoxalat, inwieweit die Aufnahme von 0,25 g Oxalsäure ins Blut zu einer Ausfällung von Calciumoxalat im Blut führt. Erläutern Sie die Auswirkung hoher Oxalsäurekonzentrationen auf den Calcium-Haushalt des menschlichen Organismus. Erklären Sie in diesem Zusammenhang auch die Auswirkungen einer akuten Oxalsäure-Vergiftung.
(20 Punkte)

Zugelassene Hilfsmittel:

- Wissenschaftlicher Taschenrechner (ohne oder mit Grafikfähigkeit)
- Periodensystem
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung



Name: _____

Fachspezifische Vorgaben:

Rhabarber enthält neben Äpfelsäure und Zitronensäure vor allem Oxalsäure in einem Massenanteil von $w \approx 0,23\%$ bis $0,5\%$. Die Oxalsäure ist in der Pflanze ungleichmäßig verteilt, besonders hoch ist der Anteil in den ungenießbaren Blättern. Nur die roten, 2 bis 7 cm dicken Stiele sind für den Verzehr geeignet.

Die Oxalsäure kann insbesondere für Kinder und Nierenkranke schlecht verträglich sein, weil sich mit den im Blut enthaltenen Calcium-Ionen Calciumoxalat bildet. Dieses kann wegen der schlechten Löslichkeit in Nieren und Harnwegen abgelagert werden. Nierensteine aus Calciumoxalat entstehen nur, wenn im Körper bereits eine Stoffwechselstörung vorliegt.

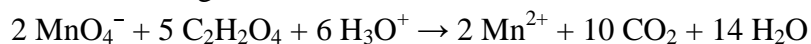
Calcium-Ionen verleihen, gebunden in Hydroxylapatit ($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})$), Knochen und Zähnen ihre Stabilität und Festigkeit. Im Blut muss ständig eine Calcium-Ionen-Konzentration von 2,3 bis 2,7 mmol/L gegeben sein. Diese wird durch Hormone reguliert. Bei Calcium-Mangel können Calcium-Ionen aus den Knochen gelöst werden und ins Blut übergehen.

Calcium-Ionen sind z. B. an der Erregungsübertragung in Nervenzellen und der Kontraktion bzw. Entspannung der Muskelzellen beteiligt.

Der Verzehr von Rhabarber in üblichen Mengen ist ungefährlich. Akute Vergiftungen durch übermäßigen Rhabarbergenuss sind fast ausgeschlossen. Die tödliche Dosis liegt bei einer Einnahme von 5 bis 15 g Oxalsäure. Akute Vergiftungssymptome sind Krämpfe und Herzlähmung.

Zur Bestimmung des Massenanteils an Oxalsäure in Rhabarber wird eine Redoxtitration mit Kaliumpermanganat-Lösung durchgeführt. Die violette, angesäuerte Kaliumpermanganat-Lösung wird beim Eintropfen in die Oxalsäure-Lösung entfärbt. Es entstehen Kohlenstoffdioxid und eine farblose Lösung, die Mangan(II)-Ionen enthält.

Dabei läuft folgende Reaktion ab:



Versuch: Redoxtitration einer Rhabarberprobe:

Schritt 1: 10 g Rhabarber wurden in einem Mörser mit Sand und Wasser sorgfältig zerrieben.

Schritt 2: Das Gemisch wurde filtriert.

Schritt 3: Das Filtrat wurde mit Calciumchlorid-Lösung im Überschuss versetzt. Es entstand ein weißer Feststoff aus schwer löslichem Calciumoxalat, der abfiltriert wurde.

Schritt 4: Das abfiltrierte Calciumoxalat wurde in Schwefelsäure gelöst.

Schritt 5: Die Lösung wurde mit einer schwefelsauren Kaliumpermanganat-Lösung, $c(\text{KMnO}_4) = 0,02 \text{ mol/L}$, titriert, bis eine Rosaviolett färbung der Lösung bestehen blieb.

Schritt 6: Das Volumen an verbrauchter Kaliumpermanganat-Lösung betrug:
 $V = 19,8 \text{ mL}$.

Hinweis: 1 mL Kaliumpermanganat-Lösung ($c = 0,02 \text{ mol/L}$) reagiert mit $0,00005 \text{ mol}$ Oxalsäure ($\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$).



Name: _____

Zusatzinformationen:

Oxalsäure (Ethandisäure): $C_2H_2O_4$, HOOC-COOH
Oxalat-Ion: $C_2O_4^{2-}$
Permanganat-Ion: MnO_4^-
Calciumchlorid: $CaCl_2$

Dichte von Rhabarbersaft: $\rho \approx 1,0 \text{ g/mL}$

Molare Masse der Oxalsäure: $M(C_2H_2O_4) = 90,03 \text{ g/mol}$

Der menschliche Körper eines Erwachsenen enthält durchschnittlich 4,5 L Blut.

Löslichkeitsprodukt von Calciumoxalat:

In einer gesättigten Lösung eines schwer löslichen Salzes besteht ein Gleichgewicht zwischen den gelösten und ungelösten Ionen. Es gilt das Löslichkeitsprodukt L . Als Löslichkeitsprodukt bezeichnet man das Produkt der Stoffmengenkonzentrationen der gelösten Ionen, es hat für jedes Salz einen charakteristischen Wert. Für Calciumoxalat gilt:

$$L(CaC_2O_4) = c(Ca^{2+}) \cdot c(C_2O_4^{2-}) = 3,9 \cdot 10^{-9} \text{ mol}^2/L^2$$

Wird durch Zugabe von Calcium-Ionen oder Oxalat-Ionen der Wert L überschritten, so fällt schwer lösliches Calciumoxalat aus.

Hinweis: Die Bestimmung des Massenanteils an Oxalsäure im Rhabarber mit Kaliumpermanganat wird durch andere in der Lösung vorliegende Ionen nicht gestört.

Unterlagen für die Lehrkraft

Abiturprüfung 2014

Chemie, Leistungskurs

1. Aufgabenart

Bearbeitung einer Aufgabe, die auf fachspezifischen Vorgaben basiert

2. Aufgabenstellung¹

Oxalsäure in Rhabarber

1. Geben Sie die Funktionen der einzelnen Schritte des experimentellen Vorgehens zur Bestimmung des Massenanteils an Oxalsäure in einer Rhabarberprobe an. Stellen Sie jeweils eine Reaktionsgleichung für die Fällung (Schritt 3) und die Auflösung (Schritt 4) von Calciumoxalat auf. Erklären Sie den Farbwechsel am Endpunkt der Titration.
(14 Punkte)
2. Erläutern Sie mithilfe von Oxidationszahlen, warum es sich bei der Reaktion von Permanganat-Ionen mit Oxalsäure um eine Redoxreaktion handelt. Erklären Sie den angegebenen Zusammenhang zwischen dem Verbrauch an Kaliumpermanganat-Lösung und umgesetzter Stoffmenge Oxalsäure. Beurteilen Sie mithilfe einer Berechnung des Massenanteils an Oxalsäure im untersuchten Rhabarber, ob dieser zum Verzehr geeignet ist.
(22 Punkte)
3. Berechnen Sie den pH-Wert von Rhabarbersaft unter der Annahme, dass der Massenanteil an Oxalsäure $w = 0,25 \%$ beträgt und dass Oxalsäure vereinfacht als starke Säure angesehen werden kann (Hinweis: Berücksichtigen Sie für die Berechnung nur die 1. Protolysestufe). Erläutern Sie die Säure-Base-Theorie nach Brönsted am Beispiel der Oxalsäure unter Angabe von Reaktionsgleichungen für beide Protolysestufen.
(10 Punkte)
4. Ermitteln Sie mithilfe des Löslichkeitsproduktes von Calciumoxalat, inwieweit die Aufnahme von 0,25 g Oxalsäure ins Blut zu einer Ausfällung von Calciumoxalat im Blut führt. Erläutern Sie die Auswirkung hoher Oxalsäurekonzentrationen auf den Calcium-Haushalt des menschlichen Organismus. Erklären Sie in diesem Zusammenhang auch die Auswirkungen einer akuten Oxalsäure-Vergiftung.
(20 Punkte)

¹ Die Aufgabenstellung deckt inhaltlich alle drei Anforderungsbereiche ab.

3. Materialgrundlage

- Vogeler, K.; Sommer, K.: Chemische Analyse einer Volkswisheit, NiU Chemie, Heft 120, 2010
- Bruchhausen, F. von: Hagers Handbuch der pharmazeutischen Praxis, 5. Auflage, Springer Verlag, Berlin 1994
- Silbernagel, S.; Despopoulos, A.: Taschenatlas der Physiologie, 4., überarbeitete Auflage, Georg Thieme Verlag, Stuttgart 1991
- Keune, H.; Just, M.: Chemische Schulexperimente – Band 2: Organische Chemie, Verlag Volk und Wissen, Berlin 1999
- Lüllmann, H.; Mohr, K.; Hein, L.: Pharmakologie und Toxikologie, 7. Auflage, Thieme Verlag, Stuttgart 2010
- http://research.chem.psu.edu/brgroup/pKa_compilation.pdf (Zugriff 24.03.2014)

4. Bezüge zu den Vorgaben 2014

1. Inhaltliche Schwerpunkte

Themenfeld: Analytische Verfahren zur Konzentrationsbestimmung

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

2. Medien/Materialien

- entfällt

5. Zugelassene Hilfsmittel

- Wissenschaftlicher Taschenrechner (ohne oder mit Grafikfähigkeit)
- 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>gibt die Funktionen der einzelnen Schritte des experimentellen Vorgehens zur Bestimmung des Massenanteils an Oxalsäure in einer Rhabarberprobe an, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Schritt 1: Extraktion der Oxalsäure, • Schritt 2: Trennung der Oxalsäure enthaltenden Lösung von den unlöslichen Bestandteilen, • Schritt 3: Ausfällen des Oxalats und Abtrennen von löslichen Bestandteilen, • Schritt 4: Auflösen des Oxalats, • Schritt 5: Durchführung der Redoxtitration, • Schritt 6: Feststellen des Titrationsergebnisses. <p>(Hinweis: Diese Aspekte können auch in einem Fließtext genannt werden.)</p>	6
2	<p>stellt jeweils eine Reaktionsgleichung für die Fällung und die Auflösung von Calciumoxalat auf, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4(\text{aq}) + \text{CaCl}_2(\text{aq}) \rightarrow \text{CaC}_2\text{O}_4(\text{s}) + 2 \text{HCl}(\text{aq})$ • $\text{CaC}_2\text{O}_4(\text{s}) + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq}) \rightarrow \text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4(\text{aq}) + \text{CaSO}_4(\text{aq})$ 	4
3	<p>erklärt den Farbwechsel am Endpunkt der Titration, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Permanganat-Ionen werden durch Oxalsäure zu Mangan(II)-Ionen reduziert. • Ist die Oxalsäure der Probe verbraucht, bleibt die rosaviolette Färbung der Kaliumpermanganat-Lösung bestehen. 	4
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 2

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	<p>erläutert mithilfe von Oxidationszahlen, warum es sich bei der Reaktion von Permanganat-Ionen mit Oxalsäure um eine Redoxreaktion handelt, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • MnO_4^- (Oxidationszahl VII) wird zu Mn^{2+} (Oxidationszahl II) reduziert. • $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$ (C: Oxidationszahl III) wird zu CO_2 (C: Oxidationszahl IV) oxidiert. 	6
2	<p>erklärt den angegebenen Zusammenhang zwischen dem Verbrauch an Kaliumpermanganat-Lösung und umgesetzter Stoffmenge Oxalsäure, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Permanganat-Ionen und Oxalsäure reagieren laut Reaktionsgleichung im Stoffmengenverhältnis $n(\text{MnO}_4^-) : n(\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4) = 2 : 5$. • 0,02 mmol Permanganat-Ionen in 1 mL Kaliumpermanganat-Lösung reagieren entsprechend mit 0,05 mmol Oxalsäure. 	4
3a	<p>berechnet den Massenanteil an Oxalsäure im untersuchten Rhabarber, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • $n(\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4) = 0,99 \text{ mmol}$ • $m(\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4) = n(\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4) \cdot M(\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4) = 0,99 \text{ mmol} \cdot 90,03 \text{ mg/mmol} = 89,1 \text{ mg}$ • Der Massenanteil beträgt $w = 891 \text{ mg} : 100 \text{ g} = 0,89 \%$. 	6

3b	beurteilt, ob der untersuchte Rhabarber zum Verzehr geeignet ist. (Hinweis: Es wird erwartet, dass der Prüfling z. B. auf folgende Aspekte eingeht: Der Massenanteil an Oxalsäure des untersuchten Rhabarbers liegt über den Durchschnittswerten. In üblichen Mengen kann der Rhabarber verzehrt werden, zumal man davon ausgehen kann, dass der Massenanteil an Oxalsäure im Rhabarber beim Kochen abnimmt.)	6
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 3

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	<p>berechnet den pH-Wert von Rhabarbersaft unter der Annahme, dass der Massenanteil an Oxalsäure $w = 0,25\%$ beträgt und dass Oxalsäure vereinfacht als starke Säure angesehen werden kann, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> $w(\text{Oxalsäure}) = 0,25\%$ entsprechen $\beta(\text{Oxalsäure}) = 2,5 \text{ g/L}$. $c(\text{Oxalsäure}) = \beta(\text{Oxalsäure}) : M(\text{Oxalsäure}) = 2,5 \text{ g/L} : 90,03 \text{ g/mol}$ $c(\text{Oxalsäure}) = 0,028 \text{ mol/L}$ Da Oxalsäure als starke Säure anzusehen ist, gilt: $c(\text{H}_3\text{O}^+) \approx c_0(\text{Oxalsäure})$. Daraus folgt $\text{pH} = -\lg c(\text{H}_3\text{O}^+)$ und $\text{pH} \approx 1,55$. 	4
2	<p>erläutert die Säure-Base-Theorie nach Brönsted am Beispiel der Oxalsäure unter Angabe von Reaktionsgleichungen für beide Protolysestufen, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> $\text{HOOC-COOH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HOOC-COO}^- + \text{H}_3\text{O}^+$ Oxalsäure-Molekül: Säure (Protonendonator); Hydrogenoxalat-Ion: korrespondierende Base Wasser-Molekül: Base (Protonenakzeptor); Oxonium-Ion: korrespondierende Säure $\text{HOOC-COO}^- + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{OOC-COO}^- + \text{H}_3\text{O}^+$ Hydrogenoxalat-Ion: Säure; Oxalat-Ion: korrespondierende Base Wasser-Molekül: Base; Oxonium-Ion: korrespondierende Säure <p>(Hinweis: Die Bezeichnung Hydrogenoxalat-Ion wird nicht erwartet.)</p>	6
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 4

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1a	ermittelt mithilfe des Löslichkeitsproduktes von Calciumoxalat, inwieweit die Aufnahme von 0,25 g Oxalsäure ins Blut zu einer Ausfällung von Calciumoxalat im Blut führt, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> Im Blut beträgt die Calcium-Ionen-Konzentration $c = 2,3$ bis $2,7$ mmol/L. Mit $L(\text{CaC}_2\text{O}_4) = c(\text{Ca}^{2+}) \cdot c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-}) = 3,9 \cdot 10^{-9} \text{ mol}^2/\text{L}^2$ gilt für die maximale Oxalat-Ionen-Konzentration im Blut: $c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-}) = 3,9 \cdot 10^{-9} \text{ mol}^2/\text{L}^2 : 0,0023 \text{ mol/L} = 1,7 \cdot 10^{-6} \text{ mol/L}$. 	6
1b	ermittelt mithilfe des Löslichkeitsproduktes von Calciumoxalat, inwieweit die Aufnahme von 0,25 g Oxalsäure ins Blut zu einer Ausfällung von Calciumoxalat im Blut führt, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> 0,25 g Oxalsäure entsprechen einer Stoffmenge $n(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = 0,0028 \text{ mol}$. Die Aufnahme einer Stoffmenge $n(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = 0,0028 \text{ mol}$ in 4,5 L Blut führt zu einer Stoffmengenkonzentration $c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = 6,2 \cdot 10^{-4} \text{ mol/L}$. Die errechnete Stoffmengenkonzentration führt zu einer Überschreitung des Löslichkeitsproduktes von Calciumoxalat, es fällt aus. 	6
2	erläutert die Auswirkung hoher Oxalsäurekonzentrationen auf den Calcium-Haushalt des menschlichen Organismus, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> Die Calcium-Ionen-Konzentration des Blutes wird durch Hormone konstant gehalten. Bei Absinken der Calcium-Ionen-Konzentration des Blutes gehen Calcium-Ionen aus den Knochen in Lösung, sodass die Calcium-Ionen-Konzentration des Blutes wieder ansteigt. Ein Teil des Hydroxylapatit der Knochen löst sich auf; die Knochen verlieren dadurch ihre Festigkeit. 	6
3	erklärt die Auswirkungen einer akuten Oxalsäure-Vergiftung, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> Sehr hohe Oxalsäurekonzentrationen führen zum starken Abfall der Calcium-Ionen-Konzentration des Blutes. Calcium-Mangel führt zu Störungen der Erregungsleitung von Nerven und Muskulatur, so kann z. B. der Herzmuskel gelähmt werden. 	2
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			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK ²	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	gibt die Funktionen ...	6			
2	stellt jeweils eine ...	4			
3	erklärt den Farbwechsel ...	4			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe 1. Teilaufgabe	14			

Teilaufgabe 2

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	erläutert mithilfe von ...	6			
2	erklärt den angegebenen ...	4			
3a	berechnet den Massenanteil ...	6			
3b	beurteilt, ob der ...	6			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe 2. Teilaufgabe	22			

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

Teilaufgabe 3

Anforderungen		Lösungsqualität			
Der Prüfling		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
1	berechnet den pH-Wert ...	4			
2	erläutert die Säure-Base-Theorie ...	6			
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
Summe 3. Teilaufgabe		10			

Teilaufgabe 4

Anforderungen		Lösungsqualität			
Der Prüfling		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
1a	ermittelt mithilfe des ...	6			
1b	ermittelt mithilfe des ...	6			
2	erläutert die Auswirkung ...	6			
3	erklärt die Auswirkungen ...	2			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
Summe 4. Teilaufgabe		20			
Summe der 1., 2., 3. und 4. Teilaufgabe		66			

Darstellungsleistung

Anforderungen		Lösungsqualität			
Der Prüfling		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 2014

Chemie, Leistungskurs

Aufgabenstellung:

Fleckentfärbung auf Kleidungsstücken

1. Erläutern Sie am Beispiel des Indigocarmins die Zusammenhänge zwischen Lichtabsorption, Farbigkeit und Molekülstruktur. Zeichnen Sie dazu eine weitere relevante mesomere Grenzstruktur. Geben Sie begründet das erwartete Absorptionsmaximum an. (12 Punkte)
2. Erläutern Sie die Synthese von Indigocarmin aus Indigo. Geben Sie dazu die Reaktions-schritte dieser Synthese anhand von geeigneten Strukturausschnitten an. Begründen Sie den Ort der Anlagerung des Zweitsubstituenten. (18 Punkte)
3. Entwickeln Sie bezüglich der Entfernung des Indigocarminflecks eine Reaktionsgleichung unter Angabe relevanter Oxidationszahlen und erklären Sie die Funktionen der in der Entfärberlösung enthaltenen Inhaltsstoffe Natriumdithionit und Natriumcarbonat. Stellen Sie begründete Vermutungen auf, warum der Entfärber nicht bei Textilien, die mit Indanthrenfarbstoffen gefärbt sind, eingesetzt werden kann. (20 Punkte)
4. Ermitteln Sie, ob der Fleck, der durch Indigocarmin verursacht wurde, bereits durch Einweichen in Wasser entfernt werden kann. Beurteilen Sie die Waschechtheit von Indigocarmin auf Baumwoll- und Wollfasern. (16 Punkte)

Zugelassene Hilfsmittel:

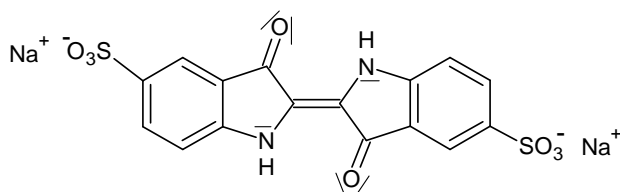
- Wissenschaftlicher Taschenrechner (ohne oder mit Grafikfähigkeit)
- Periodensystem
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung



Name: _____

Fachspezifische Vorgaben:

Beim Malen mit blauer Filzstiftfarbe, die Indigocarmin enthält, ist ein Tropfen dieser Farbstofflösung auf ein weißes Baumwoll-T-Shirt gelangt.



Indigocarmin

Zur Entfernung dieses Flecks soll eine Entfärberlösung verwendet werden. Solche Entfärber enthalten Natriumdithionit ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$) als sogenanntes Bleichmittel und Natriumcarbonat (Na_2CO_3). Das Dithionit-Ion ($\text{S}_2\text{O}_4^{2-}$) reagiert im alkalischen Milieu zum Sulfit-Ion (SO_3^{2-}).

In der Gebrauchsanweisung für diesen Entfärber ist zu lesen:

„Buntwäsche bitte vor Anwendung testen:

1/2 Teelöffel Pulver in einer Tasse mit heißem Wasser auflösen und das Textil damit an einer unauffälligen Stelle gut durchfeuchten. Es darf entfärbt werden, wenn sich die Farbtöne an der behandelten Stelle beim Auftragen und während ca. 15 Minuten Einwirkzeit nicht verändern und nach dem Auswaschen und Trocknen den Originalfarbtönen des Textils entsprechen.“

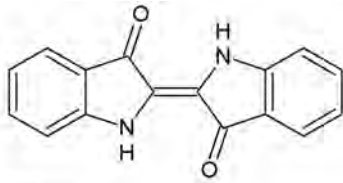
Außerdem wird in der Gebrauchsanweisung darauf hingewiesen, dass der Entfärber nicht bei Textilien, die mit Indanthrenfarbstoffen gefärbt sind, eingesetzt werden kann.

Zur Synthese des Indigocarmins wird Indigo mit konzentrierter Schwefelsäure ein bis zwei Stunden erhitzt. Dabei entstehen aus Schwefelsäure zunächst Schwefeltrioxid-Moleküle (SO_3), die bei der als Sulfonierung bezeichneten Reaktion als reaktive Teilchen wirken. Anschließend gibt man verdünnte Natronlauge hinzu. Dabei bildet sich Indigocarmin. Der Farbstoff wird isoliert und kann dann beispielsweise in Filzstiftfarben eingesetzt werden.

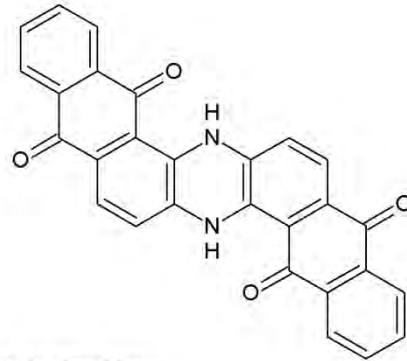


Name: _____

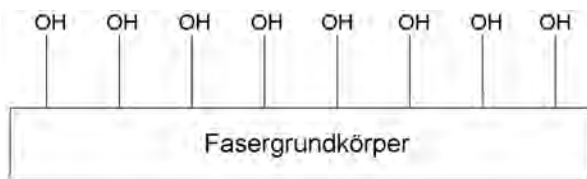
Zusatzinformationen:



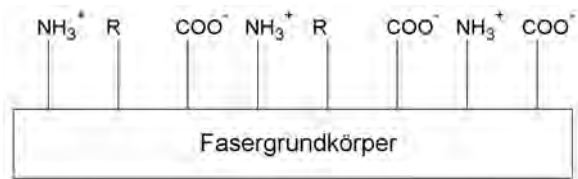
Indigo



Indanthrenblau



Modellhafte Darstellung einer Baumwollfaser



Modellhafte Darstellung einer Wollfaser

Zusammenhang von absorbierter 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 2014

Chemie, Leistungskurs

1. Aufgabenart

Bearbeitung einer Aufgabe, die auf fachspezifischen Vorgaben basiert

2. Aufgabenstellung¹

Fleckentfärbung auf Kleidungsstücken

1. Erläutern Sie am Beispiel des Indigocarmins die Zusammenhänge zwischen Lichtabsorption, Farbigkeit und Molekülstruktur. Zeichnen Sie dazu eine weitere relevante mesomere Grenzstruktur. Geben Sie begründet das erwartete Absorptionsmaximum an. (12 Punkte)
2. Erläutern Sie die Synthese von Indigocarmin aus Indigo. Geben Sie dazu die Reaktionschritte dieser Synthese anhand von geeigneten Strukturausschnitten an. Begründen Sie den Ort der Anlagerung des Zweitsubstituenten. (18 Punkte)
3. Entwickeln Sie bezüglich der Entfernung des Indigocarminflecks eine Reaktionsgleichung unter Angabe relevanter Oxidationszahlen und erklären Sie die Funktionen der in der Entfärberlösung enthaltenen Inhaltsstoffe Natriumdithionit und Natriumcarbonat. Stellen Sie begründete Vermutungen auf, warum der Entfärber nicht bei Textilien, die mit Indanthrenfarbstoffen gefärbt sind, eingesetzt werden kann. (20 Punkte)
4. Ermitteln Sie, ob der Fleck, der durch Indigocarmin verursacht wurde, bereits durch Einweichen in Wasser entfernt werden kann. Beurteilen Sie die Waschechtheit von Indigocarmin auf Baumwoll- und Wollfasern. (16 Punkte)

3. Materialgrundlage

- Schwedt, G.: Farbstoffen auf der Spur. Mit 40 chromatographischen Versuchen. Franckh'sche Verlagshandlung, Stuttgart 1986
- Verpackungsaufschrift von Brauns-Heitmann Power-Entfärber

¹ Die Aufgabenstellung deckt inhaltlich alle drei Anforderungsbereiche ab.

4. Bezüge zu den Vorgaben 2014

1. Inhaltliche Schwerpunkte

Theoriekonzept: Das aromatische System

Themenfeld: Farbstoffe und Farbigeit (Azofarbstoffe, Triphenylmethanfarbstoffe, Indigofarbstoffe)

2. Medien/Materialien

- entfällt

5. Zugelassene Hilfsmittel

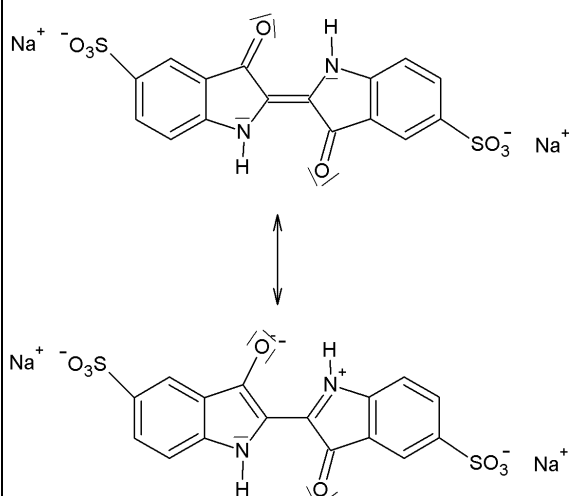
- Wissenschaftlicher Taschenrechner (ohne oder mit Grafikfähigkeit)
- Periodensystem
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung

6. Vorgaben für die Bewertung der Schülerleistungen

Teilleistungen – Kriterien

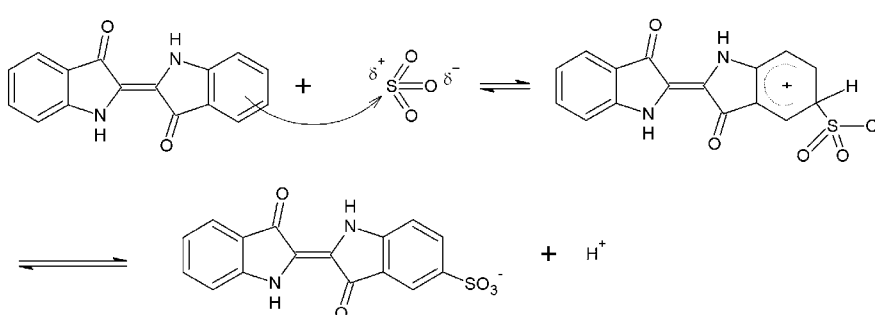
a) inhaltliche Leistung

Teilaufgabe 1

	Anforderungen	Maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	<p>erläutert am Beispiel des Indigocarmins die Zusammenhänge zwischen Lichtabsorption, Farbigeit und Molekülstruktur. (Hinweis: Es wird erwartet, dass der Prüfling den Zusammenhang zwischen Lichtabsorption und Farbigeit darstellt und Aussagen zur Delokalisierung der π-Elektronen in den Indigocarmin-Molekülen, zu ihrer Anregung durch energiearmes sichtbares Licht und zum Einfluss des $-M$-Effekts der Carbonylgruppe sowie des $+M$-Effekts der Aminogruppe macht.)</p>	4
2	<p>zeichnet eine weitere relevante mesomere Grenzstruktur, z. B.:</p> 	4

3	gibt begründet das erwartete Absorptionsmaximum an, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> Die sichtbare Farbe von Indigocarmin ist blau. Die sichtbare Farbe ist die Komplementärfarbe zur absorbierten Spektralfarbe. Die absorbierte Spektralfarbe ist gelb. Das Absorptionsmaximum liegt daher zwischen 580 und 595 nm. 	4
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 2

	Anforderungen	Maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	erläutert die Synthese von Indigocarmin aus Indigo. (Hinweis: Es wird erwartet, dass der Prüfling auf die Sulfonierung als elektrophile Substitution, auf den elektrophilen Angriff durch die Schwefeltrioxid-Moleküle mit ihren positiv polarisierten Schwefel-Atomen, auf die Bildung des π - und σ -Komplexes sowie auf die Rearomatisierung unter Protonen-Abspaltung und Bildung von Indigocarmin eingeht.)	6
2	gibt die Reaktionsschritte dieser Synthese anhand von geeigneten Strukturausschnitten an, z. B.: <ul style="list-style-type: none">  Das zweite Schwefeltrioxid-Molekül reagiert analog mit dem Indigo-Molekül. 	6
3	begründet den Ort der Anlagerung des Zweitsubstituenten, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> Die Aminogruppe besitzt einen +M-Effekt und dirigiert den Zweitsubstituenten/ die Sulfonsäuregruppe in <i>o</i>- und <i>p</i>-Stellung. Die <i>p</i>-Stellung ist aus sterischen Gründen begünstigt. 	6
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 3

	Anforderungen	Maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	<p>entwickelt bezüglich der Entfernung des Indigocarminflecks eine Reaktionsgleichung unter Angabe relevanter Oxidationszahlen, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Oxidation: Erhöhung der Oxidationszahl des Schwefel-Atoms von +III im Dithionit-Ion auf +IV im Sulfat-Ion • Reduktion: Erniedrigung der Oxidationszahl des Kohlenstoff-Atoms der Carbonylgruppe im Indigocarmin-Molekül von +II auf +I <p style="text-align: center;"> $\text{Indigo Carmin} + \text{S}_2\text{O}_4^{2-} + 4 \text{OH}^- \longrightarrow \text{Leuko-Indigo Carmin} + 2 \text{SO}_3^{2-} + 2 \text{H}_2\text{O}$ </p>	6
2	<p>erklärt die Funktionen der in der Entfärberlösung enthaltenen Inhaltsstoffe Natriumdithionit und Natriumcarbonat, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dithionit-Ionen aus Natriumdithionit dienen als Reduktionsmittel und werden selber oxidiert. • Das notwendige alkalische Milieu entsteht durch Carbonat-Ionen aus dem Natriumcarbonat. • Dithionit-Ionen reduzieren Indigocarmin. Dabei geht Indigocarmin in die farblose, gut wasserlösliche, anionische Leukoform über, die ausgewaschen werden kann. 	6
3	<p>stellt begründete Vermutungen auf, warum der Entfärber nicht bei Textilien, die mit Indanthrenfarbstoffen gefärbt sind, eingesetzt werden kann. <i>(Hinweis: Es wird erwartet, dass der Prüfling z. B. auf folgende Aspekte eingeht: Der Indanthrenfarbstoff kann wie Indigocarmin am Carbonylkohlenstoff-Atom durch Dithionit-Ionen reduziert und so in die wasserlösliche Form überführt werden. Wird diese wasserlösliche Form von der Faser abgelöst, wird das behandelte Textil verblasen. Verbleibt sie in der Faser, wird sie durch Luftsauerstoff wieder oxidiert werden, sodass keine Farbverblässung eintritt. Es handelt sich um eine offene Aufgabenstellung. Auch andere schlüssige Argumentationen sind zu akzeptieren.)</i></p>	8
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 4

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	ermittelt, ob der Fleck, der durch Indigocarmin verursacht wurde, bereits durch Einweichen in Wasser entfernt werden kann. <i>(Hinweis: Es wird erwartet, dass der Prüfling Angaben dazu macht, dass Indigocarmin als ionische Verbindung in polaren Lösemitteln wie Wasser löslich ist, sich allerdings beim ersten Waschen möglicherweise nicht vollständig löst.)</i>	4
2a	beurteilt die Waschbarkeit von Indigocarmin auf Woll- und Baumwollfasern, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> Zwischen den Farbstoff-Molekülen mit ihren Sulfonatgruppen und den Hydroxygruppen der Moleküle der Baumwollfasern können sich Wasserstoffbrückenbindungen (Ionen-Dipol-Wechselwirkungen) ausbilden. Die Sulfonatgruppen des Indigocarmins können ionische Bindungen mit den ionischen Gruppen (NH_3^+-Gruppen) der Moleküle der Wollfasern eingehen. 	8
2b	beurteilt die Waschbarkeit von Indigocarmin auf Woll- und Baumwollfasern, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> Beim Waschen sind die Wasserstoffbrückenbindungen nicht so beständig wie ionische Bindungen. Aufgrund der stärkeren Wechselwirkungen zwischen Farbstoff und Faser ist die Färbung auf Wolle waschbarer als die Färbung auf Baumwolle. 	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			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl	EK ²	ZK	DK
1	erläutert am Beispiel ...	4			
2	zeichnet eine weitere ...	4			
3	gibt begründet das ...	4			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
Summe 1. Teilaufgabe		12			

Teilaufgabe 2

Anforderungen		Lösungsqualität			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
1	erläutert die Synthese ...	6			
2	gibt die Reaktionsschritte ...	6			
3	begründet den Ort ...	6			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
Summe 2. Teilaufgabe		18			

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

Teilaufgabe 3

	Anforderungen Der Prüfling	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
1	entwickelt bezüglich der ...	6			
2	erklärt die Funktionen ...	6			
3	stellt begründete Vermutungen ...	8			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe 3. Teilaufgabe	20			

Teilaufgabe 4

	Anforderungen Der Prüfling	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
1	ermittelt, ob der ...	4			
2a	beurteilt die Waschechtheit ...	8			
2b	beurteilt die Waschechtheit ...	4			
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe 4. Teilaufgabe	16			
	Summe der 1., 2., 3. und 4. Teilaufgabe	66			

Darstellungsleistung

	Anforderungen Der Prüfling	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 2014

Chemie, Leistungskurs

Aufgabenstellung:

Eigenschaften und Verwendung von Elastomeren

1. Geben Sie einen geeigneten Ausschnitt aus einem Polyethylen-Vinylacetat-Molekül an und erläutern Sie die Synthese dieses Kunststoffes in Einzelschritten mithilfe von Reaktionsschemata (Reaktionsmechanismus). Erklären Sie, warum Polyethylen-Vinylacetat einen niedrigeren Schmelzbereich hat als Polyethylen. *(18 Punkte)*
2. Geben Sie für die Herstellung von Polyurethanen ein allgemeines Reaktionsschema an. Erläutern Sie den dazugehörigen Reaktionsmechanismus unter Angabe des Reaktionstyps. Geben Sie für die Reaktion eines Diisocyanats mit Wasser eine Reaktionsgleichung an. Erläutern Sie mithilfe einer Reaktionsgleichung, wie das entstehende Amin mit der Isocyanat-Komponente weiterreagieren kann. *(24 Punkte)*
3. Erklären Sie anhand der Struktur des TPU-Moleküls die Wechselwirkungen zwischen den Molekülabschnitten in den Hartsegmenten und in den Weichsegmenten. Ordnen Sie die in Abbildung 1 zum Aufbau eines thermoplastischen Elastomers gekennzeichneten Bereiche A und B begründet den beiden Segmenten zu. *(12 Punkte)*
4. Begründen Sie, warum TPU sowohl die Eigenschaften eines Thermoplasten als auch die Eigenschaften eines Elastomers besitzt. Erläutern Sie Vorteile beim Einsatz eines thermoplastischen Polyurethans gegenüber der Verwendung eines klassischen Elastomers. *(12 Punkte)*

Zugelassene Hilfsmittel:

- Wissenschaftlicher Taschenrechner (ohne oder mit Grafikfähigkeit)
- Periodensystem
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung



Name: _____

Fachspezifische Vorgaben:

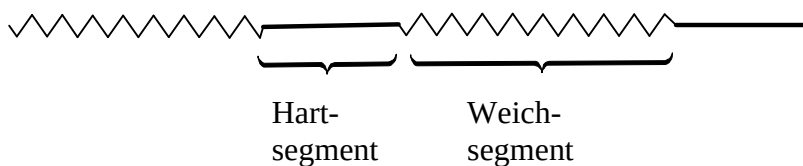
Elastomere Kunststoffe werden aufgrund ihrer Eigenschaften in vielen Bereichen verwendet, zum Beispiel für die Sohlen von Sportschuhen, die besonders gute Dämpfungseigenschaften aufweisen müssen. Diese Sohlen können z. B. aus Polyethylen-Vinylacetat-Schaum (EVA) oder aus Polyurethan-Schaum (PU) bestehen.

Polyethylen-Vinylacetat (EVA) ist ein Copolymer aus Ethylen (Ethen) und Vinylacetat (Essigsäurevinylester). Copolymere sind Polymere, die aus zwei Arten von Monomereinheiten zusammengesetzt sind. Dabei sind im Copolymer die Monomerbausteine zufällig verteilt. Die Synthese von EVA kann über einen radikalischen Mechanismus mit einem organischen Peroxid als Starter erfolgen.

Über das Mengenverhältnis der Edukte lassen sich die Eigenschaften von EVA variieren. Wird als Edukt nur Ethylen verwendet, entsteht Polyethylen. Bei einem Gehalt von Vinylacetat über 40 Prozent besitzt der Kunststoff Eigenschaften eines Elastomers und einen deutlich niedrigeren Schmelzbereich als Polyethylen.

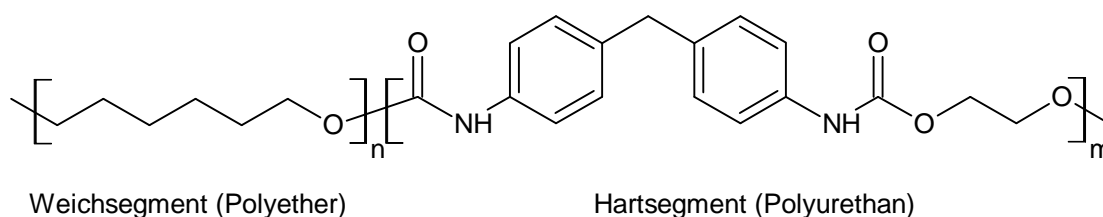
Polyurethane werden aus Diisocyanaten und Diolen hergestellt. Um einen Polyurethan-Schaum zu erhalten, wird dem Reaktionsgemisch Wasser zugesetzt. Wasser reagiert mit einem Diisocyanat unter Bildung von Kohlenstoffdioxid und einem Amin. Das freigesetzte Kohlenstoffdioxid schäumt das gebildete Polyurethan auf. Das entstandene Amin kann seinerseits mit Isocyanat reagieren.

Ein besonders breites Anwendungsspektrum haben die Polyurethane, die sowohl thermoplastische als auch elastomere Eigenschaften besitzen. Man spricht dann von einem thermoplastischen Elastomer (TPU). TPU-Moleküle bestehen aus sogenannten Weichsegmenten und Hartsegmenten:



Die Weichsegmente bestehen aus langkettigen Polyethern, die Hartsegmente sind Polyurethane, die aus kurzkettigen Diolen hergestellt werden.

Ausschnitt aus einer TPU-Molekülkette:





Name: _____

Zwischen den Hartsegmenten benachbarter Molekülketten bestehen stärkere Anziehungskräfte als zwischen den Weichsegmenten. So können sich regelmäßige, kristallartige Strukturen (Kristallite) zwischen den Hartsegmenten bilden. Diese Kristallite werden beim Schmelzen des Kunststoffes zerstört und bilden sich beim Abkühlen wieder neu. Die Weichsegmente bilden amorphe Bereiche, in denen die Molekülketten ungeordnet vorliegen.

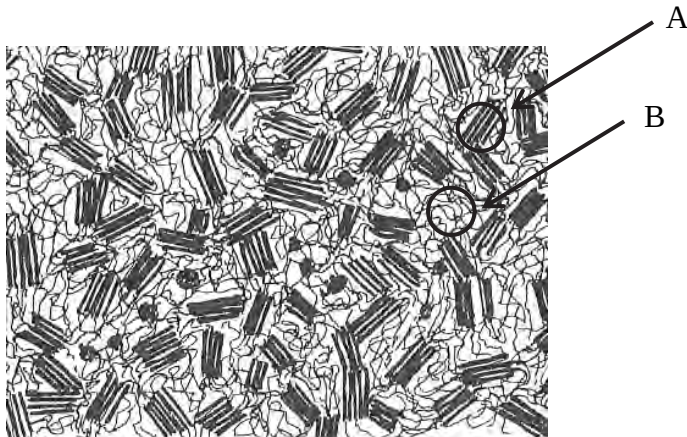
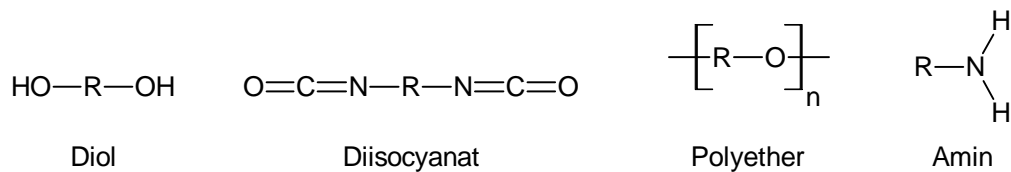
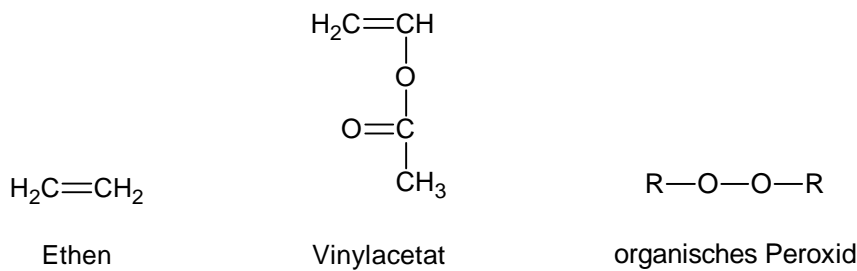


Abbildung 1: Anordnung mehrerer TPU-Moleküle

Zusatzinformationen:



Unterlagen für die Lehrkraft

Abiturprüfung 2014

Chemie, Leistungskurs

1. Aufgabenart

Bearbeitung einer Aufgabe, die auf fachspezifischen Vorgaben basiert

2. Aufgabenstellung¹

Eigenschaften und Verwendung von Elastomeren

1. Geben Sie einen geeigneten Ausschnitt aus einem Polyethylen-Vinylacetat-Molekül an und erläutern Sie die Synthese dieses Kunststoffes in Einzelschritten mithilfe von Reaktionsschemata (Reaktionsmechanismus). Erklären Sie, warum Polyethylen-Vinylacetat einen niedrigeren Schmelzbereich hat als Polyethylen. (18 Punkte)
2. Geben Sie für die Herstellung von Polyurethanen ein allgemeines Reaktionsschema an. Erläutern Sie den dazugehörigen Reaktionsmechanismus unter Angabe des Reaktionstyps. Geben Sie für die Reaktion eines Diisocyanats mit Wasser eine Reaktionsgleichung an. Erläutern Sie mithilfe einer Reaktionsgleichung, wie das entstehende Amin mit der Isocyanat-Komponente weiterreagieren kann. (24 Punkte)
3. Erklären Sie anhand der Struktur des TPU-Moleküls die Wechselwirkungen zwischen den Molekülabschnitten in den Hartsegmenten und in den Weichsegmenten. Ordnen Sie die in Abbildung 1 zum Aufbau eines thermoplastischen Elastomers gekennzeichneten Bereiche A und B begründet den beiden Segmenten zu. (12 Punkte)
4. Begründen Sie, warum TPU sowohl die Eigenschaften eines Thermoplasten als auch die Eigenschaften eines Elastomers besitzt. Erläutern Sie Vorteile beim Einsatz eines thermoplastischen Polyurethans gegenüber der Verwendung eines klassischen Elastomers. (12 Punkte)

3. Materialgrundlage

- Hollensen, L.: Der Sportschuh – Ein bewegendes Stück Kunststoffchemie, PdN-ChiS 55 (2006) H. 2, S. 29 – 32
- Wambach, H. (Hrsg.): Materialien-Handbuch Kursunterricht Chemie, Band 10/II, Aulis Verlag Deubner, Köln 2007, S. 212 – 223
- RÖMPP Chemie-Lexikon, Georg Thieme Verlag, Stuttgart 2008
- http://tpe-u.com/tpu/emea/de/produkte/Chemisch_Physikalischer_Aufbau.html (Zugriff 17.04.2013)

¹ Die Aufgabenstellung deckt inhaltlich alle drei Anforderungsbereiche ab.

4. Bezüge zu den Vorgaben 2014

<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 (ohne oder mit Grafikfähigkeit)
- 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	gibt einen geeigneten Ausschnitt aus einem Polyethylen-Vinylacetat-Molekül an. (Hinweis: Es muss erkennbar sein, dass Polyethylen-Vinylacetat ein Copolymer ist.)	4
2	erläutert die Synthese dieses Kunststoffes in Einzelschritten mithilfe von Reaktionsschemata (Reaktionsmechanismus). (Hinweis: Es wird erwartet, dass der Prüfling auf die Bildung des Startradikals, den Kettenstart, die Kettenfortpflanzung und den Kettenabbruch eingeht, entsprechende Reaktionsschemata angibt und auf die unterschiedlichen Monomere eingeht.)	8
3	erklärt, warum Polyethylen-Vinylacetat einen niedrigeren Schmelzbereich hat als Polyethylen, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Bei Polyethylen können sich die unverzweigten Polymerketten geordnet aneinanderlagern und aufgrund der regelmäßigen Anordnungen leicht zwischenmolekulare Wechselwirkungen (Van-der-Waals-Kräfte) eingehen. • Mit zunehmendem Anteil an Vinylacetat wird die regelmäßige Anordnung der Polymerketten gestört. • Durch die unregelmäßigere Anordnung der Polymerketten sind die zwischenmolekularen Kräfte geringer. Der Kunststoff schmilzt bei niedrigeren Temperaturen. 	6
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 2

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	gibt für die Herstellung von Polyurethanen ein allgemeines Reaktionsschema an, z. B.: $n \text{ O}=\text{C}=\text{N}-\text{R}_1-\text{N}=\text{C}=\text{O} + n \text{ HO}-\text{R}_2-\text{OH} \rightarrow \dots \text{---} \overset{\text{O}}{\parallel} \text{C}-\text{NH}-\text{R}_1-\text{NH}-\overset{\text{O}}{\parallel} \text{C}-\text{O}-\text{R}_2-\text{O} \text{---} \dots$	4
2a	erläutert den Reaktionsmechanismus, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • nukleophiler Angriff der Hydroxygruppe an das Kohlenstoff-Atom der Isocyanatgruppe, • Aufspalten der Stickstoff-Kohlenstoff-Doppelbindung, • Addition eines Protons an das Stickstoff-Atom, • Ausbildung der Urethangruppe. 	8
2b	erläutert den Reaktionsmechanismus unter Angabe des Reaktionstyps: <ul style="list-style-type: none"> • Addition bzw. Polyaddition. 	2
3	gibt für die Reaktion eines Diisocyanats mit Wasser eine Reaktionsgleichung an.	4
4	erläutert mithilfe einer Reaktionsgleichung, wie das entstehende Amin mit der Isocyanat-Komponente weiterreagieren kann, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Das Amin kann analog zum Alkohol mit dem Isocyanat reagieren. • Das Amin wird an die Stickstoff-Kohlenstoff-Bindung addiert. • Angabe einer entsprechenden Reaktionsgleichung. 	6
5	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 3

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1a	erklärt anhand der Struktur des TPU-Moleküls die Wechselwirkungen zwischen den Molekülabschnitten in den Hartsegmenten, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Zwischen den polaren Amid-Gruppen treten relativ starke Dipol-Dipol-Wechselwirkungen und Wasserstoffbrückenbindungen auf. • Zwischen den planaren Benzolringen können sich Van-der-Waals-Kräfte ausbilden. 	4
1b	erklärt anhand der Struktur des TPU-Moleküls die Wechselwirkungen zwischen den Molekülabschnitten in den Weichsegmenten, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Da in den Polyether-Abschnitten nur Kohlenstoffketten und Ether-Brücken vorhanden sind, sind hier nur relativ schwache zwischenmolekulare Wechselwirkungen (Van-der-Waals-Kräfte incl. Dipol-Dipol-Wechselwirkungen) möglich. 	4
2	ordnet die in Abbildung 1 zum Aufbau eines thermoplastischen Elastomers gekennzeichneten Bereiche begründet den beiden Segmenten zu, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • A Hartsegment: Kristallite zwischen den Polyurethan-Abschnitten der Polymerketten, • B Weichsegment: ungeordnete, amorphe Bereiche der Polyether-Abschnitte. 	4
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 4

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	<p>begründet, warum TPU sowohl die Eigenschaften eines Thermoplasten als auch die Eigenschaften eines Elastomers besitzt, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zwischen den kristallinen Bereichen sind die Molekülketten ungeordnet und können durch äußeren Zug gedehnt werden. Beim Nachlassen der Zugspannung verknäulen sich die Molekülketten wieder: der Kunststoff hat elastische Eigenschaften. • Die kristallinen Bereiche bilden die Vernetzungspunkte des weitmaschigen Netzes. • In den kristallinen Bereichen werden die Molekülketten durch zwischenmolekulare Wechselwirkungen zusammengehalten. Diese werden durch Temperaturerhöhung überwunden, der Kunststoff schmilzt. Beim Abkühlen bilden sich die kristallinen Bereiche wieder zurück: der Kunststoff ist ein Thermoplast. 	8
2	<p>erläutert Vorteile beim Einsatz eines thermoplastischen Polyurethans gegenüber der Verwendung eines klassischen Elastomers. (Hinweis: Es wird erwartet, dass der Prüfling auf Vorteile bei der Verarbeitung oder beim Recycling eingeht. Der Kunststoff kann in der Schmelze z. B. im Spritzgussverfahren verarbeitet und durch Umschmelzen recycelt werden.)</p>	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	gibt einen geeigneten ...	4			
2	erläutert die Synthese ...	8			
3	erklärt, warum Polyethylen-Vinylacetat ...	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	gibt für die ...	4			
2a	erläutert den Reaktionsmechanismus ...	8			
2b	erläutert den Reaktionsmechanismus ...	2			
3	gibt für die ...	4			
4	erläutert mithilfe einer ...	6			
5	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe 2. Teilaufgabe	24			

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

Teilaufgabe 3

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1a	erklärt anhand der ...	4			
1b	erklärt anhand der ...	4			
2	ordnet die in ...	4			
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe 3. Teilaufgabe	12			

Teilaufgabe 4

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	begründet, warum TPU ...	8			
2	erläutert Vorteile beim ...	4			
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe 4. Teilaufgabe	12			
	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