



Name: _____

Abiturprüfung 2013

Chemie, Grundkurs

Aufgabenstellung:

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

1. Zeichnen Sie eine beschriftete Skizze eines geladenen Blei-Akkumulators. Stellen Sie mithilfe der Halbzellenreaktionen die Gesamtreaktion für den Entladeprozess 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. Prüfen Sie rechnerisch, ob in Versuch 3 außer Zink ein weiterer Stoff gebildet wurde. *(22 Punkte)*
3. Ermitteln Sie die Gesamtreaktion für den Entladeprozess eines Zink-Cer-Akkumulators. Beurteilen Sie aufgrund der Beobachtungen aus Versuch 2 die Eignung des Zink-Cer-Akkumulators zur Speicherung elektrischer Energie. Vergleichen Sie die Eignung eines Zink-Cer-Akkumulators und eines Blei-Akkumulators sowohl für die kurzfristige als auch für die langfristige Speicherung einer großen Ladungsmenge. *(20 Punkte)*

Zugelassene Hilfsmittel:

- Wissenschaftlicher Taschenrechner
- Periodensystem
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung



Name: _____

Fachspezifische Vorgaben:

Als Speichermedien für elektrische Energie werden häufig Blei-Akkumulatoren eingesetzt. 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. Ein Blei-Akkumulator verliert täglich etwa ein Prozent der gespeicherten Energie durch Selbstentladung.

Da Anlagen mit vielen zusammenschalteten Blei-Akkumulatoren 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.

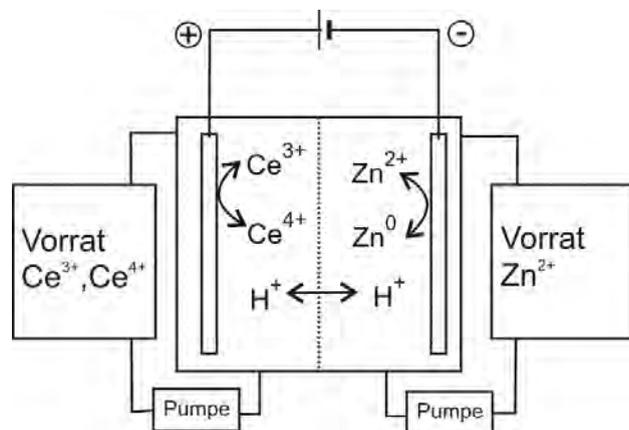


Abbildung: Zink-Cer-Akkumulator

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.

Mit einem Funktionsmodell eines 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.



Name: _____

Versuch 2:

Die Versuchsapparatur aus Versuch 1 wurde nach dem Beenden des Ladevorgangs stehen gelassen. Nach einer Woche war der silbriggraue Feststoff am Minuspol nicht mehr vorhanden. Die Elektrolyt-Lösung am Pluspol war unverändert gelb gefärbt.

Versuch 3:

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.

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, Grundkurs****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 geladenen Blei-Akkumulators. Stellen Sie mithilfe der Halbzellenreaktionen die Gesamtreaktion für den Entladeprozess 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. Prüfen Sie rechnerisch, ob in Versuch 3 außer Zink ein weiterer Stoff gebildet wurde. (22 Punkte)
3. Ermitteln Sie die Gesamtreaktion für den Entladeprozess eines Zink-Cer-Akkumulators. Beurteilen Sie aufgrund der Beobachtungen aus Versuch 2 die Eignung des Zink-Cer-Akkumulators zur Speicherung elektrischer Energie. Vergleichen Sie die Eignung eines Zink-Cer-Akkumulators und eines Blei-Akkumulators sowohl für die kurzfristige als auch für die langfristige Speicherung einer großen Ladungsmenge. (20 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

<p>1. <i>Inhaltliche Schwerpunkte</i> 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 • Konzentrationsabhängigkeit der Potentiale ohne Berechnung <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	zeichnet eine beschriftete Skizze eines geladenen Blei-Akkumulators, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Elektroden aus Blei(IV)-oxid (Pluspol) und Blei (Minuspol), • Schwefelsäure-Lösung als Elektrolyt, • an den Oberflächen beider Elektroden kein Blei(II)-sulfat. 	6
2	stellt mithilfe der Halbzellenreaktionen die Gesamtreaktion für den Entladeprozess eines Blei-Akkumulators auf, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Pluspol: $\text{PbO}_2 + 4 \text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{PbSO}_4 + 2 \text{H}_2\text{O}$. • Minuspol: $\text{Pb} + \text{SO}_4^{2-} \rightarrow \text{PbSO}_4 + 2\text{e}^-$. • Gesamtreaktion: $\text{PbO}_2 + \text{Pb} + 4 \text{H}^+ + 2 \text{SO}_4^{2-} \rightarrow 2 \text{PbSO}_4 + 2 \text{H}_2\text{O}$. 	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	erklärt die Beobachtungen bei Versuch 1, z. B.: <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	begründet, warum beim Laden eines Zink-Cer-Akkumulators theoretisch keine Abscheidung von Zink zu erwarten ist, z. B.: <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. 	6
3	prüft rechnerisch, ob in Versuch 3 außer Zink ein weiterer Stoff gebildet wurde, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • $n = (I \cdot t) / (z \cdot F)$; $n = m / M$ • $m(\text{Zn}) = (I \cdot t \cdot M(\text{Zn})) / (z \cdot F)$ • Mit $I = 0,5 \text{ A}$, $t = 5 \cdot 3600 \text{ s} = 18000 \text{ s}$, $M(\text{Zn}) = 65,39 \text{ g/mol}$, und $z = 2$ ergibt sich: $m(\text{Zn}) \approx 3,05 \text{ g}$. • 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. (Hinweis: Die Hälfte der Punkte wird für den Lösungsansatz mit den Größengleichungen gegeben.)	10
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 3

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	ermittelt die Gesamtreaktion beim Entladen eines Zink-Cer-Akkumulators: <ul style="list-style-type: none"> $\text{Zn} + 2 \text{Ce}^{4+} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + 2 \text{Ce}^{3+}$ 	4
2	beurteilt aufgrund der Beobachtungen aus Versuch 2 die Eignung des Zink-Cer-Akkumulators zur Speicherung elektrischer Energie, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> Nach einer Woche war der abgeschiedene silbriggraue Überzug nicht mehr vorhanden, also wurde Zink zu Zink-Ionen oxidiert. Da in der Elektrolyt-Lösung am Pluspol keine Veränderung festzustellen war, muss Zink durch eine Reaktion innerhalb der Halbzelle oxidiert worden sein (Selbstentladung). Der Zink-Cer-Akkumulator ist daher zur Speicherung elektrischer Energie über eine Woche nicht geeignet. 	8
3	vergleicht die Eignung eines Zink-Cer-Akkumulators und eines Blei-Akkumulators für die kurzfristige als auch für die langfristige Speicherung einer großen Ladungsmenge, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> Blei-Akkumulatoren erfordern einen höheren Wartungsaufwand als Zink-Cer-Akkumulatoren. Zink-Cer-Akkumulatoren entladen sich viel schneller als Blei-Akkumulatoren. Für eine kurzfristige Speicherung ist die Selbstentladung eines Zink-Cer-Akkumulators nicht entscheidend. Also ist wegen des geringeren Wartungsaufwands für eine kurzfristige Speicherung der Zink-Cer-Akkumulator besser geeignet als ein Blei-Akkumulator. Bei langfristiger Speicherung ist ein Zink-Cer-Akkumulator ungeeignet, da abgeschiedenes Zink, wie der Versuch zeigte, oxidiert wird. Daher kommt für eine langfristige Speicherung nur ein Blei-Akkumulator infrage. 	8
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

b) Darstellungsleistung

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	führt seine Gedanken schlüssig, stringent und klar aus.	4
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. 	3

7. Bewertungsbogen zur Prüfungsarbeit

Name des Prüflings: _____ Kursbezeichnung: _____

Schule: _____

Teilaufgabe 1

Anforderungen		Lösungsqualität			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl	EK ²	ZK	DK
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			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
1	erklärt die Beobachtungen ...	6			
2	begründet, warum beim ...	6			
3	prüft rechnerisch, ob ...	10			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
Summe 2. Teilaufgabe		22			

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

Teilaufgabe 3

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	ermittelt die Gesamtreaktion ...	4			
2	beurteilt aufgrund der ...	8			
3	vergleicht die Eignung ...	8			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe 3. Teilaufgabe	20			
	Summe der 1., 2. und 3. Teilaufgabe	60			

Darstellungsleistung

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	führt seine Gedanken ...	4			
2	strukturiert seine Darstellung ...	3			
	Summe Darstellungsleistung	7			

	Summe insgesamt (inhaltliche und Darstellungsleistung)	67			
--	---	-----------	--	--	--

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	67			
Übertrag der Punktzahl aus der zweiten bearbeiteten Aufgabe	67			
Punktzahl der gesamten Prüfungsleistung	134			
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	134 – 128
sehr gut	14	127 – 121
sehr gut minus	13	120 – 114
gut plus	12	113 – 108
gut	11	107 – 101
gut minus	10	100 – 94
befriedigend plus	9	93 – 87
befriedigend	8	86 – 81
befriedigend minus	7	80 – 74
ausreichend plus	6	73 – 67
ausreichend	5	66 – 61
ausreichend minus	4	60 – 52
mangelhaft plus	3	51 – 44
mangelhaft	2	43 – 36
mangelhaft minus	1	35 – 27
ungenügend	0	26 – 0



Name: _____

Abiturprüfung 2013

Chemie, Grundkurs

Aufgabenstellung:

Bestimmung der Masse an Lithium in einer Knopfzelle

1. Skizzieren Sie einen beschrifteten Versuchsaufbau zur Leitfähigkeitstitation der Lithiumhydroxid-Lösung (Verfahren B). Erklären Sie mithilfe der Brönsted-Säure-Base-Theorie und anhand einer Reaktionsgleichung die bei der Titration ablaufende Reaktion. Erläutern Sie, um welchen Reaktionstyp es sich bei der Reaktion von Lithium mit Wasser handelt. (16 Punkte)
2. Stellen Sie die Messwerte aus Verfahren B grafisch dar. Erläutern Sie die Änderung der elektrischen Stromstärke in Abhängigkeit vom hinzutitrierten Volumen an Salzsäure. Berechnen Sie die Masse an Lithium in der unbenutzten Knopfzelle mithilfe der Messwerte aus Verfahren B. (22 Punkte)
3. Berechnen Sie die Masse an Lithium in der unbenutzten Knopfzelle (Verfahren A). Beurteilen Sie die Genauigkeit der beiden Verfahren A und B zur Bestimmung der Masse an Lithium in einer Knopfzelle in Bezug auf den störenden Einfluss der Bildung von Lithiumhydroxid beim Öffnen der Knopfzelle. Beurteilen Sie (ohne Berechnung), welches Ergebnis für die Masse an Lithium in einer gebrauchten Knopfzelle nach Verfahren B zu erwarten ist. (22 Punkte)

Zugelassene Hilfsmittel:

- Wissenschaftlicher Taschenrechner
- Periodensystem
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung

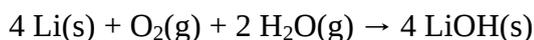


Name: _____

Fachspezifische Vorgaben:

In einer unbenutzten und einer gebrauchten Lithium-Mangandioxid-Knopfzelle soll die Masse an Lithium nach zwei Verfahren bestimmt werden. Zur Untersuchung wird die Knopfzelle zunächst geöffnet. Im Deckel der Knopfzelle befindet sich Lithium als einziger Bestandteil.

Lithium ist ein sehr reaktives Metall, sodass bereits ein Teil des Lithiums beim Öffnen der Batterie in feuchter Luft mit dem Luftsauerstoff unter Bildung von Lithiumhydroxid reagiert:



Die Bildung von Lithiumoxid aus Lithium und Sauerstoff soll unter den vorliegenden Bedingungen als vernachlässigbar gering angenommen werden.

Bestimmung der Masse an Lithium in einer unbenutzten Knopfzelle

Verfahren A

Der Batteriedeckel mit dem enthaltenen Lithium wurde gewogen und in ein Becherglas mit etwa 100 mL destilliertem Wasser gegeben. Es fand die folgende Reaktion statt:



Der Batteriedeckel wurde nach dem vollständigen Ablauf der Reaktion so aus der Lösung genommen, dass keine Lösung an ihm haften blieb. Der leere Batteriedeckel wurde erneut gewogen. Für die untersuchte Knopfzelle erhielt man die folgenden Messwerte:

Masse des Batteriedeckels mit Lithium vor dem Eintauchen in das Wasser in g	Masse des Batteriedeckels nach der Entnahme aus dem Wasser in g
0,770	0,691

Verfahren B

Mit der Lithiumhydroxid-Lösung aus Verfahren A wurde mithilfe eines geeigneten Versuchsaufbaus eine sogenannte Leitfähigkeitstiteration durchgeführt. Dazu wurde die Lithiumhydroxid-Lösung portionsweise mit Salzsäure ($c(\text{HCl}) = 1 \text{ mol/L}$) titriert und bei konstanter Wechselspannung von 2 V die elektrische Stromstärke als Maß für die Leitfähigkeit gemessen. Als Elektroden dienten zwei Platinbleche, die in die Probelösung eintauchten. Die Untersuchung lieferte die folgenden Messwerte:

V(HCl) in mL	0	2	4	6	8	10	12	13	14
I in mA	30,8	27,4	24,2	20,9	17,6	14,3	21,2	26,0	30,7



Name: _____

Bestimmung der Masse an Lithium in einer gebrauchten Knopfzelle

In einem weiteren Versuch wurde eine gebrauchte Knopfzelle gleichen Typs mithilfe von Verfahren B untersucht.

Beim Entladen einer Knopfzelle findet die folgende Reaktion statt:



Die gebildeten Lithium-Ionen werden in der Knopfzelle in einem wasserfreien Lösungsmittel gelöst.

Zusatzinformationen:

Die elektrische Leitfähigkeit einer Ionenlösung ist abhängig von den Konzentrationen der vorliegenden Ionen und der Ionenart. Ein konzentrationsunabhängiges Maß für die Leitfähigkeit einer Ionenart ist die Ionenäquivalentleitfähigkeit λ . Die elektrische Leitfähigkeit der Ionenlösung ist bei konstanter Spannung, Temperatur und konstantem Elektrodenabstand proportional zur gemessenen elektrischen Stromstärke.

Ionenäquivalentleitfähigkeiten λ von Kationen und Anionen in wässriger Lösung bei einer Temperatur $\vartheta = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ (in $\text{cm}^2 \cdot \Omega^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$)

Kation	λ_{Kation}	Anion	λ_{Anion}
H^+	349,7	OH^-	199,2
Li^+	38,7	Cl^-	76,4

Sollten Sie in Teilaufgabe 2 und 3 keine Ergebnisse für die Masse an Lithium in einer unbenutzten Knopfzelle ermittelt haben, so können Sie Teilaufgabe 3 **ersatzweise** mit folgenden Angaben bearbeiten:

Verfahren B: $m(\text{Li}) = 70 \text{ mg}$

Verfahren A: $m(\text{Li}) = 80 \text{ mg}$

Unterlagen für die Lehrkraft

Abiturprüfung 2013

Chemie, Grundkurs

1. Aufgabenart

Bearbeitung einer Aufgabe, die auf fachspezifischen Vorgaben basiert

2. Aufgabenstellung¹

Bestimmung der Masse an Lithium in einer Knopfzelle

1. Skizzieren Sie einen beschrifteten Versuchsaufbau zur Leitfähigkeitstiteration der Lithiumhydroxid-Lösung (Verfahren B). Erklären Sie mithilfe der Brönsted-Säure-Base-Theorie und anhand einer Reaktionsgleichung die bei der Titeration ablaufende Reaktion. Erläutern Sie, um welchen Reaktionstyp es sich bei der Reaktion von Lithium mit Wasser handelt. *(16 Punkte)*
2. Stellen Sie die Messwerte aus Verfahren B grafisch dar. Erläutern Sie die Änderung der elektrischen Stromstärke in Abhängigkeit vom hinzutitrierten Volumen an Salzsäure. Berechnen Sie die Masse an Lithium in der unbenutzten Knopfzelle mithilfe der Messwerte aus Verfahren B. *(22 Punkte)*
3. Berechnen Sie die Masse an Lithium in der unbenutzten Knopfzelle (Verfahren A). Beurteilen Sie die Genauigkeit der beiden Verfahren A und B zur Bestimmung der Masse an Lithium in einer Knopfzelle in Bezug auf den störenden Einfluss der Bildung von Lithiumhydroxid beim Öffnen der Knopfzelle. Beurteilen Sie (ohne Berechnung), welches Ergebnis für die Masse an Lithium in einer gebrauchten Knopfzelle nach Verfahren B zu erwarten ist. *(22 Punkte)*

3. Materialgrundlage

- Die Messwerte wurden in eigenen Messungen an Lithium-Mangandioxid-Knopfzellen vom Typ CR 2032 bestimmt
- Römpp Chemie-Lexikon Band 3, 8. Aufl., Franckh'sche Verlagshandlung, Stuttgart 1983, S. 2383

¹ Die Aufgabenstellung deckt inhaltlich alle drei Anforderungsbereiche ab.

4. Bezüge zu den Vorgaben 2013

<p>1. <i>Inhaltliche Schwerpunkte</i> Themenfeld: Analytische Verfahren zur Konzentrationsbestimmung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Protolysen als Gleichgewichtsreaktionen: Säure-Base-Begriff nach Brönsted, Autoprotolyse des Wassers, pH-, pK_s-Wert • Einfache Titrations mit Endpunktbestimmungen <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

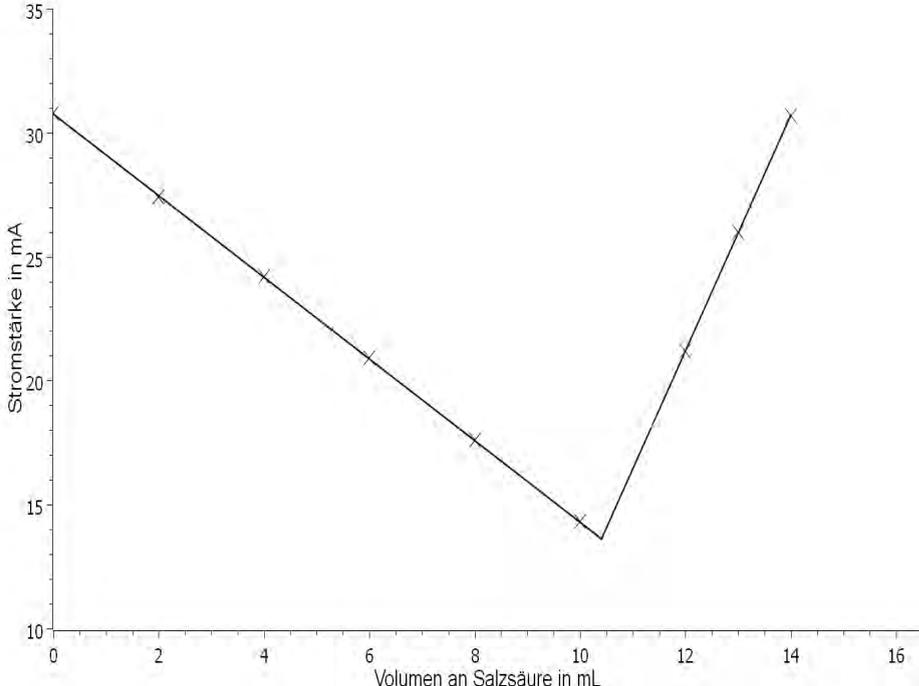
Teilleistungen – Kriterien

a) inhaltliche Leistung

Teilaufgabe 1

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	skizziert einen beschrifteten Versuchsaufbau zur Leitfähigkeitstitation der Lithiumhydroxid-Lösung (Verfahren B). <i>(Hinweis: Es wird erwartet, dass der Prüfling in seiner Skizze die Wechselspannungsquelle, das Stromstärkemessgerät, die Platin-Elektroden, die in die Lithiumhydroxid-Lösung eintauchen, und die Bürette mit der Maßlösung Salzsäure darstellt.)</i>	6
2	erklärt mithilfe der Brönsted-Säure-Base-Theorie und anhand einer Reaktionsgleichung die bei der Titration ablaufende Reaktion, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • $\text{OH}^-(\text{aq}) + \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$. • Das Hydroxid-Ion reagiert als Brönsted-Base (Protonenakzeptor), das Oxonium-Ion als Brönsted-Säure (Protonendonator). • Es handelt sich bei der Reaktion um eine Protolysereaktion/Neutralisation. 	6
3	erläutert, um welchen Reaktionstyp es sich bei der Reaktion von Lithium mit Wasser handelt, indem er z. B. ausführt, dass es sich um eine Redoxreaktion handelt, bei der Lithium-Atome als Elektronendonatoren (Reduktionsmittel) wirken und oxidiert werden und Wasserstoff-Atome im Wasser-Molekül als Elektronenakzeptoren wirken und reduziert werden. <i>(Hinweis: Die Reduktion von hydratisierten Wasserstoff-Ionen ist ebenfalls als Lösung möglich.)</i>	4
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 2

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl																		
	Der Prüfling																			
1	<p>stellt die Messwerte aus Verfahren B grafisch dar, z. B.:</p>  <table border="1" data-bbox="284 398 1203 1084"> <caption>Data points from the graph</caption> <thead> <tr> <th>Volumen an Salzsäure in mL</th> <th>Stromstärke in mA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>31</td></tr> <tr><td>2</td><td>27.5</td></tr> <tr><td>4</td><td>24</td></tr> <tr><td>6</td><td>20.5</td></tr> <tr><td>8</td><td>17</td></tr> <tr><td>10.4</td><td>14</td></tr> <tr><td>12</td><td>21</td></tr> <tr><td>14</td><td>31</td></tr> </tbody> </table>	Volumen an Salzsäure in mL	Stromstärke in mA	0	31	2	27.5	4	24	6	20.5	8	17	10.4	14	12	21	14	31	6
Volumen an Salzsäure in mL	Stromstärke in mA																			
0	31																			
2	27.5																			
4	24																			
6	20.5																			
8	17																			
10.4	14																			
12	21																			
14	31																			
2	<p>erläutert die Änderung der elektrischen Stromstärke in Abhängigkeit vom hinzutitrierten Volumen an Salzsäure, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die Stromstärke nimmt vom Beginn der Titration bis zum Erreichen des Äquivalenzpunktes ab, da Hydroxid-Ionen mit Oxonium-Ionen aus der Salzsäure zu Wassermolekülen reagieren. Die Hydroxid-Ionen-Konzentration nimmt ab, die der Chlorid-Ionen entsprechend zu. • Da die Ionenäquivalentleitfähigkeit der Hydroxid-Ionen deutlich größer ist als die der Chlorid-Ionen, sinkt die Leitfähigkeit der Lösung und damit auch die elektrische Stromstärke. • Im Minimum der Kurve liegen nur Lithium- und Chlorid-Ionen vor. • Bei weiterer Zugabe von Salzsäure nehmen die Leitfähigkeit der Lösung und damit auch die elektrische Stromstärke aufgrund überschüssiger Oxonium- und Chlorid-Ionen wieder zu. 	8																		
3	<p>berechnet die Masse an Lithium in der unbenutzten Knopfzelle mithilfe der Messwerte aus Verfahren B, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bestimmung des Äquivalenzpunktes der Titration als Schnittpunkt der beiden linearen Kurvenäste: $V(\text{HCl}) = 10,4 \text{ mL}$. • Die Stoffmenge an Hydroxid-Ionen in der Lithiumhydroxid-Lösung ist gleich der Stoffmenge an Lithium-Ionen bzw. an Lithium in der Batterie: $n(\text{OH}^-) = n(\text{Li}^+) = n(\text{Li})$. • Am Äquivalenzpunkt gilt: $n(\text{OH}^-) = n(\text{H}_3\text{O}^+) = c(\text{HCl}) \cdot V(\text{HCl}) = 1 \text{ mol/L} \cdot 0,0104 \text{ L} = 0,0104 \text{ mol}$. • Die Masse an Lithium in der Batterie ergibt sich damit zu $m(\text{Li}) = n(\text{Li}) \cdot M(\text{Li}) = 0,0104 \text{ mol} \cdot 6,94 \text{ g/mol} = 0,0722 \text{ g} = 72,2 \text{ mg}$. Die Bestimmung der Masse an Lithium in der unbenutzten Knopfzelle ergibt nach Verfahren B 72,2 mg. 	8																		
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)																			

Teilaufgabe 3

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	<p>berechnet die Masse an Lithium in der unbenutzten Knopfzelle (Verfahren A), z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> Die Massenabnahme Δm des Batteriedeckels durch die Reaktion von Lithium mit Wasser entspricht der Masse an Lithium. $m(\text{Li}) = \Delta m = m_{\text{vor}} - m_{\text{nach}} = 0,770 \text{ g} - 0,691 \text{ g} = 0,079 \text{ g} = 79 \text{ mg}$ <p>Die Bestimmung der Masse an Lithium in der unbenutzten Knopfzelle ergibt nach Verfahren A 79 mg.</p>	6
2a	<p>beurteilt die Genauigkeit der beiden Verfahren A und B zur Bestimmung der Masse an Lithium in einer Knopfzelle in Bezug auf den störenden Einfluss der Bildung von Lithiumhydroxid beim Öffnen der Knopfzelle, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> In Verfahren A wirkt sich die Bildung von Lithiumhydroxid verfälschend aus, da mit der Bildung von Lithiumhydroxid eine Massenzunahme verbunden ist. Die Gesamtmasse des Batteriedeckels mit Inhalt nimmt zu. Diese Massenzunahme führt zu einer größeren Massendifferenz Δm, sodass eine zu große Masse an Lithium in der Knopfzelle bestimmt wird. 	6
2b	<p>beurteilt die Genauigkeit der beiden Verfahren A und B zur Bestimmung der Masse an Lithium in einer Knopfzelle in Bezug auf den störenden Einfluss der Bildung von Lithiumhydroxid beim Öffnen der Knopfzelle, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> In Verfahren B wirkt sich die Bildung von Lithiumhydroxid nicht verfälschend aus, da bei der Bildung von Lithiumhydroxid aus Lithium und Wasser pro Lithium-Atom ein Hydroxid-Ion gebildet wird, das bei der Leitfähigkeitstiteration mitbestimmt wird. In Bezug auf den störenden Einfluss der Lithiumhydroxid-Bildung beim Öffnen der Knopfzelle liefert Verfahren B einen genaueren Wert für die Masse an Lithium. 	4
3	<p>beurteilt, welches Ergebnis für die Masse an Lithium in einer gebrauchten Knopfzelle nach Verfahren B zu erwarten ist, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> Beim Entladen der Knopfzelle werden Lithium-Atome zu Lithium-Ionen oxidiert. Die Masse an elementarem Lithium nimmt damit ab. Da nur das elementare Lithium zur Bildung von Lithiumhydroxid führt, ist die Stoffmenge an Lithiumhydroxid, die sich beim Lösen des Lithiums im Wasser bilden wird, geringer. Als Ergebnis wird eine Masse an Lithium zu erwarten sein, die geringer ist als die Masse an Lithium in einer unbenutzten Batterie. 	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.	4
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. 	3

7. Bewertungsbogen zur Prüfungsarbeit

Name des Prüflings: _____ Kursbezeichnung: _____

Schule: _____

Teilaufgabe 1

Anforderungen		Lösungsqualität			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl	EK ²	ZK	DK
1	skizziert einen beschrifteten ...	6			
2	erklärt mithilfe der ...	6			
3	erläutert, um welchen ...	4			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
Summe 1. Teilaufgabe		16			

Teilaufgabe 2

Anforderungen		Lösungsqualität			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
1	stellt die Messwerte ...	6			
2	erläutert die Änderung ...	8			
3	berechnet die Masse ...	8			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
Summe 2. Teilaufgabe		22			

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

Teilaufgabe 3

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	berechnet die Masse ...	6			
2a	beurteilt die Genauigkeit ...	6			
2b	beurteilt die Genauigkeit ...	4			
3	beurteilt, welches Ergebnis ...	6			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe 3. Teilaufgabe	22			
	Summe der 1., 2. und 3. Teilaufgabe	60			

Darstellungsleistung

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	führt seine Gedanken ...	4			
2	strukturiert seine Darstellung ...	3			
	Summe Darstellungsleistung	7			

	Summe insgesamt (inhaltliche und Darstellungsleistung)	67			
--	---	-----------	--	--	--

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

	Lösungsqualität			
	maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
Übertrag der Punktsomme aus der ersten bearbeiteten Aufgabe	67			
Übertrag der Punktsomme aus der zweiten bearbeiteten Aufgabe	67			
Punktzahl der gesamten Prüfungsleistung	134			
aus der Punktsomme 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	134 – 128
sehr gut	14	127 – 121
sehr gut minus	13	120 – 114
gut plus	12	113 – 108
gut	11	107 – 101
gut minus	10	100 – 94
befriedigend plus	9	93 – 87
befriedigend	8	86 – 81
befriedigend minus	7	80 – 74
ausreichend plus	6	73 – 67
ausreichend	5	66 – 61
ausreichend minus	4	60 – 52
mangelhaft plus	3	51 – 44
mangelhaft	2	43 – 36
mangelhaft minus	1	35 – 27
ungenügend	0	26 – 0



Name: _____

Abiturprüfung 2013

Chemie, Grundkurs

Aufgabenstellung:

Bismarckbraun – Lederfarbstoffe von gestern bis heute

1. Erklären Sie am Beispiel von Chrysoidin den Zusammenhang zwischen Farbigkeit und Molekülstruktur. Begründen Sie, welches Absorptionsmaximum dem Farbstoff 2,4-Diamino-3'-aminoazobenzol bzw. dem Farbstoff Chrysoidin zuzuordnen ist, und geben Sie den Farbeindruck der wässrigen Lösungen an. *(20 Punkte)*
2. Erläutern Sie unter Angabe der charakteristischen Reaktionsschritte und des Reaktionstyps den Syntheseweg für 2,4-Diamino-3'-aminoazobenzol aus 1,3-Diaminobenzol und begründen Sie den Ort der Azokupplung. *(18 Punkte)*
3. Deuten Sie die Farbänderung von Chrysoidin bei Zugabe von Säure anhand mesomerer Grenzstrukturen. Erläutern Sie anhand der Eigenschaften von Chrysoidin und der intermolekularen Wechselwirkungen zwischen Chrysoidin und Leder, warum Chrysoidin als Lederfarbstoff nur mäßig geeignet ist. Begründen Sie die Verbesserung der Färbereigenschaften durch Einfügen einer Sulfonatgruppe. *(22 Punkte)*

Zugelassene Hilfsmittel:

- Wissenschaftlicher Taschenrechner
- Periodensystem
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung

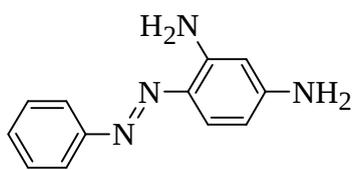


Name: _____

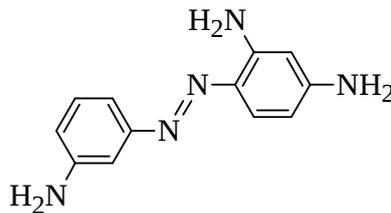
Fachspezifische Vorgaben:

Als Bismarckbraun-Farbstoffe bezeichnet man eine Gruppe von basischen Azofarbstoffen, die früher zum Färben von Leder verwendet wurden. Als Grundgerüst ist in allen Bismarckbraun-Farbstoffen Chrysoidin (2,4-Diaminoazobenzol) zu erkennen.

Der Farbstoff 2,4-Diamino-3'-aminoazobenzol ist ein Vertreter aus der Gruppe der Bismarckbraun-Farbstoffe.



Chrysoidin



2,4-Diamino-3'-aminoazobenzol

Bei der Untersuchung der wässrigen Farbstoff-Lösungen von 2,4-Diamino-3'-aminoazobenzol und Chrysoidin mithilfe eines Fotometers werden Absorptionsmaxima von $\lambda_{\max} = 461 \text{ nm}$ und $\lambda_{\max} = 508 \text{ nm}$ gemessen.

Chrysoidin ist in Wasser schwer löslich, die wässrige Lösung wird bei Zugabe von Säuren orange.

Zum Färben wird Leder in eine wässrige Lösung des Farbstoffes eingebracht und anschließend erwärmt. Das Leder bleibt so lange in der Farbstofflösung, bis es ausreichend Farbe aufgenommen hat. Neuere Lederfarbstoffe enthalten Sulfonatgruppen ($-\text{SO}_3^-$) in ihren Molekülen. Diese Farbstoffe weisen bessere Färbereigenschaften auf als die herkömmlichen Bismarckbraun-Farbstoffe wie Chrysoidin, da sie in Wasser besser löslich sind und besser auf Leder haften.

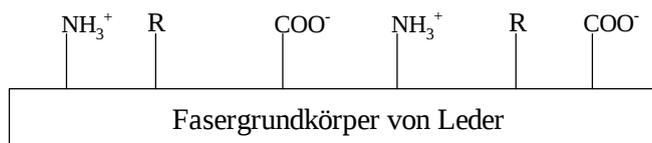


Name: _____

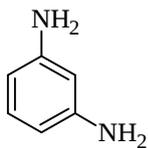
Zusatzinformationen:

Basische Farbstoffe sind Farbstoffe, die Aminogruppen ($-\text{NH}_2$, $-\text{NRH}$, $-\text{NR}_2$) aufweisen.

Stark vereinfachte schematische Darstellung eines Strukturausschnittes von Leder



Ausgangsstoff der 2,4-Diamino-3'-aminoazobenzol-Synthese



1,3-Diaminobenzol

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, Grundkurs****1. Aufgabenart**

Bearbeitung einer Aufgabe, die auf fachspezifischen Vorgaben basiert

2. Aufgabenstellung¹**Bismarckbraun – Lederfarbstoffe von gestern bis heute**

1. Erklären Sie am Beispiel von Chrysoidin den Zusammenhang zwischen Farbigkeit und Molekülstruktur. Begründen Sie, welches Absorptionsmaximum dem Farbstoff 2,4-Diamino-3'-aminoazobenzol bzw. dem Farbstoff Chrysoidin zuzuordnen ist und geben Sie den Farbeindruck der wässrigen Lösungen an. (20 Punkte)
2. Erläutern Sie unter Angabe der charakteristischen Reaktionsschritte und des Reaktionstyps den Syntheseweg für 2,4-Diamino-3'-aminoazobenzol aus 1,3-Diaminobenzol und begründen Sie den Ort der Azokupplung. (18 Punkte)
3. Deuten Sie die Farbänderung von Chrysoidin bei Zugabe von Säure anhand mesomerer Grenzstrukturen. Erläutern Sie anhand der Eigenschaften von Chrysoidin und der intermolekularen Wechselwirkungen zwischen Chrysoidin und Leder, warum Chrysoidin als Lederfarbstoff nur mäßig geeignet ist. Begründen Sie die Verbesserung der Färbereigenschaften durch Einfügen einer Sulfonatgruppe. (22 Punkte)

3. Materialgrundlage

- Wittke, G.: Studienbücher Chemie: Farbstoffchemie, Verlag Diesterweg, Frankfurt 1979
- Breitmaier, E.; Jung, G.: Organische Chemie, Grundlagen, Stoffklassen, Reaktionen, Konzepte, Molekülstrukturen, 6. Auflage, Thieme Verlag, Stuttgart 2009
- Römpp Chemielexikon, Online-Version 2008

¹ Die Aufgabenstellung deckt inhaltlich alle drei Anforderungsbereiche ab.

4. Bezüge zu den Vorgaben 2013

<p>1. <i>Inhaltliche Schwerpunkte</i> Theoriekonzept: Das aromatische System Themenfeld: Farbstoffe und Farbigeit (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 am Beispiel von Chrysoidin den Zusammenhang zwischen Farbigeit und Molekülstruktur. <i>(Hinweis: Es wird erwartet, dass der Prüfling Aussagen zum Zusammenhang von Lichtabsorption und Farbigeit, zur Anregung von delokalisierten π-Elektronen und dem Vorliegen eines ausgedehnten π-Elektronen-Systems, das sich über die aromatischen Ringe und die Azogruppe erstreckt, und zum Einfluss der Aminogruppe mit ihrem +M-Effekt und der Azogruppe mit ihrem -M-Effekt macht.)</i></p>	8
2	<p>begründet, welches Absorptionsmaximum dem Farbstoff 2,4-Diamino-3'-aminoazobenzol bzw. dem Farbstoff Chrysoidin zuzuordnen ist, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Je ausgedehnter das System delokalisierten π-Elektronen ist, desto langwelliger ist das absorbierte Licht. • 2,4-Diamino-3'-aminoazobenzol besitzt mehr Aminogruppen mit +M-Effekt in den Molekülen als Chrysoidin, daher absorbiert 2,4-Diamino-3'-aminoazobenzol langwelligeres Licht als Chrysoidin. • Chrysoidin muss das Absorptionsmaximum mit der kürzeren Wellenlänge zugeordnet werden: $\lambda = 449 \text{ nm}$. • 2,4-Diamino-3'-aminoazobenzol besitzt das Absorptionsmaximum bei der Wellenlänge $\lambda = 508 \text{ nm}$. 	8
3	<p>gibt den Farbeindruck der wässrigen Lösungen an:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Chrysoidin absorbiert Licht aus dem blauen Bereich des Spektrums, der Farbstoff erscheint daher gelb. • 2,4-Diamino-3'-aminoazobenzol absorbiert Licht aus dem grünen Bereich des Spektrums und erscheint daher purpur. 	4
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 2

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1a	<p>erläutert unter Angabe der charakteristischen Reaktionsschritte und des Reaktionstyps den Syntheseweg von 2,4-Diamino-3'-aminoazobenzol aus 1,3-Diaminobenzol, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Im ersten Schritt wird 1,3-Diaminobenzol mit Natriumnitrit in saurer Lösung zum Diazonium-Ion umgesetzt (Diazotierung). • Im zweiten Schritt erfolgt eine Azokupplung des Diazonium-Ions mit einem weiteren 1,3-Diaminobenzol-Molekül. • Bei der Azokupplung handelt sich um eine elektrophile Substitution. 	6
1b	<p>erläutert unter Angabe der charakteristischen Reaktionsschritte und des Reaktionstyps den Syntheseweg von 2,4-Diamino-3'-aminoazobenzol aus 1,3-Diaminobenzol anhand von geeigneten Strukturausschnitten. (Hinweis: Es werden vom Prüfling Reaktionsschemata für die Bildung der salpetrigen Säure bzw. des Nitrosyl-Kations, für die Diazotierung und für die Azokupplung erwartet.)</p>	6
2	<p>begründet den Ort der Azokupplung, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die Aminogruppen des 1,3-Diaminobenzols sind als Substituenten 1. Ordnung <i>ortho</i>- und <i>para</i>-dirigierend, eine <i>meta</i>-Substitution ist daher unwahrscheinlich. • Die Substitution erfolgt in doppelter Bevorzugung in <i>ortho</i>-Stellung zur ersten Aminogruppe und in <i>para</i>-Stellung zur zweiten Aminogruppe. • Die Position zwischen den beiden Aminogruppen (doppelte <i>ortho</i>-Stellung) ist aus sterischen Gründen benachteiligt. 	6
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 3

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1a	<p>deutet die Farbänderung von Chrysoidin bei Zugabe von Säure anhand mesomerer Grenzstrukturen, z. B.:</p>	4

1b	<p>deutet die Farbänderung von Chrysoidin bei Zugabe von Säure, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • An das Stickstoff-Atom der Azogruppe wird in stark saurer Lösung ein Proton addiert. • Die Grenzstrukturen des protonierten Chrysoidins zeigen durch Verschiebung der π-Elektronen lediglich eine Ladungsverschiebung, in der basischen Form erzeugt eine entsprechende Elektronenverschiebung eine Ladungstrennung. • Die mesomeren Grenzstrukturen der protonierten Form sind energetisch gleichwertiger als die der basischen Form. Daher wird im Vergleich energieärmeres Licht von der protonierten Form absorbiert (bathochromer Effekt), der Farbeindruck ändert sich von gelb zu orange. 	6
2	<p>erläutert anhand der Eigenschaften von Chrysoidin und der intermolekularen Wechselwirkungen zwischen Chrysoidin und Leder, warum Chrysoidin als Lederfarbstoff nur mäßig geeignet ist.</p> <p><i>(Hinweis: Es wird erwartet, dass der Prüfling auf die schlechte Löslichkeit von unpolarem Chrysoidin im polaren Lösemittel Wasser und die dadurch bedingte geringe Konzentration von Chrysoidin in einer wässrigen Färbelösung sowie auf die intermolekularen Wechselwirkungen (Wasserstoffbrückenbindungen und Van-der-Waals-Wechselwirkungen und deren Stärke) zwischen Chrysoidin und Leder eingeht.)</i></p>	6
3	<p>begründet die verbesserten Färbereigenschaften durch Einfügen einer Sulfonatgruppe, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Durch negativ geladene Sulfonatgruppen wird eine bessere Löslichkeit in Wasser erreicht. Dadurch können konzentriertere Färbelösungen hergestellt werden. • Zwischen den Sulfonatgruppen und der NH_3^+-Gruppe des Leders kommt es zur Ausbildung von relativ starken Ionenbindungen, wodurch eine beständigere Färbung erreicht wird. 	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.	4
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. 	3

7. Bewertungsbogen zur Prüfungsarbeit

Name des Prüflings: _____ Kursbezeichnung: _____

Schule: _____

Teilaufgabe 1

Anforderungen		Lösungsqualität			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl	EK ²	ZK	DK
1	erklärt am Beispiel ...	8			
2	begründet, welches Absorptionsmaximum ...	8			
3	gibt den Farbeindruck ...	4			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
Summe 1. Teilaufgabe		20			

Teilaufgabe 2

Anforderungen		Lösungsqualität			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
1a	erläutert unter Angabe ...	6			
1b	erläutert unter Angabe ...	6			
2	begründet den Ort ...	6			
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
Summe 2. Teilaufgabe		18			

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

Teilaufgabe 3

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1a	deutet die Farbänderung ...	4			
1b	deutet die Farbänderung ...	6			
2	erläutert anhand der ...	6			
3	begründet die verbesserten ...	6			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe 3. Teilaufgabe	22			
	Summe der 1., 2. und 3. Teilaufgabe	60			

Darstellungsleistung

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	führt seine Gedanken ...	4			
2	strukturiert seine Darstellung ...	3			
	Summe Darstellungsleistung	7			

	Summe insgesamt (inhaltliche und Darstellungsleistung)	67			
--	---	-----------	--	--	--

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

	Lösungsqualität			
	maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
Übertrag der Punktsumme aus der ersten bearbeiteten Aufgabe	67			
Übertrag der Punktsumme aus der zweiten bearbeiteten Aufgabe	67			
Punktzahl der gesamten Prüfungsleistung	134			
aus der Punktsumme 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	134 – 128
sehr gut	14	127 – 121
sehr gut minus	13	120 – 114
gut plus	12	113 – 108
gut	11	107 – 101
gut minus	10	100 – 94
befriedigend plus	9	93 – 87
befriedigend	8	86 – 81
befriedigend minus	7	80 – 74
ausreichend plus	6	73 – 67
ausreichend	5	66 – 61
ausreichend minus	4	60 – 52
mangelhaft plus	3	51 – 44
mangelhaft	2	43 – 36
mangelhaft minus	1	35 – 27
ungenügend	0	26 – 0



Name: _____

Abiturprüfung 2013

Chemie, Grundkurs

Aufgabenstellung:

Polychloropren, PA-TT und PA 6,6 – Kunststoffe für Surfschuhe

1. Geben Sie die Monomere (Strukturformeln) für eine Synthese von PA 6,6 an. Geben Sie eine Reaktionsgleichung für die Synthese von PA-TT und den Reaktionstyp an. Erläutern Sie mithilfe von Strukturformeln, warum Surfschuhsohlen mit PA-TT-Bereichen eine hohe Widerstandsfähigkeit gegenüber mechanischer Abnutzung aufweisen.
(20 Punkte)
2. Geben Sie für ein Polychloropren-Makromolekül einen charakteristischen Strukturausschnitt unter Berücksichtigung von zwei verschiedenen Monomer-Verknüpfungen an. Stellen Sie für die Synthese von Polychloropren die charakteristischen Teilschritte der Reaktion anhand von Strukturformeln dar.
(20 Punkte)
3. Erläutern Sie die Vulkanisation von Polychloropren mithilfe eines Reaktionsschemas. Geben Sie für Polychloropren-Kautschuk, PA-TT und PA 6,6 die Werkstoffklasse begründet an. Erklären Sie, warum Surfschuhe, die aus Polychloropren-Kautschuk, PA-TT und PA 6,6 gefertigt wurden, bei den Gebrauchstemperaturen wasserbeständig sind.
(20 Punkte)

Zugelassene Hilfsmittel:

- Wissenschaftlicher Taschenrechner
- Periodensystem
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung

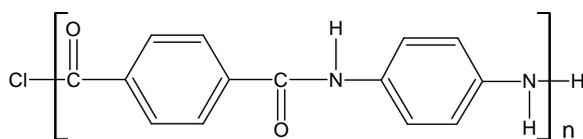


Name: _____

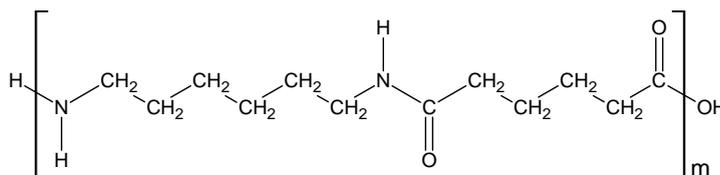
Fachspezifische Vorgaben:

Schuhe zum Surfen, Tauchen und Kajakfahren sind wasserbeständig. Die Laufsohlen vieler Wassersportschuhe weisen Bereiche mit besonderer Widerstandsfähigkeit gegenüber mechanischer Abnutzung auf.

Zur Fertigung derartiger Schuhe werden verschiedene Werkstoffe eingesetzt: Die Laufsohle besteht zu einem großen Teil aus dem Polyamid PA-TT, ansonsten wird der Schuh größtenteils aus Polychloropren-Kautschuk gefertigt, der beidseitig mit PA 6,6 beschichtet ist.



Polyamid PA-TT



PA 6,6

Polychloropren wird durch radikalische Polymerisation von 2-Chlorbuta-1,3-dien (Chloropren) synthetisiert.



2-Chlorbuta-1,3-dien
(Chloropren)

Bei dieser Reaktion entstehen Makromoleküle, deren Grundbausteine jeweils eine Doppelbindung aufweisen. Hierbei sind mehrere Möglichkeiten zur Verknüpfung der Monomere gegeben: eine 1,2-Verknüpfung (Verknüpfung der Monomere an der 1- und 2-Position), eine 3,4-Verknüpfung und eine 1,4-Verknüpfung.

In einem weiteren Verfahrensschritt werden Polychloropren-Makromoleküle unter Wärmezufuhr mit Zink(II)-oxid umgesetzt. Bei dieser sogenannten *Vulkanisation* werden Chlor-Atome der 1,2-verknüpften Grundbausteine unter Bildung von Zink(II)-chlorid abgespalten und die Makromoleküle werden über Sauerstoff-Atome miteinander verbunden. Das so entstandene Produkt wird als Polychloropren-Kautschuk bezeichnet. In speziellen Verfahren können geschäumte Materialien auf der Basis von Polychloropren-Kautschuk hergestellt werden. In diesen Schaumstoffen sind viele kleine Gasbläschen in dem Kautschuk-Gerüst verteilt, die Materialien zeigen gute wärmeisolierende Eigenschaften. Geschäumter Polychloropren-Kautschuk wird als Kälteschutzschicht für die Fertigung von Wassersportschuhen verwendet.

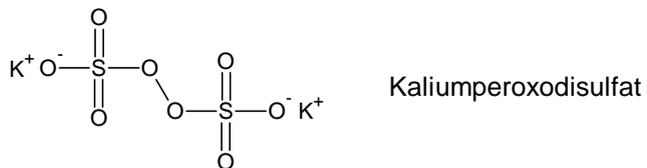


Name: _____

Zusatzinformationen:

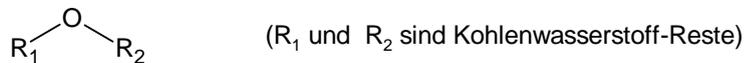
Die Widerstandsfähigkeit eines Kunststoffmaterials gegenüber mechanischer Abnutzung hängt davon ab, inwieweit geordnete Bereiche von Makromolekülen vorliegen und wie stark die zwischenmolekularen Kräfte sind.

Kaliumperoxodisulfat ist ein Initiator für die radikalische Polymerisation von Chloropren. Beim Zerfall des Initiators wird die Bindung zwischen den beiden Sauerstoff-Atomen homolytisch gespalten.



Zink(II)-oxid: ZnO

Ether:



Die Hydrolyse von Ethern gelingt nur in Gegenwart starker Säuren und bei hohen Temperaturen.

Die Hydrolyse von Polyamiden erfolgt nur in sauren oder alkalischen wässrigen Lösungen bei hohen Temperaturen.

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

Bearbeitung einer Aufgabe, die auf fachspezifischen Vorgaben basiert

2. Aufgabenstellung¹**Polychloropren, PA-TT und PA 6,6 – Kunststoffe für Surfschuhe**

1. Geben Sie die Monomere (Strukturformeln) für eine Synthese von PA 6,6 an. Geben Sie eine Reaktionsgleichung für die Synthese von PA-TT und den Reaktionstyp an. Erläutern Sie mithilfe von Strukturformeln, warum Surfschuhsohlen mit PA-TT-Bereichen eine hohe Widerstandsfähigkeit gegenüber mechanischer Abnutzung aufweisen. (20 Punkte)
2. Geben Sie für ein Polychloropren-Makromolekül einen charakteristischen Strukturausschnitt unter Berücksichtigung von zwei verschiedenen Monomer-Verknüpfungen an. Stellen Sie für die Synthese von Polychloropren die charakteristischen Teilschritte der Reaktion anhand von Strukturformeln dar. (20 Punkte)
3. Erläutern Sie die Vulkanisation von Polychloropren mithilfe eines Reaktionsschemas. Geben Sie für Polychloropren-Kautschuk, PA-TT und PA 6,6 die Werkstoffklasse begründet an. Erklären Sie, warum Surfschuhe, die aus Polychloropren-Kautschuk, PA-TT und PA 6,6 gefertigt wurden, bei den Gebrauchstemperaturen wasserbeständig sind. (20 Punkte)

3. Materialgrundlage

- Elias, H.-G.: Makromoleküle (Struktur – Eigenschaften – Synthesen – Stoffe – Technologie), 4., umgearbeitete und wesentlich erweiterte Auflage, Hüthig & Wepf Verlag, Heidelberg 1981, S. 485, 500, 803, 570 – 581, 750
- <http://www.chemie-schule.de/KnowHow/Chloropren-Kautschuk> (Zugriff 17.05.2012)
- <http://www.chemie.fu-berlin.de/chemistry/kunststoffe/kevent.htm> (Zugriff 17.05.2012)

¹ Die Aufgabenstellung deckt inhaltlich alle drei Anforderungsbereiche ab.

4. Bezüge zu den Vorgaben 2013

1. Inhaltliche Schwerpunkte

Theoriekonzept: Makromoleküle

Themenfeld: Natürliche und synthetische Werkstoffe (Polymerisate durch radikalische Polymerisation; Polyester; Polyamide; Proteine)

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

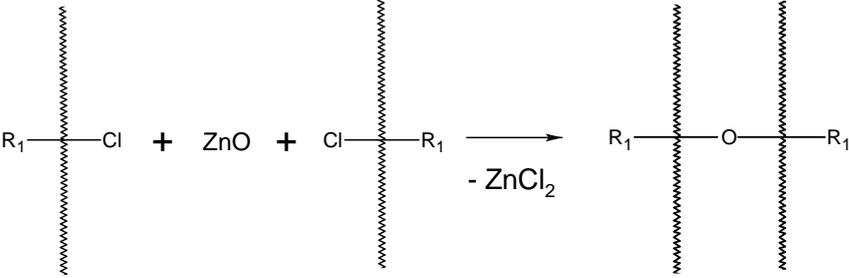
	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	gibt die Monomere (Strukturformeln) für eine Synthese von PA 6,6 an, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Strukturformel für 1,6-Diaminohexan, • Strukturformel für 1,6-Hexandisäure. 	4
2	gibt eine Reaktionsgleichung für die Synthese von PA-TT und den Reaktionstyp an, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • <div style="text-align: center;"> <p style="text-align: center;">Polyamid PA-TT</p> </div> • Es handelt sich um eine Polykondensation. 	8

3	erläutert mithilfe von Strukturformeln, warum Surfschuhsohlen mit PA-TT-Bereichen eine hohe Widerstandsfähigkeit gegenüber mechanischer Abnutzung aufweisen. (Hinweis: Es wird erwartet, dass der Prüfling unter Berücksichtigung der Strukturmerkmale die parallele Ordnung der Makromoleküle und die resultierenden starken zwischenmolekularen Kräfte (Wasserstoffbrückenbindungen, Van-der-Waals-Kräfte) darstellt und hierauf die Materialfestigkeit zurückführt.)	8
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 2

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	gibt für ein Polychloropren-Makromolekül einen charakteristischen Strukturausschnitt unter Berücksichtigung von zwei verschiedenen Monomer-Verknüpfungen an, z. B.: $\begin{array}{ccccccccccc} & & \text{CH}_2 & & & & & & & & & & \\ & & & & & & & & & & & & \\ & & \text{CH} & & & & & & & & & & \\ & & & & & & & & & & & & \\ \text{~~~~~} & \text{CH}_2 & - \text{C} & - \text{CH}_2 & - \text{C} = \text{CH} & - \text{CH}_2 & - \text{CH}_2 & - \text{C} = \text{CH} & - \text{CH}_2 & \text{~~~~~} \\ & & & & & & & & & & & & \\ & & \text{Cl} & & \text{Cl} & & & & \text{Cl} & & & & \end{array}$ (Hinweis: Die Berücksichtigung der 1,4-Verknüpfung ist möglich, aber nicht notwendig.)	8
2	stellt für die Synthese von Polychloropren die charakteristischen Teilschritte der Reaktion anhand von Strukturformeln dar. (Hinweis: Es wird erwartet, dass der Prüfling in seiner Darstellung auf Initiation, Start, Kettenwachstum und eine Abbruchreaktion eingeht. Es reicht aus, eine Verknüpfungsart zu berücksichtigen. Der Prüfling erhält die Hälfte der Punkte, wenn die Hälfte der Teilschritte dargestellt wurde.)	12
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 3

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
Der Prüfling		
1	<p>erläutert die Vulkanisation von Polychloropren mithilfe eines Reaktionsschemas, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bei der Vulkanisation werden Makromoleküle über eine Sauerstoffbrücke miteinander vernetzt. 	8
2	<p>gibt für Polychloropren-Kautschuk, PA-TT und PA 6,6 die Werkstoffklasse begründet an:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bei Polychloropren-Kautschuk sind die Makromoleküle vernetzt. Es handelt sich um ein weitmaschiges Netzwerk, da bei der Vulkanisation eine Vernetzung der Ketten nur an den 1,2-verknüpften Grundbausteinen, aber nicht an den 1,4- und 3,4-verknüpften Bausteinen eintritt. Somit gehört Polychloropren zur Werkstoffklasse der Elastomere. • Bei PA-TT und PA 6,6 sind die Makromoleküle linear aufgebaut. Beide Polyamide können somit den Thermoplasten zugeordnet werden. <p>(Hinweis: Es wird nicht erwartet, dass der Prüfling auf die Zersetzung von PA-TT eingeht.)</p>	6
3	<p>erklärt, warum Surfschuhe, die aus Polychloropren-Kautschuk, PA-TT und PA 6,6 gefertigt wurden, bei den Gebrauchstemperaturen wasserbeständig sind.</p> <p>(Hinweis: Es wird erwartet, dass der Prüfling in seiner Erklärung darauf eingeht, dass das Kohlenstoffgerüst der Kunststoffe bei den Gebrauchstemperaturen durch Wasser nicht zerlegt wird, dass für die Spaltung der Sauerstoffbrücken des Kautschuks Katalysatoren und hohe Temperaturen erforderlich sind und dass die Hydrolyse von Polyamiden in neutraler wässriger Lösung nahezu nicht stattfindet.)</p>	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.	4
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. 	3

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 Monomere ...	4			
2	gibt eine Reaktionsgleichung ...	8			
3	erläutert mithilfe von ...	8			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe 1. Teilaufgabe	20			

Teilaufgabe 2

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	gibt für ein ...	8			
2	stellt für die ...	12			
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 die Vulkanisation ...	8			
2	gibt für Polychloropren-Kautschuk ...	6			
3	erklärt, warum Surfschuhe ...	6			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe 3. Teilaufgabe	20			
	Summe der 1., 2. und 3. Teilaufgabe	60			

Darstellungsleistung

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	führt seine Gedanken ...	4			
2	strukturiert seine Darstellung ...	3			
	Summe Darstellungsleistung	7			

	Summe insgesamt (inhaltliche und Darstellungsleistung)	67			
--	---	-----------	--	--	--

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	67			
Übertrag der Punktzahl aus der zweiten bearbeiteten Aufgabe	67			
Punktzahl der gesamten Prüfungsleistung	134			
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	134 – 128
sehr gut	14	127 – 121
sehr gut minus	13	120 – 114
gut plus	12	113 – 108
gut	11	107 – 101
gut minus	10	100 – 94
befriedigend plus	9	93 – 87
befriedigend	8	86 – 81
befriedigend minus	7	80 – 74
ausreichend plus	6	73 – 67
ausreichend	5	66 – 61
ausreichend minus	4	60 – 52
mangelhaft plus	3	51 – 44
mangelhaft	2	43 – 36
mangelhaft minus	1	35 – 27
ungenügend	0	26 – 0