



Name: _____

Abiturprüfung 2010

Chemie, Leistungskurs

Aufgabenstellung:

Ätzen von Platinen für elektronische Schaltungen

1. Erklären Sie die angegebenen Beobachtungen beim Ätzen einer Kupferplatine mit Eisen(III)-chlorid-Lösung anhand von Reaktionsgleichungen für die Teilreaktionen und die Gesamtreaktion. (16 Punkte)
2. Erläutern Sie anhand von Reaktionsgleichungen die Tipps zur Verlängerung der Wirksamkeit von Eisen(III)-chlorid-haltigen Ätzlösungen durch Einblasen von Luft. Prüfen Sie, ob ein Ansäuern ohne Luftzufuhr ebenfalls zu einer Optimierung des Ätzevorgangs führt. (16 Punkte)
3. Geben Sie eine beschriftete Skizze einer galvanischen Zelle an, in der die gleichen Reaktionen ablaufen wie beim Ätzen einer Kupferplatine mit Eisen(III)-chlorid-Lösung. Berechnen Sie die Spannung dieser Zelle unter Standardbedingungen. Berechnen Sie mithilfe der Nernst-Gleichung, bis zu welchem Konzentrationsverhältnis von Eisen(III)- und Eisen(II)-Ionen das Ätzbad zum Ätzen von Kupferplatinen geeignet ist. (16 Punkte)
4. Erklären Sie die Beobachtungen bei der Versuchsreihe zur Wirksamkeit von Ätzbädern mit Natriumperoxodisulfat. Prüfen Sie, ob durch Einblasen von Sauerstoff die Haltbarkeit dieser Ätzbäder erhöht werden kann. Erläutern Sie das Absinken des Potentials einer Ätzlösung mit Natriumperoxodisulfat beim Ätzevorgang und bei Aufbewahrung nach einer Platinenätzung. (18 Punkte)

Zugelassene Hilfsmittel:

- Wissenschaftlicher Taschenrechner
- Periodensystem
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung



Name: _____

Fachspezifische Vorgaben:

Viele Hobby-Bastler stellen die Platinen für ihre elektronischen Schaltungen selbst her. Dazu wird ein vollständig mit Kupfer beschichteter Platinen-Rohling mit einem lichtempfindlichen Schutzlack beschichtet. Anschließend wird so belichtet, dass die Flächen für spätere Leiterbahnen im Dunklen bleiben und an den belichteten Stellen der Schutzlack entfernt werden kann. Danach werden in einem elektrochemischen Prozess alle frei liegenden Kupferflächen weggeätzt. Dazu wird die Platine für 20 bis 60 Minuten in eine Lösung von Eisen(III)-chlorid (FeCl_3) gelegt. Einige Versuchsvorschriften sehen vor, dass die Platine im Ätzbad bewegt werden soll.

Wenn der Ätzvorgang beendet ist, wird die Platine aus der Lösung genommen, unter fließendem Wasser abgespült und getrocknet. Zuletzt wird über den Leiterbahnen der Schutzlack durch ein Lösemittel entfernt.

Ein Bastler verwendet für den Ätzvorgang Eisen(III)-chlorid-Lösung und bewegt die Platine von Hand. Dabei macht er die folgenden Beobachtungen:

- Die Kupferschicht an den ungeschützten Platinenbereichen ist nach einiger Zeit nicht mehr festzustellen.
- Es wird an keiner Stelle elementares Eisen abgeschieden.
- Die ursprünglich intensiv gelbe Lösung verfärbt sich grün.

Der Bastler erhält folgende Tipps für eine längere Wirksamkeit seiner Ätzlösung:

- Bläst man mit einer Aquarien-Luftpumpe Luft in die Ätzlösung, so kann man nicht nur das ständige Bewegen der Platine einsparen – auch bleibt die Lösung länger wirksam.
- Das gilt besonders, wenn die Ätzlösung zuvor angesäuert wurde.

Für das Ätzbad kann man älteres Eisen(II)-sulfat, das sonst entsorgt werden müsste, verwenden:

- Eisen(II)-sulfat aus häufig geöffneten Behältern enthält Eisen(III)-sulfat. Mit einem Ätzbad aus dieser Mischung von Eisen(II)- und Eisen(III)-sulfat können Kupfer-Platinen geätzt werden – allerdings wird eine längere Einwirkzeit benötigt.

Alternativ kann Natriumperoxodisulfat-Lösung ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$) anstelle der sauren Eisen(III)-chlorid-Lösung als Ätzbad verwendet werden. In einer Versuchsreihe wird die Wirksamkeit von Ätzbädern mit Natriumperoxodisulfat untersucht. Dabei macht man die folgenden Beobachtungen:

- An den Kupferflächen bildet sich in Natriumperoxodisulfat-Lösung ein farbloses, nicht brennbares Gas.
- Die ursprünglich farblose Lösung färbt sich nach Einlegen von Kupfer blau. Die Kupferbeschichtung löst sich langsam auf.
- Einblasen von Luft verändert die Wirkungsdauer der Ätzlösung praktisch nicht – anders als bei Eisen(III)-chlorid-Bädern.



Name: _____

Zusatzinformationen:

Peroxodisulfat-Ionen zerfallen in wässriger Lösung unter Bildung von Sauerstoff:
 $2 \text{S}_2\text{O}_8^{2-} + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 4 \text{SO}_4^{2-} + 4 \text{H}^+ + \text{O}_2$. Diese Reaktion wird durch Schwermetall-Ionen beschleunigt.

Färbung wässriger Kupfer- und Eisensalz-Lösungen

Salz		Farbe der Lösung
Kupfer(II)-chlorid	CuCl_2	konzentriert: grün, verdünnt: blau
Kupfer(II)-sulfat	CuSO_4	blau
Eisen(II)-chlorid	FeCl_2	schwach grünlich
Eisen(III)-chlorid	FeCl_3	intensiv gelb

Elektrochemische Spannungsreihe

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

1.	Zn/Zn^{2+}	-0,76
2.	Fe/Fe^{2+}	-0,41
3.	$\text{H}_2/2 \text{H}_3\text{O}^+$ (pH = 0)	0,00
4.	Cu/Cu^{2+}	0,35
5.	$4 \text{OH}^-/\text{O}_2$ (pH = 14)	0,40
6.	$\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$	0,77
7.	$2 \text{H}_2\text{O}/\text{O}_2, 4 \text{H}^+$ (pH = 0)	1,23
8.	$2 \text{SO}_4^{2-}/\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$	2,01

Unterlagen für die Lehrkraft**Abiturprüfung 2010****Chemie, Leistungskurs****1. Aufgabenart**

Bearbeitung einer Aufgabe, die auf fachspezifischen Vorgaben basiert

2. Aufgabenstellung**Ätzen von Platinen für elektronische Schaltungen**

1. Erklären Sie die angegebenen Beobachtungen beim Ätzen einer Kupferplatine mit Eisen(III)-chlorid-Lösung anhand von Reaktionsgleichungen für die Teilreaktionen und die Gesamtreaktion. (16 Punkte)
2. Erläutern Sie anhand von Reaktionsgleichungen die Tipps zur Verlängerung der Wirksamkeit von Eisen(III)-chlorid-haltigen Ätzlösungen durch Einblasen von Luft. Prüfen Sie, ob ein Ansäuern ohne Luftzufuhr ebenfalls zu einer Optimierung des Ätzevorgangs führt. (16 Punkte)
3. Geben Sie eine beschriftete Skizze einer galvanischen Zelle an, in der die gleichen Reaktionen ablaufen wie beim Ätzen einer Kupferplatine mit Eisen(III)-chlorid-Lösung. Berechnen Sie die Spannung dieser Zelle unter Standardbedingungen. Berechnen Sie mithilfe der Nernst-Gleichung, bis zu welchem Konzentrationsverhältnis von Eisen(III)- und Eisen(II)-Ionen das Ätzbad zum Ätzen von Kupferplatinen geeignet ist. (16 Punkte)
4. Erklären Sie die Beobachtungen bei der Versuchsreihe zur Wirksamkeit von Ätzbädern mit Natriumperoxodisulfat. Prüfen Sie, ob durch Einblasen von Sauerstoff die Haltbarkeit dieser Ätzbäder erhöht werden kann. Erläutern Sie das Absinken des Potentials einer Ätzlösung mit Natriumperoxodisulfat beim Ätzevorgang und bei Aufbewahrung nach einer Platinenätzung. (18 Punkte)

3. Materialgrundlage

- http://de.wikibooks.org/wiki/Platinen_selber_herstellen (08.04.2009)
- http://www.judo-online.de/judo/EG-SICHERHEITSDATENBLAETTER/DE/Art-Nr_1701673_EG-Sicherheitsdatenblatt_JLS-DUO_Komponente_2.pdf (09.04.2009)
- Handbook of Chemistry and Physics, 67th Edition, CRC Press, B-88, B-97, D-151 ff.

4. Bezüge zu den Vorgaben 2010

1. Inhaltliche Schwerpunkte

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

- Batterien und Akkumulatoren: Grundprinzip der Funktionsweise
- galvanische Zelle: Vorgänge an Elektroden, Potentialdifferenz
- Spannungsreihe der Metalle/Nichtmetalle: Additivität der Spannungen, Standardelektrodenpotential
- Nernst-Gleichung (quantitative Behandlung)
 - System Metall/Metall-Ion, Systeme Wasserstoff/Oxonium-Ion und Hydroxid-Ion/Sauerstoff (jeweils unter Standardbedingungen)
 - System Halogenid-Ion/Halogen
 - pH-abhängige Systeme (unter Standardbedingungen)
- einfache Elektrolyse im Labor

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 (AFB) ¹
	Der Prüfling	
1a	erklärt die Beobachtungen beim Ätzen einer Kupferplatine mit Eisen(III)-chlorid-Lösung anhand von Reaktionsgleichungen für die Teilreaktionen und die Gesamtreaktion, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> Die Kupferschicht ist nach einiger Zeit nicht mehr festzustellen, da Kupfer oxidiert wird. Oxidation: $\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^-$ 	4 (I)
1b	erklärt die Beobachtungen beim Ätzen einer Kupferplatine mit Eisen(III)-chlorid-Lösung anhand von Reaktionsgleichungen für die Teilreaktionen und die Gesamtreaktion, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> Eisen(III)-Ionen wirken als Oxidationsmittel und werden zu Eisen(II)-Ionen reduziert, da $U^\circ(\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}) > U^\circ(\text{Cu}/\text{Cu}^{2+})$. Reduktion: $\text{Fe}^{3+} + \text{e}^- \rightarrow \text{Fe}^{2+}$ Das Standardpotential $U^\circ(\text{Fe}/\text{Fe}^{2+})$ ist kleiner als $U^\circ(\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+})$, d. h., elementares Eisen kann nicht gebildet werden, es würde zu Eisen(II)-Ionen oxidiert werden. 	6 (II)
1c	erklärt die Beobachtungen beim Ätzen einer Kupferplatine mit Eisen(III)-chlorid-Lösung anhand von Reaktionsgleichungen für die Teilreaktionen und die Gesamtreaktion, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> Eisen(III)-chlorid-Lösung ist intensiv gelb gefärbt, Eisen(II)-chlorid-Lösung schwach grünlich und Kupfer(II)-chlorid-Lösung blau. Die Ätzlösung färbt sich grün, weil Eisen(II)-Ionen und Kupfer(II)-Ionen gebildet werden (Farbkombination gelb + blau + schwach grünlich). Gesamtreaktion: $\text{Cu} + 2 \text{Fe}^{3+} \rightarrow \text{Cu}^{2+} + 2 \text{Fe}^{2+}$ 	6 (II)
2	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

¹ AFB = Anforderungsbereich

Teilaufgabe 2

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl (AFB)
	Der Prüfling	
1	<p>erläutert anhand von Reaktionsgleichungen die Tipps zur Verlängerung der Wirksamkeit von Eisen(III)-chlorid-haltigen Ätzlösungen durch Einblasen von Luft, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Das Redoxpotential von Luftsauerstoff ist größer als das Potential $U(\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+})$ und pH-abhängig. • Oxidation: $\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+} + \text{e}^-$ • Reduktion: $\text{O}_2 + 4 \text{H}^+ + 4 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$ • Durch Einblasen von Luftsauerstoff werden daher Eisen(III)-Ionen zurückgebildet. Die Wirksamkeit wird dadurch verlängert. 	8 (II)
2	<p>prüft, ob ein Ansäuern ohne Luftzufuhr ebenfalls zu einer Optimierung des Ätzvorgangs führt, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Eine verlängerte Wirksamkeit kann durch Rückbildung von Eisen(III)-Ionen oder durch Oxidation von Kupfer durch ein anderes Oxidationsmittel erreicht werden. • Durch Ansäuern allein ist weder die Oxidation von Eisen(II)- zu Eisen(III)-Ionen, noch die Oxidation von Kupfer möglich, da das Potential von Wasserstoff auch bei hoher Säurekonzentration kleiner als das Potential von Kupfer bzw. als das Potential von Eisen(II)-/Eisen(III)-Ionen ist. • Die Wirksamkeit des Ätzbades wird daher durch Ansäuern ohne Luftzufuhr nicht verlängert. 	8 (III)
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 3

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl (AFB)
	Der Prüfling	
1	<p>gibt eine beschriftete Skizze einer galvanischen Zelle an, in der die gleichen Reaktionen ablaufen wie beim Ätzen einer Kupferplatine mit Eisen(III)-chlorid, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Halbzellen für Anoden- und Kathodenreaktion, • Elektroden aus Kupfer bzw. Graphit, • Elektrolyt-Lösungen mit Kupfer(II)-Ionen, Eisen(II)-Ionen und Eisen(III)-Ionen, • Salzbrücke, Spannungsmessgerät. 	8 (I)
2	<p>berechnet die Spannung dieser Zelle unter Standardbedingungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • $U^\circ = 0,77 \text{ V} - 0,35 \text{ V} = 0,42 \text{ V}$ 	2 (I)
3	<p>berechnet mithilfe der Nernst-Gleichung, bis zu welchem Konzentrationsverhältnis von Eisen(III)- und Eisen(II)-Ionen das Ätzbad zum Ätzen von Kupferplatinen geeignet ist, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Für die Ätzwirkung muss gelten: $U(\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}) > U(\text{Cu}/\text{Cu}^{2+})$. • $c(\text{Fe}^{3+}) / c(\text{Fe}^{2+}) = 10^{((0,35 \text{ V} - 0,77 \text{ V}) / 0,059 \text{ V})}$. • Daraus folgt: $c(\text{Fe}^{3+}) / c(\text{Fe}^{2+}) > 7,6 \cdot 10^{-8} : 1$. 	6 (III)
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 4

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl (AFB)
	Der Prüfling	
1	erklärt die Beobachtungen bei der Versuchsreihe zur Wirksamkeit von Ätzbädern mit Natriumperoxodisulfat, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Bei dem farblosen, nicht brennbaren Gas kann es sich nur um Sauerstoff handeln, der beim Zerfall von Natriumperoxodisulfat gebildet wird. • Die Blaufärbung wird durch Vorliegen von Kupfer(II)-Ionen in der Lösung hervorgerufen: Kupfer wird oxidiert und geht in Lösung. 	6 (II)
2	prüft, ob durch Einblasen von Sauerstoff die Haltbarkeit dieser Ätzbäder erhöht werden kann, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • $U^\circ(2 \text{SO}_4^{2-}/\text{S}_2\text{O}_8^{2-}) \gg U^\circ(\text{H}_2\text{O}/\text{O}_2, 4\text{H}^+)$ • Durch Luftsauerstoff können Sulfat-Ionen nicht oxidiert werden, daher ist ein Regenerieren des Bades durch Einblasen von Sauerstoff nicht möglich. 	4 (II)
3a	erläutert das Absinken des Potentials einer Ätzlösung mit Peroxodisulfat beim Ätzwvorgang, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Während des Ätzwvorgangs nimmt die Konzentration der Peroxodisulfat-Ionen ab, die Konzentration der Sulfat-Ionen nimmt zu. • Das Potential $U(2 \text{SO}_4^{2-}/\text{S}_2\text{O}_8^{2-})$ sinkt daher. 	4 (I)
3b	erläutert das Absinken des Potentials einer Ätzlösung mit Natriumperoxodisulfat bei Aufbewahrung nach einer Platinenätzung, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Durch Zerfall nimmt die Konzentration der Peroxodisulfat-Ionen ab. • Das Potential $U(2 \text{SO}_4^{2-}/\text{S}_2\text{O}_8^{2-})$ sinkt daher. 	4 (II)
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 (AFB)	EK ²	ZK	DK
	Der Prüfling				
1a	erklärt die Beobachtungen ...	4 (I)			
1b	erklärt die Beobachtungen ...	6 (II)			
1c	erklärt die Beobachtungen ...	6 (II)			
2	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe 1. Teilaufgabe	16			

Teilaufgabe 2

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl (AFB)	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	erläutert anhand von ...	8 (II)			
2	prüft, ob ein ...	8 (III)			
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe 2. Teilaufgabe	16			

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

Teilaufgabe 3

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl (AFB)	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	gibt eine beschriftete ...	8 (I)			
2	berechnet die Spannung ...	2 (I)			
3	berechnet mithilfe der ...	6 (III)			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe 3. Teilaufgabe	16			

Teilaufgabe 4

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl (AFB)	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	erklärt die Beobachtungen ...	6 (II)			
2	prüft, ob durch ...	4 (II)			
3a	erläutert das Absinken ...	4 (I)			
3b	erläutert das Absinken ...	4 (II)			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe 4. Teilaufgabe	18			
	Summe der 1., 2., 3. und 4. Teilaufgabe	66			

Darstellungsleistung

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

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

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

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

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

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

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

Unterschrift, Datum

Grundsätze für die Bewertung (Notenfindung)

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

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



Name: _____

Abiturprüfung 2010

Chemie, Leistungskurs

Aufgabenstellung:

Herstellung, Wirkung und Verwendung von 2-Aminoethansulfonsäure (Taurin)

1. Erläutern Sie die Reaktionen zur Herstellung von Ethansulfonsäure aus 1-Chlorethan und geben Sie dabei die entsprechenden Reaktionsgleichungen in Strukturformeln an. Erläutern Sie den Ablauf der Reaktion von 1-Chlorethan mit Natriumsulfit in Einzelschritten. (16 Punkte)
2. Ordnen Sie den Reaktionsschritten (2), (3) und (5) der industriellen Taurinsynthese jeweils einen Reaktionstyp zu. Begründen Sie Ihre Zuordnung. (18 Punkte)
3. Entwickeln Sie eine Reaktionsgleichung für die Reaktion von Wasserstoffperoxid mit Chlorid-Ionen. Erläutern Sie diese Reaktion anhand von Oxidationszahlen. Stellen Sie für die Reaktion von Taurin und hypochloriger Säure zu N-Monochlortaurin eine Reaktionsgleichung in Strukturformeln auf. (14 Punkte)
4. Erläutern Sie das Löseverhalten von Taurin. Bewerten Sie den Einsatz von Taurin in Energy-Drinks. Nehmen Sie auf der Grundlage der gegebenen Informationen Stellung zu den im Text genannten Werbeaussagen von Red Bull. (18 Punkte)

Zugelassene Hilfsmittel:

- Wissenschaftlicher Taschenrechner
- Periodensystem
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung



Name: _____

Fachspezifische Vorgaben:

2-Aminoethansulfonsäure (Taurin) ist eine natürliche Substanz, die im Organismus beim Abbau von schwefelhaltigen Aminosäuren entsteht. Pro Tag werden 50 bis 125 mg Taurin gebildet, was den täglichen Bedarf eines Erwachsenen deckt. Auch mit der Nahrung wird Taurin aufgenommen, bei üblichen Essgewohnheiten ca. 40 bis 80 mg pro Tag. Die höchsten Konzentrationen findet man in Fisch, Fleisch und Milch. Im Körper eines Erwachsenen sind 12 bis 18 g Taurin gespeichert.



2-Aminoethansulfonsäure

Taurin (von *taurus* (lat.: Stier)) ist eine kristalline Substanz, die in Wasser löslich, in Ethanol dagegen unlöslich ist. Erstmals wurde Taurin im Jahr 1827 aus Stiergalle isoliert. Heute wird Taurin nur noch synthetisch hergestellt. Während die einfacher gebaute Ethansulfonsäure in zwei Schritten hergestellt werden kann, ist die Synthese von Taurin deutlich aufwendiger.

Zur Herstellung von **Ethansulfonsäure** wird zunächst 1-Chlorethan (C₂H₅Cl) mit Natriumsulfit (Na₂SO₃) umgesetzt. Das entstehende Salz wird anschließend mit Chlorwasserstoff (HCl) zur Reaktion gebracht.

Die Herstellung von **2-Aminoethansulfonsäure** (Taurin) geht von Ethen aus, das in einem ersten Reaktionsschritt zu dem reaktionsfähigen Ethenoxid (Ethylenoxid, Epoxid) reagiert (siehe Abbildung 1, Seite 3).

Nach Untersuchungen der Gesellschaft für Ernährung zeigt Taurin im Organismus eine antioxidative Wirkung. Wenn der Abbau von Wasserstoffperoxid (H₂O₂), einem starken Oxidationsmittel, im Körper verzögert ist, kann dieses mit Chlorid-Ionen der Zellflüssigkeit zu hypochloriger Säure (HOCl), einem starken, zellschädigenden Oxidationsmittel, reagieren. Die antioxidative Wirkung von Taurin beruht darauf, dass es mit der hypochlorigen Säure zu N-Monochlortaurin und Wasser reagiert. N-Monochlortaurin ist ein längerlebigeres, aber viel schwächeres Oxidationsmittel als hypochlorige Säure. Der Zelle bleibt somit mehr Zeit zur Entgiftung, bevor Schäden verursacht werden.

Mit Taurin sind Assoziationen wie „Kraft“, „Energie“ und „Ausdauer“ verbunden, die von der Werbung erfolgreich eingesetzt werden, um „Energy-Drinks“ zu vermarkten. Diese Getränke enthalten häufig 80 bis 130 g/L Zucker, 230 bis 320 mg/L Coffein und 250 bis 4000 mg/L Taurin. In wissenschaftlichen Studien konnte bislang keine leistungssteigernde Wirkung des Taurins nachgewiesen werden.



Name: _____

Einer Internetwerbung des Herstellers Red Bull sind folgende Informationen zu entnehmen:
„Taurin ist unter anderem auch an lebenswichtigen Funktionen des menschlichen Körpers beteiligt. Es wirkt nicht nur als Antioxidationsmittel, sondern nachweislich auch als Entgiftungsmittel, da Taurin schädliche Stoffe bindet und damit für ein schnelleres Ausscheiden dieser Stoffe aus dem Körper sorgt.“

„Red Bull Energy Drink belebt Körper und Geist, steigert die Leistungsfähigkeit, verbessert die Konzentrations- und Reaktionsfähigkeit, erhöht den Wachheitsgrad, fördert das emotionale Wohlbefinden und kurbelt den Stoffwechsel an.“

Industrielle Synthese von 2-Aminoethansulfonsäure (Taurin)

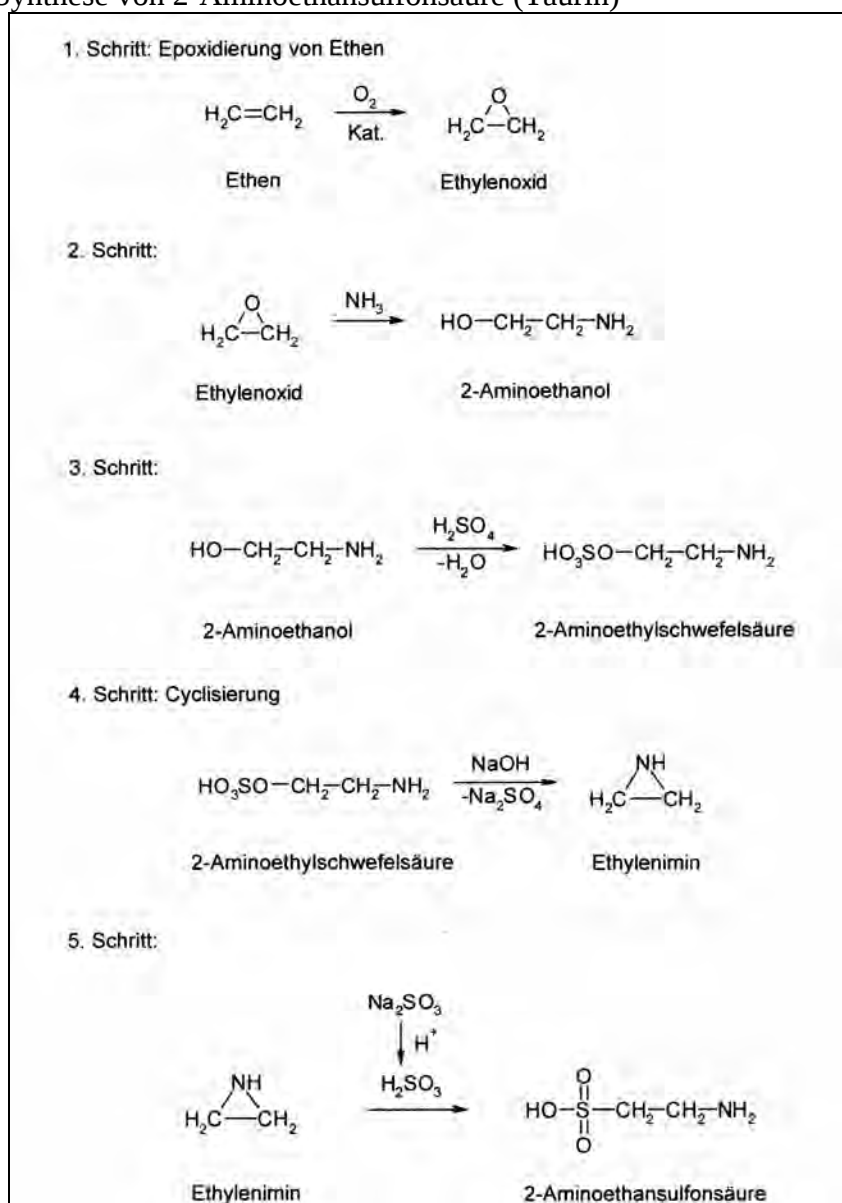


Abbildung 1: Industrielle Synthese von Taurin



Name: _____

Zusatzinformationen:

N-Monochlortaurin:

Das Chlor-Atom ist an das Stickstoff-Atom gebunden.

NH₃: Ammoniak
H₂SO₃: Schweflige Säure
H₂SO₄: Schwefelsäure

Unterlagen für die Lehrkraft**Abiturprüfung 2010**
Chemie, Leistungskurs**1. Aufgabenart**

Bearbeitung einer Aufgabe, die auf fachspezifischen Vorgaben basiert

2. Aufgabenstellung**Herstellung, Wirkung und Verwendung von 2-Aminoethansulfonsäure (Taurin)**

1. Erläutern Sie die Reaktionen zur Herstellung von Ethansulfonsäure aus 1-Chlorethan und geben Sie dabei die entsprechenden Reaktionsgleichungen in Strukturformeln an. Erläutern Sie den Ablauf der Reaktion von 1-Chlorethan mit Natriumsulfit in Einzelschritten. (16 Punkte)
2. Ordnen Sie den Reaktionsschritten (2), (3) und (5) der industriellen Taurinsynthese jeweils einen Reaktionstyp zu. Begründen Sie Ihre Zuordnung. (18 Punkte)
3. Entwickeln Sie eine Reaktionsgleichung für die Reaktion von Wasserstoffperoxid mit Chlorid-Ionen. Erläutern Sie diese Reaktion anhand von Oxidationszahlen. Stellen Sie für die Reaktion von Taurin und hypochloriger Säure zu N-Monochlortaurin eine Reaktionsgleichung in Strukturformeln auf. (14 Punkte)
4. Erläutern Sie das Löseverhalten von Taurin. Bewerten Sie den Einsatz von Taurin in Energy-Drinks. Nehmen Sie auf der Grundlage der gegebenen Informationen Stellung zu den im Text genannten Werbeaussagen von Red Bull. (18 Punkte)

3. Materialgrundlage:

- Beyer, H.; Walter, W.: Lehrbuch der organischen Chemie, 19. Aufl., S. Hirzel Verlag, Stuttgart 1981, S. 289 f.
- Christen, H. R.: Grundlagen der organischen Chemie, 5. Aufl., Otto Salle Verlag, Frankfurt 1982, S. 206
- Stryer, L.: Biochemie, 4. Aufl., Spektrum-der-Wissenschaft-Verlagsgesellschaft, Heidelberg 1990, S. 585
- <http://www.pharmazie.uni-wuerzburg.de/Studium/Lmc/Seminare/taurin.pdf> (14.02.2009)
- <http://www.dge.de/> (14.02.2009)
- <http://www.redbull.de/> (14.02.2009)

4. Bezüge zu den Vorgaben 2010

1. Inhaltliche Schwerpunkte

Themenfeld: Reaktionswege zur Herstellung von Stoffen in der organischen Chemie

- Verknüpfung von Reaktionen zu Reaktionswegen
- Reaktionstypen: Einordnung von organischen Reaktionen nach Substitution, Addition, Eliminierung einschließlich Kenntnisse über die charakteristischen Reaktionsschritte
- Aufklärung eines Reaktionsmechanismus: nukleophile Substitution (S_N2)
- Stoffklassen: Alkane, Alkene, Halogenalkane, Alkanole, Carbonsäuren, Ester
- Einfluss der Molekülstrukturen auf das Reaktionsverhalten

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 (AFB) ¹
	Der Prüfling	
1a	gibt Reaktionsgleichungen in Strukturformeln für die Herstellung von Ethansulfonsäure aus 1-Chlorethan an.	4 (I)
1b	erläutert die Reaktionen zur Herstellung von Ethansulfonsäure aus 1-Chlorethan, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Bei der Reaktion von 1-Chlorethan mit Natriumsulfit handelt es sich um eine nucleophile Substitution des Chlor-Atoms durch das Sulfit-Ion. • Bei der Reaktion des Sulfonsäure-Salzes mit Chlorwasserstoff handelt es sich um eine Protonenübertragungsreaktion. 	4 (I)
2	erläutert den Ablauf der Reaktion von 1-Chlorethan mit Natriumsulfit in Einzelschritten, indem er z. B. auf die polare Cl-C-Bindung, das Sulfit-Ion mit seinem freiem Elektronenpaar am Schwefel-Atom als Nucleophil, den nucleophilen Angriff des Sulfit-Ions, die Bildung eines Übergangszustands und die Abspaltung des Chlorid-Ions (Abgangsgruppe) eingeht.	8 (II)
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

¹ AFB = Anforderungsbereich

Teilaufgabe 2

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl (AFB)
	Der Prüfling	
1a	ordnet dem Reaktionsschritt (3) der industriellen Taurinsynthese den Reaktionstyp der nucleophilen Substitution zu.	2 (I)
1b	ordnet den Reaktionsschritten (2) und (5) der industriellen Taurinsynthese jeweils den Reaktionstyp der nucleophilen Substitution zu (alternativ: Reaktionstyp Addition).	4 (II)
2a	begründet die Zuordnung bei Reaktionsschritt (3), indem er z. B. auf die positive Teilladung des Kohlenstoff-Atoms, das die Hydroxy-Gruppe trägt, die Protonierung der Hydroxy-Gruppe und die Substitution durch ein Schwefelsäure-Molekül bzw. ein Hydrogensulfat-Ion eingeht.	6 (II)
2b	begründet die Zuordnungen bei den Reaktionsschritten (2) und (5), indem er z. B. jeweils auf die Teilladungen in den Edukten Ethylenoxid und Ethylenimin (polare C-O- bzw. C-N-Bindungen) und die Nucleophilie des Ammoniaks und der schwefeligen Säure eingeht und darstellt, dass es in beiden Fällen durch die Anlagerung des Nucleophils zur Ringöffnung kommt (intramolekulare Abgangsgruppe). (Alternativ: Da es durch nucleophilen Angriff zu einer Ringöffnung, aber nicht zur Abspaltung einer Abgangsgruppe aus dem Molekül kommt, handelt es sich insgesamt um eine Addition an die ringförmigen Edukte.)	6 (III)
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 3

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl (AFB)
	Der Prüfling	
1	entwickelt eine Reaktionsgleichung für die Reaktion von Wasserstoffperoxid mit Chlorid-Ionen zu hypochloriger Säure.	4 (II)
2a	gibt die Oxidationszahlen der Sauerstoff- und Chlor-Atome an.	4 (I)
2b	erläutert die Reaktion als Redoxreaktion, indem er auf die Reduktion der Sauerstoff-Atome aus dem Wasserstoffperoxid-Molekül (Erniedrigung der Oxidationszahlen von $-I$ zu $-II$) und die Oxidation der Chlorid-Ionen (Erhöhung der Oxidationszahl von $-I$ auf $+I$) eingeht.	4 (III)
3	stellt für die Reaktion von Taurin und hypochloriger Säure zu N-Monochlortaurin eine Reaktionsgleichung in Strukturformeln auf.	2 (II)
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 4

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl (AFB)
	Der Prüfling	
1a	erläutert die Löslichkeit von Taurin in Wasser, indem er auf die kurze Kohlenwasserstoffkette, die beiden polaren Gruppen (Amino- und Sulfonsäure-Gruppe) und die Bildungsmöglichkeiten von Wasserstoffbrücken-Bindungen mit Wasser eingeht.	4 (II)
1b	erläutert das Löseverhalten von Taurin, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Taurin liegt in Wasser wahrscheinlich ionisch vor, da es sich in Wasser löst, in Ethanol jedoch nicht (Salzcharakter; Sulfonsäure-Gruppe reagiert als Säure, Amino-Gruppe reagiert als Base.) 	4 (III)
2	bewertet den Einsatz des Taurins in Energy-Drinks, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Der Körper synthetisiert mit 50 bis 125 mg genügend Taurin, um den täglichen Bedarf zu decken, mit der normalen Kost werden zudem täglich 40 bis 80 mg Taurin aufgenommen und der Körper hat mit 12 bis 18 g große Reserven an Taurin. • Eine Anreicherung von Lebensmitteln wie Energy-Drinks mit Taurin von bis zu 4 g/L erscheint daher weder notwendig noch sinnvoll. 	4 (I)
3	nimmt zu den verschiedenen Werbeaussagen Stellung, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Die Werbeaussagen zum Taurin können aufgrund der gegebenen Informationen als teilweise sachlich richtig bewertet werden, da Taurin eine antioxidative Wirkung entfalten kann. • Die belebende Wirkung könnte auch auf das enthaltene Koffein und teilweise auf den Zucker zurückzuführen sein. • Da in wissenschaftlichen Studien keine leistungssteigernde Wirkung des Taurins festgestellt werden konnte, ist diese Werbeaussage kritisch zu bewerten. 	6 (II)
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 (AFB)	EK ²	ZK	DK
	Der Prüfling				
1a	gibt Reaktionsgleichungen in ...	4 (I)			
1b	erläutert die Reaktionen ...	4 (I)			
2	erläutert den Ablauf ...	8 (II)			
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe 1. Teilaufgabe	16			

Teilaufgabe 2

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl (AFB)	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1a	ordnet dem Reaktionsschritt ...	2 (I)			
1b	ordnet den Reaktionsschritten ...	4 (II)			
2a	begründet die Zuordnung ...	6 (II)			
2b	begründet die Zuordnungen ...	6 (III)			
3	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 (AFB)	EK	ZK	DK
1	entwickelt eine Reaktionsgleichung ...	4 (II)			
2a	gibt die Oxidationszahlen ...	4 (I)			
2b	erläutert die Reaktion ...	4 (III)			
3	stellt für die ...	2 (II)			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe 3. Teilaufgabe	14			

Teilaufgabe 4

	Anforderungen Der Prüfling	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl (AFB)	EK	ZK	DK
1a	erläutert die Löslichkeit ...	4 (II)			
1b	erläutert das Löseverhalten ...	4 (III)			
2	bewertet den Einsatz ...	4 (I)			
3	nimmt zu den ...	6 (II)			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe 4. Teilaufgabe	18			
	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 2010

Chemie, Leistungskurs

Aufgabenstellung:

Alter Farbstoff: Doebners Violett

1. Ordnen Sie den Farbstoff Doebners Violett einer Farbstoffklasse zu. Erklären Sie am Beispiel von Doebners Violett den Zusammenhang zwischen Farbigkeit, Lichtabsorption und Molekülstruktur. Zeichnen Sie dazu zwei mesomere Grenzstrukturen. *(14 Punkte)*
2. Geben Sie ausgehend von Toluol ein Fließschema zur Herstellung von Doebners Violett an und erläutern Sie die Reaktionsschritte der Farbstoffsynthese. Erklären Sie anhand entsprechender Reaktionsschemata, warum es bei der Chlorierung von Toluol zu Benzotrichlorid in Gegenwart von Eisen zu unerwünschten Nebenreaktionen kommen kann. *(22 Punkte)*
3. Entwickeln Sie den Ablauf (Mechanismus) der Reaktion zwischen Anilin und Benzotrichlorid in Einzelschritten anhand von Strukturformeln. Begründen Sie den Ort der Anlagerung des Benzotrichlorids an das Anilin. Erklären Sie mithilfe von Grenzstrukturen, warum das Chlorid-Ion im letzten Schritt der Farbstoffsynthese relativ leicht abgespalten wird. *(16 Punkte)*
4. Erläutern Sie die Farbänderung der Farbstofflösung bei Zugabe von Salzsäure und die Entfärbung bei Zugabe von Natronlauge. Beurteilen Sie die Verwendung von Doebners Violett als Farbstoff für dokumentenechte Tinte. *(14 Punkte)*

Zugelassene Hilfsmittel:

- Wissenschaftlicher Taschenrechner
- Periodensystem
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung



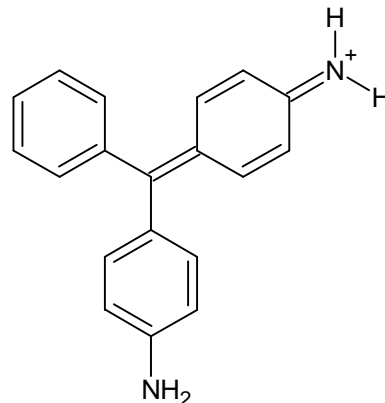
Name: _____

Fachspezifische Vorgaben:

Doebners Violett, das nach dem Chemiker Oskar Doebner benannt wurde, gehört zu einer Farbstoffklasse, die früher wegen ihrer Farbbrillanz häufig in der Textilfärberei verwendet wurde. Farbstoffe aus dieser Klasse werden heute zum Färben von Papier, Tinte und teilweise auch zum Färben von Lebensmitteln verwendet.

Ausgangsstoffe für die Herstellung von Doebners Violett sind Toluol und Anilin.

- I. Toluol wird bei erhöhter Temperatur und UV-Bestrahlung mit Chlor umgesetzt. Dabei entsteht Benzotrichlorid. Diese Reaktion wird in eisenfreien Glasbehältern durchgeführt, da durch Spuren von Eisen unerwünschte Nebenreaktionen, z. B. zu p-Chlortoluol, eintreten können.
- II. Die Synthese des Farbstoffes erfolgt durch Umsetzung von 2 mol Anilin und 1 mol Benzotrichlorid in einem alkalischen Milieu. Dabei wird ein farbloses Zwischenprodukt mit der Summenformel $C_{19}H_{17}N_2Cl$ gebildet, aus dem sich durch Abspaltung eines Chlorid-Ions Doebners Violett bildet.



Doebners Violett (Kation)

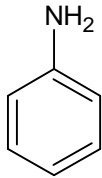
Bei Zugabe von Salzsäure zu einer purpur-violetten Lösung des Farbstoffes Doebners Violett schlägt die Farbe nach Gelb um, bei Zugabe von Natronlauge wird die Farbstofflösung entfärbt.

Dokumentenechte Tinte muss verschiedene Kriterien erfüllen. Die Farbe muss über Jahre hinweg lesbar sein, ohne zu verblassen. Unter Einfluss von Wasser darf die Tinte nicht verlaufen und muss resistent gegen bestimmte Chemikalien und Lösungsmittel sein.

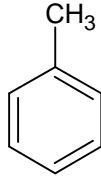


Name: _____

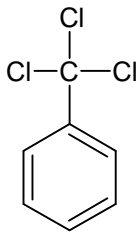
Zusatzinformationen:



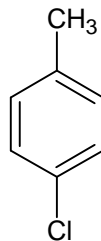
Anilin



Toluol



Benzotrichlorid



p-Chlortoluol

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 2010****Chemie, Leistungskurs****1. Aufgabenart**

Bearbeitung einer Aufgabe, die auf fachspezifischen Vorgaben basiert

2. Aufgabenstellung**Alter Farbstoff: Doebners Violett**

1. Ordnen Sie den Farbstoff Doebners Violett einer Farbstoffklasse zu. Erklären Sie am Beispiel von Doebners Violett den Zusammenhang zwischen Farbigkeit, Lichtabsorption und Molekülstruktur. Zeichnen Sie dazu zwei mesomere Grenzstrukturen. *(14 Punkte)*
2. Geben Sie ausgehend von Toluol ein Fließschema zur Herstellung von Doebners Violett an und erläutern Sie die Reaktionsschritte der Farbstoffsynthese. Erklären Sie anhand entsprechender Reaktionsschemata, warum es bei der Chlorierung von Toluol zu Benzotrichlorid in Gegenwart von Eisen zu unerwünschten Nebenreaktionen kommen kann. *(22 Punkte)*
3. Entwickeln Sie den Ablauf (Mechanismus) der Reaktion zwischen Anilin und Benzotrichlorid in Einzelschritten anhand von Strukturformeln. Begründen Sie den Ort der Anlagerung des Benzotrichlorids an das Anilin. Erklären Sie mithilfe von Grenzstrukturen, warum das Chlorid-Ion im letzten Schritt der Farbstoffsynthese relativ leicht abgespalten wird. *(16 Punkte)*
4. Erläutern Sie die Farbänderung der Farbstofflösung bei Zugabe von Salzsäure und die Entfärbung bei Zugabe von Natronlauge. Beurteilen Sie die Verwendung von Doebners Violett als Farbstoff für dokumentenechte Tinte. *(14 Punkte)*

3. Materialgrundlage

- <http://www.old.uni-bayreuth.de/departements/didaktikchemie/umat/farbstoffe1/triphenylmethan.htm> (11.03.09)
- <http://www.chemie.de/lexikon/d/Dokumentenechtheit> (02.10.09)

4. Bezüge zu den Vorgaben 2010

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

5. Zugelassene Hilfsmittel

- Wissenschaftlicher Taschenrechner
- Periodensystem
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung

6. Vorgaben für die Bewertung der Schülerleistungen

Teilleistungen – Kriterien

a) inhaltliche Leistung

Teilaufgabe 1

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl (AFB) ¹
	Der Prüfling	
1	ordnet den Farbstoff Doebners Violett der Klasse der Triphenylmethanfarbstoffe zu.	2 (I)
2	erklärt am Beispiel von Doebners Violett den Zusammenhang zwischen Farbigkeit, Lichtabsorption und Molekülstruktur, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Die purpur-violette Farbstofflösung absorbiert im grünen bis gelbgrünen Spektralbereich. • Die Moleküle besitzen ein delokalisiertes π-Elektronensystem mit drei Phenylringen (Chromophor), die von sichtbarem Licht angeregt werden. • Die Aminogruppe mit +M-Effekt (Auxochrom) erweitert das π-Elektronensystem. • Art und Anzahl der Substituenten beeinflussen die Wellenlängen der absorbierten Spektralfarben. 	8 (I)
3	zeichnet dazu zwei mesomere Grenzstrukturen.	4 (II)
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 2

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl (AFB) ¹
	Der Prüfling	
1	gibt ein Fließschema zur Herstellung von Doebners Violett mit den Strukturformeln von Toluol, Benzotrichlorid, Anilin und den entsprechenden Reaktionsprodukten an.	6 (I)
2	erläutert die Reaktionsschritte der Farbstoffsynthese. <i>(Es wird erwartet, dass der Prüfling auf die Substitution der Wasserstoff-Atome der Methylgruppe durch Chlor-Atome, auf die Substitution der zwei Chlor-Atome des Benzotrichlorids durch Anilin-Moleküle, auf die Elektrophilie von Benzotrichlorid (1. Schritt) und substituiertem Benzodichlorid (2. Schritt) sowie auf die Entstehung des Farbstoffes durch Abspaltung eines Chlorid-Ions aus dem farblosen Zwischenprodukt eingeht.)</i>	8 (II)
3	erklärt anhand entsprechender Reaktionsschemata, warum es bei der Chlorierung von Toluol zu Benzotrichlorid in Gegenwart von Eisen zu unerwünschten Nebenreaktionen kommen kann, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • In Anwesenheit von Eisen entsteht durch Reaktion mit Chlor Eisentrichlorid (hierzu Reaktionsschema). • Eisentrichlorid wirkt als Katalysator. • Es findet eine Chlorierung des Toluols am Kern statt (hierzu Reaktionsschema). 	8 (II)
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 3

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl (AFB)
	Der Prüfling	
1	entwickelt den Ablauf (Mechanismus) der Reaktion zwischen Anilin und Benzotrichlorid in Einzelschritten anhand von Strukturformeln, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Wechselwirkung des elektrophilen Teilchens Benzotrichlorid mit den π-Elektronen des Anilins und Bildung eines Carbenium-Ions, • Protonen-Abspaltung und Neutralisation in alkalischer Lösung, • Rückbildung des aromatischen Systems. 	6 (II)
2	begründet den Ort der Anlagerung des Benzotrichlorids an das Anilin, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Die Aminogruppe dirigiert in o- und p-Stellung. • Die p-Stellung wird aus sterischen Gründen bevorzugt. 	4 (II)
3	erklärt mithilfe von mesomeren Grenzstrukturen, warum das Chlorid-Ion relativ leicht abgespalten wird, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Entstehung eines mesomeriestabilisierten, energiearmen Carbenium-Ions (mesomere Grenzstrukturen), • das konjugierte Doppelbindungssystem wird über das zentrale Kohlenstoff-Atom auf drei Phenylringe erweitert. 	6 (III)
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

¹ AFB = Anforderungsbereich

Teilaufgabe 4

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl (AFB)
	Der Prüfling	
1a	erläutert die Farbänderung der Farbstofflösung bei Zugabe von Salzsäure, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> Die Farbänderung nach Gelb (Absorption von energiereicherem, blauen Licht) deutet auf eine Verkleinerung des π-Elektronensystems hin. Diese wird durch die Protonierung der Amino-Gruppe, die zum Verlust des +M-Effektes führt, hervorgerufen. 	4 (III)
1b	stellt die Protolysegleichung für die Reaktion von Döbners Violett mit Säure auf.	2 (I)
2a	erläutert die Entfärbung der Farbstofflösung bei Zugabe von Natronlauge, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> Die Entfärbung der Farbstofflösung zeigt eine Aufhebung des delokalisierten π-Elektronensystems an. Das zentrale C-Atom wird durch Addition eines Hydroxid-Ions blockiert. 	4 (III)
2b	stellt die Gleichung für die Addition eines Hydroxid-Ions an das zentrale C-Atom auf.	2 (II)
3	beurteilt die Verwendung von Döbners Violett als Farbstoff für dokumentenechte Tinte, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> Der gelöste Farbstoff ist nicht resistent gegenüber Säuren und Laugen und kann deshalb nicht als dokumentenechte Tinte verwendet werden. 	2 (II)
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 (AFB)	EK ²	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	ordnet den Farbstoff ...	2 (I)			
2	erklärt am Beispiel ...	8 (I)			
3	zeichnet dazu zwei ...	4 (II)			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe 1. Teilaufgabe	14			

Teilaufgabe 2

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl (AFB)	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	gibt ein Fließschema ...	6 (I)			
2	erläutert die Reaktionsschritte ...	8 (II)			
3	erklärt anhand entsprechender ...	8 (II)			
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 (AFB)	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	entwickelt den Ablauf ...	6 (II)			
2	begründet den Ort ...	4 (II)			
3	erklärt mithilfe von ...	6 (III)			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe 3. Teilaufgabe	16			

Teilaufgabe 4

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl (AFB)	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1a	erläutert die Farbbänderung ...	4 (III)			
1b	stellt die Protolysegleichung ...	2 (I)			
2a	erläutert die Entfärbung ...	4 (III)			
2b	stellt die Gleichung ...	2 (II)			
3	beurteilt die Verwendung ...	2 (II)			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe 4. Teilaufgabe	14			
	Summe der 1., 2., 3. und 4. Teilaufgabe	66			

Darstellungsleistung

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

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

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

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

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

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

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

Unterschrift, Datum

Grundsätze für die Bewertung (Notenfindung)

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

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



Name: _____

Abiturprüfung 2010

Chemie, Leistungskurs

Aufgabenstellung:

Werkstoffe für Brillengläser

1. Erläutern Sie, wie der Kunststoff CR39 aus dem angegebenen Monomer hergestellt werden kann. Zeichnen Sie für die Herstellung von CR39 entsprechende Reaktionsschemata mit Strukturformelausschnitten und geben Sie begründet die Kunststoffklasse des entstehenden Polymers an. (16 Punkte)
2. Geben Sie ein Reaktionsschema mit Strukturformeln zur Bildung von Polycarbonat, den Reaktionstyp und die Strukturmerkmale an, die die Monomere für diesen Reaktionstyp aufweisen müssen. Ordnen Sie das Produkt einer Kunststoffklasse zu. Erläutern Sie die Unbeständigkeit von Polycarbonat gegenüber stark alkalischen Lösungen. (18 Punkte)
3. Erläutern Sie die Vorgänge bei der technischen Herstellung von Polycarbonat im Grenzflächenreaktionsverfahren. Entwickeln Sie für die Phenolatbildung eine Reaktionsgleichung mit Strukturformeln. (16 Punkte)
4. Vergleichen Sie die Stoffeigenschaften von Polycarbonat und Glas. Erklären Sie die unterschiedlichen Erweichungstemperaturen der beiden Werkstoffe mit ihrem strukturellen Aufbau. Diskutieren Sie Vor- bzw. Nachteile der beiden Materialien in Bezug auf die Verwendung für Brillengläser. (16 Punkte)

Zugelassene Hilfsmittel:

- Wissenschaftlicher Taschenrechner
- Periodensystem
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung



Name: _____

Fachspezifische Vorgaben:

Für Brillen werden zunehmend Gläser aus Kunststoff verwendet. In vielen Bereichen dürfen aus Sicherheitsgründen nur noch Brillen mit Kunststoffgläsern getragen werden. Diese Kunststoffgläser werden aus den verschiedensten Materialien hergestellt.

Der erste Kunststoff, aus dem Brillengläser hergestellt wurden, ist Polydiethylenglykoldiallylcarbonat (CR39). CR39 wurde im Jahr 1940 erstmalig synthetisiert und war von 1960 an 20 Jahre lang der Standardkunststoff für Brillengläser. CR39 wird aus Allyldiglykolcarbonat (siehe Zusatzinformationen) mit einem Starter wie z. B. Dibenzoylperoxid hergestellt. CR39 besitzt für Gläser eine hohe optische Qualität und wird immer noch verwendet, ist allerdings kratzempfindlicher als Glas. Für besonders hochwertige Gläser wird heute jedoch häufig ein Polycarbonat verwendet.

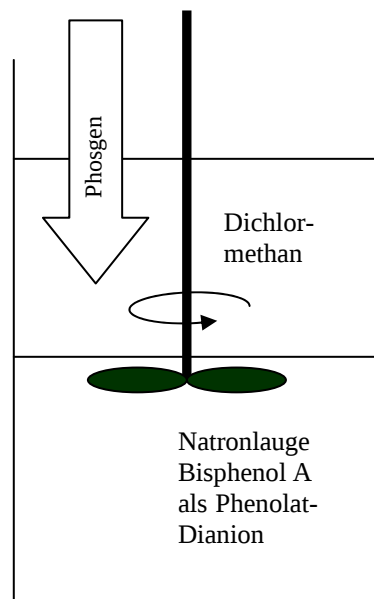
Polycarbonate zeichnen sich durch hervorragende mechanische, thermische und optische Eigenschaften aus. Sie besitzen zudem eine hohe Schlagfestigkeit, Wärmeformbeständigkeit und Härte. Sie sind unbeständig gegenüber konzentrierten alkalischen Lösungen und unlöslich in Kohlenwasserstoffen. Löslich sind sie in Chlorkohlenwasserstoffen, insbesondere in Dichlormethan.

Polycarbonate sind synthetische Polymere aus Phosgen und einem Diol. Im Jahr 1953 wurde das erste industriell relevante Polycarbonat, MAKROLON®, aus 2,2-Bis(4-hydroxyphenyl)-propan (Bisphenol A) und Phosgen entwickelt.

Die technische Herstellung von MAKROLON® aus Bisphenol A und Phosgen (Kohlensäuredichlorid) erfolgt weitgehend über ein Grenzflächenreaktionsverfahren: Dabei wird das Bisphenol A in Natronlauge gelöst und liegt dort als Phenolat-Dianion vor. In Gegenwart von Dichlormethan (nicht in Wasser löslich) wird das gasförmige Phosgen bei Raumtemperatur unter Rühren und Kühlen eingeleitet. An der Phasengrenzfläche beginnt dann die Reaktion zum Polymer, das sich nicht in Wasser, jedoch in Dichlormethan löst.

Nach Beendigung der Reaktion wird MAKROLON® aus der Dichlormethan-Lösung durch Fällung gewonnen. Als Fällungsmittel eignen sich z. B. Kohlenwasserstoffe. Nach Abtrennen des Lösungs- und Fällungsmittelgemisches wird das Produkt getrocknet und weiter verarbeitet.

Mineralglas ist ein harter, spröder, amorpher Stoff, der aus einer Schmelze von Siliciumdioxid mit Alkali- und Erdalkalisalzen erstarrt. Physikalisch gesehen ist es eine eingefrorene, unterkühlte Flüssigkeit. Glas ist beständig gegen fast alle Chemikalien, nur sehr starke Alkalien und Flusssäure greifen das Glas an.

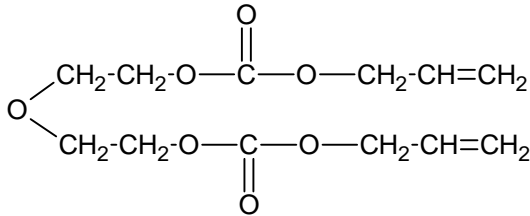




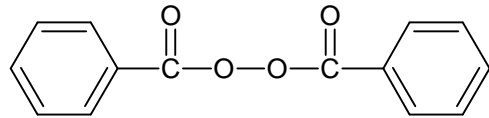
Name: _____

Zusatzinformationen:

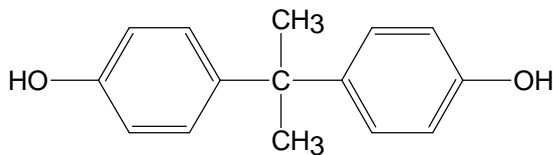
Strukturformeln



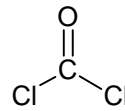
Allyldiglykol-Carbonat (Monomer für CR39)



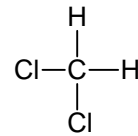
Dibenzoylperoxid



Bisphenol-A



Phosgen



Dichlormethan

Phosgen

Phosgen ist ein giftiges Gas. Es ist gut in organischen Lösemitteln wie Benzol und Dichlormethan löslich. In Wasser löst es sich schlecht und zersetzt sich zu Kohlenstoffdioxid und Chlorwasserstoff.

Tabelle: Ausgewählte Eigenschaften der optischen Materialien

Eigenschaft	Einheit	Glas	Polycarbonat
Farbe		transparent	transparent
Brechungsindex		1,5	1,6
Dichte	g/cm ³	2,5	1,2
Schlagfestigkeit		schneller Bruch	kein Bruch
Erweichungstemperatur	°C	600	150

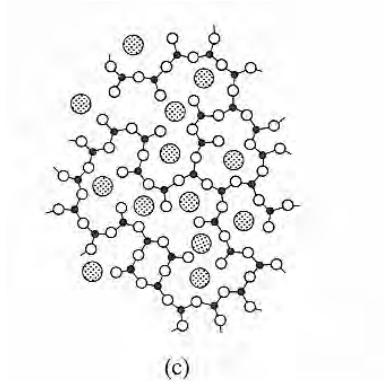
Brechungsindex:

Der Brechungsindex gibt an, wie stark Licht an einer Materialoberfläche gebrochen wird. Je höher der Brechungsindex ist, desto dünner werden Brillengläser aus diesem Material.



Name: _____

Zweidimensionales Strukturmodell von Glas:



• = Silicium o = Sauerstoff ⊗ = Alkalimetallion

Quelle: Holleman, W.: Lehrbuch der Anorganischen Chemie, de Gruyter, Berlin (1985)

Unterlagen für die Lehrkraft

Abiturprüfung 2010

Chemie, Leistungskurs

1. Aufgabenart

Bearbeitung einer Aufgabe, die auf fachspezifischen Vorgaben basiert

2. Aufgabenstellung

Werkstoffe für Brillengläser

1. Erläutern Sie, wie der Kunststoff CR39 aus dem angegebenen Monomer hergestellt werden kann. Zeichnen Sie für die Herstellung von CR39 entsprechende Reaktionsschemata mit Strukturformelausschnitten und geben Sie begründet die Kunststoffklasse des entstehenden Polymers an. (16 Punkte)
2. Geben Sie ein Reaktionsschema mit Strukturformeln zur Bildung von Polycarbonat, den Reaktionstyp und die Strukturmerkmale an, die die Monomere für diesen Reaktionstyp aufweisen müssen. Ordnen Sie das Produkt einer Kunststoffklasse zu. Erläutern Sie die Unbeständigkeit von Polycarbonat gegenüber stark alkalischen Lösungen. (18 Punkte)
3. Erläutern Sie die Vorgänge bei der technischen Herstellung von Polycarbonat im Grenzflächenreaktionsverfahren. Entwickeln Sie für die Phenolatbildung eine Reaktionsgleichung mit Strukturformeln. (16 Punkte)
4. Vergleichen Sie die Stoffeigenschaften von Polycarbonat und Glas. Erklären Sie die unterschiedlichen Erweichungstemperaturen der beiden Werkstoffe mit ihrem strukturellen Aufbau. Diskutieren Sie Vor- bzw. Nachteile der beiden Materialien in Bezug auf die Verwendung für Brillengläser. (16 Punkte)

3. Materialgrundlage

- Oberbach, K.: Saechtling Kunststoff Taschenbuch, 28. Ausgabe, München, Hanser Verlag 2001, S. 472 ff. und S. 498 ff.
- Degussa AG 2006: Mediensammlung „Kunststoffe verändern die Welt“
- Roth, K.: CD, DVD & Co. – Die Chemie der schillernden Scheiben, in: Chemie in unserer Zeit, Heft 4, 2007, S. 334 – 345
- Holleman, W.: Lehrbuch der Anorganischen Chemie, de Gruyter, Berlin (1985)
- <http://www.fn-glas.at/Glasdaten.pdf> (12.10.09)
- <http://www.keim-kunststoffe.de/d/service/datenblaetter.pdf> (12.10.09)
- <http://www.zeiss.de> (12.10.09)

4. Bezüge zu den Vorgaben 2010

1. *Inhaltliche Schwerpunkte*
 Theoriekonzept: Makromoleküle
 Themenfeld: Natürliche und synthetische Werkstoffe (Polymerisate; Polyester; Polyamide; Proteine; ionische Polymerisation ohne Taktizität)
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 (AFB) ¹
	Der Prüfling	
1	erläutert, wie der Kunststoff CR39 aus dem angegebenen Monomer hergestellt werden kann. <i>(Hinweis: Es wird erwartet, dass der Prüfling auf die radikalische Polymerisation aufgrund der Doppelbindung mit den entsprechenden Teilschritten Kettenstart, Kettenfortpflanzung und Kettenabbruch eingeht.)</i>	6 (II)
2	zeichnet für die Herstellung von CR39 entsprechende Reaktionsschemata mit Strukturformelausschnitten.	6 (II)
3	gibt begründet die Kunststoffklasse des entstehenden Polymers an: <ul style="list-style-type: none"> • Da das Monomer 2 Doppelbindungen besitzt, weist das Polymer Vernetzungen auf und ist ein Duroplast. 	4 (I)
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 2

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl (AFB)
	Der Prüfling	
1a	gibt ein Reaktionsschema mit Strukturformeln zur Bildung von Polycarbonat aus Bisphenol A und Phosgen an.	4 (II)
1b	gibt den Reaktionstyp an: Polykondensation.	2 (I)
1c	gibt die Strukturmerkmale an, die die Monomere für diesen Reaktionstyp aufweisen müssen, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Monomere müssen zwei funktionelle Gruppen enthalten, die miteinander reagieren können, hier: zwei Hydroxyl-Gruppen im Bisphenol-A-Molekül und Säuredichlorid der Kohlensäure (Phosgen). 	4 (I)
2	ordnet das Produkt einer Kunststoffklasse zu: Thermoplaste.	2 (I)
3a	erläutert die Unbeständigkeit von Polycarbonat gegenüber stark alkalischen Lösungen, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Polycarbonat ist ein Polyester aus Kohlensäure. • Ester können alkalisch hydrolysiert werden. 	4 (III)
3b	erläutert die Unbeständigkeit von Polycarbonat gegenüber stark alkalischen Lösungen: <ul style="list-style-type: none"> • Reaktionsschema für die Hydrolyse. 	2 (III)
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 3

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl (AFB)
	Der Prüfling	
1a	erläutert die Vorgänge bei der technischen Herstellung von Polycarbonat im Grenzflächenreaktionsverfahren. (Hinweis: Es wird erwartet, dass der Prüfling auf die Phenolatbildung in Natronlauge, die Einleitung des Phosgens in Dichlormethan und die Bildung der Polymere an der Grenzfläche zwischen Wasser und Dichlormethan eingeht.)	8 (II)
1b	erläutert die Vorgänge bei der technischen Synthese von Polycarbonat im Grenzflächenreaktionsverfahren, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Fällung des Produktes aus der Dichlormethan-Lösung mit einem Kohlenwasserstoff, da Polycarbonate nicht in Kohlenwasserstoffen löslich sind. 	4 (III)
2	entwickelt für die Phenolatbildung eine Reaktionsgleichung mit Strukturformeln.	4 (II)
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 4

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl (AFB) ¹
	Der Prüfling	
1	vergleicht die Stoffeigenschaften von Polycarbonat und Glas. (Hinweis: Es wird erwartet, dass der Prüfling auf die Dichte, Schlagfestigkeit und Beständigkeit gegenüber Lösemitteln und Laugen eingeht.)	6 (I)
2	erklärt die unterschiedlichen Erweichungstemperaturen der beiden Werkstoffe mit ihrem strukturellen Aufbau, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Polycarbonat hat eine niedrige Erweichungstemperatur, da zwischen den Molekülen nur schwache Wechselwirkungen (Van-der-Waals Kräfte, Dipol-Dipol-Wechselwirkungen) möglich sind. • Glas hat eine höhere Erweichungstemperatur, da zwischen den Teilchen stärkere Wechselwirkungen möglich sind. 	4 (III)
3	diskutiert Vor- bzw. Nachteile der beiden Materialien in Bezug auf die Verwendung als Brillengläser. (Hinweis: Es wird erwartet, dass der Prüfling auf drei Aspekte eingeht, wobei die zentralen Eigenschaften berücksichtigt werden müssen.)	6 (II)
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

¹ AFB = Anforderungsbereich

7. Bewertungsbogen zur Prüfungsarbeit

Name des Prüflings: _____ Kursbezeichnung: _____

Schule: _____

Teilaufgabe 1

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl (AFB)	EK ²	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	erläutert, wie der ...	6 (II)			
2	zeichnet für die ...	6 (II)			
3	gibt begründet die ...	4 (I)			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe 1. Teilaufgabe	16			

Teilaufgabe 2

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl (AFB)	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1a	gibt ein Reaktionsschema ...	4 (II)			
1b	gibt den Reaktionstyp ...	2 (I)			
1c	gibt die Strukturmerkmale ...	4 (I)			
2	ordnet das Produkt ...	2 (I)			
3a	erläutert die Unbeständigkeit ...	4 (III)			
3b	erläutert die Unbeständigkeit ...	2 (III)			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe 2. Teilaufgabe	18			

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

Teilaufgabe 3

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl (AFB)	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1a	erläutert die Vorgänge ...	8 (II)			
1b	erläutert die Vorgänge ...	4 (III)			
2	entwickelt für die ...	4 (II)			
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe 3. Teilaufgabe	16			

Teilaufgabe 4

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl (AFB)	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	vergleicht die Stoffeigenschaften ...	6 (I)			
2	erklärt die unterschiedlichen ...	4 (III)			
3	diskutiert Vor- bzw. ...	6 (II)			
4	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 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