



Name: _____

Abiturprüfung 2012

Chemie, Leistungskurs

Aufgabenstellung:

Die Kunst des Vergoldens

1. Entwickeln Sie die Teilgleichungen und die Gesamtgleichung für die Entfernung des Silbers aus der Legierung unter Angabe von Oxidationszahlen für die Schwefelverbindungen. Nennen Sie begründet drei Sicherheitsmaßnahmen, die ein Goldschmied beim Beizen einhalten muss. (12 Punkte)
2. Erläutern Sie die Vorgänge bei der Vergoldung durch das Kontaktverfahren. Geben Sie für die dabei ablaufenden Reaktionen die entsprechenden Reaktionsgleichungen an. Begründen Sie, warum Spuren von Eisen im Schmuckstück keine Auswirkungen auf das Vergolden nach Verfahren A haben. (14 Punkte)
3. Skizzieren Sie einen beschrifteten Versuchsaufbau zur galvanischen Vergoldung eines Schmuckstücks und nennen Sie die Funktionen der einzelnen Bauteile und Chemikalien. Ermitteln Sie die Oxidationszahl der Gold-Ionen im Bad des Verfahrens B. (16 Punkte)
4. Erläutern Sie, auch unter Angabe von Reaktionsgleichungen, die ablaufenden Vorgänge nach Anlegen einer Spannung im Verfahren B. Berechnen Sie aus den Angaben zur Vorvergoldung die Masse des aufgetragenen Goldes für ein Schmuckstück mit $1,0 \text{ dm}^2$ Oberfläche. Vergleichen Sie das Verfahren A mit dem Verfahren B hinsichtlich vier wesentlicher Kriterien. (24 Punkte)

Zugelassene Hilfsmittel:

- Wissenschaftlicher Taschenrechner
- Periodensystem
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung



Name: _____

Fachspezifische Vorgaben:

Um ein Schmuckstück aus einer Goldlegierung herzustellen, verwendet ein Goldschmied als Ausgangsmaterial z. B. eine Gold-Silber-Kupfer-Legierung. Diese wird bis zum Glühen erhitzt, um sie dann in die gewünschte Form zu bringen. Beim Glühen wird Kupfer oxidiert: Es bildet sich eine dünne Oxidschicht an der Oberfläche des Schmuckstücks, die nach dem Abkühlen auf Zimmertemperatur durch sogenanntes Beizen leicht entfernt werden kann. Um eine möglichst ansprechende Farbe des Schmuckstücks zu erhalten, muss die Beizlösung so abgestimmt sein, dass sie außer dem Kupferoxid auch etwas Silber entfernt. Dazu mischt der Goldschmied konzentrierte Schwefelsäure und Wasser zu gleichen Teilen. Die Entfernung von Silber erfolgt bei etwa 80 °C aufgrund der Oxidationswirkung der Schwefelsäure unter Entwicklung des giftigen Gases Schwefeldioxid.

Um Schmuckstücke z. B. aus Nickel zu vergolden, können folgende Verfahren angewandt werden:

Verfahren A:

Beim sogenannten Kontaktverfahren wird eine wässrige Badlösung verwendet, die Goldchlorsäure ($\text{H}(\text{AuCl}_4)$) enthält. Aus Goldchlorsäure werden Gold(III)-Ionen freigesetzt. In diese Badlösung taucht man das Schmuckstück, das mit Aluminiumdraht umwickelt wird. Dann wird es im Bad geschwenkt. Gold scheidet sich am Schmuckstück und am Aluminium ab. Der Vorgang wird beendet, wenn das Schmuckstück vollständig überzogen ist. Da die Goldbeschichtung sehr dünn und ungleichmäßig ist, wird der Vorgang nach Entfernung des Drahtes und erneuter Umwicklung mit Aluminiumdraht, der jetzt das Schmuckstück an anderen Stellen berührt, wiederholt. Die Apparatur ist einfach zu handhaben. Spuren anderer Metalle, z. B. Eisen, die im Schmuckstück enthalten sind, wirken sich nicht störend auf das Vergolden aus.

Verfahren B:

Bei der galvanischen Vergoldung wird auch mit einem Vergoldungsbad gearbeitet. Als Badgefäß wird eine Glaswanne verwendet. Als Bad dient eine Lösung, in der Kaliumgoldcyanid ($\text{K}[\text{Au}(\text{CN})_2]$) gelöst ist. Zusätzlich ist die Badlösung mit Dinatriumhydrogenphosphat (Na_2HPO_4) als Elektrolyt und Kaliumcyanid (KCN) versetzt. Als Elektroden werden das zu vergoldende Schmuckstück und eine Elektrode aus Feingold verwendet. Die gelösten Cyanid-Ionen aus dem zugesetzten Kaliumcyanid bilden mit den Gold-Ionen einen Komplex. Dadurch wird das Potential von Gold stark gesenkt. Die Elektroden werden leitend über eine Gleichstromquelle verbunden. Anschließend startet man eine Elektrolyse mit einer Stromstärke $I = 1 \text{ A pro dm}^2$ Oberfläche. Um eine gleichmäßige Goldschicht zu erhalten, wird eine Vorvergoldung durchgeführt. Dies dauert bis zu 30 Sekunden. Danach wird das Schmuckstück im analog aufgebauten Hauptvergoldungsbad vergoldet.



Name: _____

Zusatzinformationen:

Beize: Lösung, mit der Oberflächen von z. B. Metallen reagieren.

Komplexe: Verbindungen, die aus einem Zentralion bestehen, an das mehrere Moleküle oder Ionen angelagert sind.

Faraday-Konstante

$$F = 96485 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1} = 96485 \text{ A} \cdot \text{s} \cdot \text{mol}^{-1}$$

Elektrochemische Spannungsreihe

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

1.	Mg/Mg ²⁺	-2,36
2.	Al/Al ³⁺	-1,66
3.	Ni/Ni ²⁺	-0,23
4.	H₂ / 2 H₃O⁺	0,00
5.	Cu/Cu ²⁺	0,35
6.	Ag/Ag ⁺	0,80
7.	Au/Au ³⁺	1,50
8.	Au/Au ⁺	1,69

Unterlagen für die Lehrkraft**Abiturprüfung 2012**
Chemie, Leistungskurs**1. Aufgabenart**

Bearbeitung einer Aufgabe, die auf fachspezifischen Vorgaben basiert

2. Aufgabenstellung¹**Die Kunst des Vergoldens**

1. Entwickeln Sie die Teilgleichungen und die Gesamtgleichung für die Entfernung des Silbers aus der Legierung unter Angabe von Oxidationszahlen für die Schwefelverbindungen. Nennen Sie begründet drei Sicherheitsmaßnahmen, die ein Goldschmied beim Beizen einhalten muss. (12 Punkte)
2. Erläutern Sie die Vorgänge bei der Vergoldung durch das Kontaktverfahren. Geben Sie für die dabei ablaufenden Reaktionen die entsprechenden Reaktionsgleichungen an. Begründen Sie, warum Spuren von Eisen im Schmuckstück keine Auswirkungen auf das Vergolden nach Verfahren A haben. (14 Punkte)
3. Skizzieren Sie einen beschrifteten Versuchsaufbau zur galvanischen Vergoldung eines Schmuckstücks und nennen Sie die Funktionen der einzelnen Bauteile und Chemikalien. Ermitteln Sie die Oxidationszahl der Gold-Ionen im Bad des Verfahrens B. (16 Punkte)
4. Erläutern Sie, auch unter Angabe von Reaktionsgleichungen, die ablaufenden Vorgänge nach Anlegen einer Spannung im Verfahren B. Berechnen Sie aus den Angaben zur Vorvergoldung die Masse des aufgetragenen Goldes für ein Schmuckstück mit 1,0 dm² Oberfläche. Vergleichen Sie das Verfahren A mit dem Verfahren B hinsichtlich vier wesentlicher Kriterien. (24 Punkte)

3. Materialgrundlage

- Brepohl, E.: Theorie und Praxis des Goldschmiedes, 7. Aufl., VEB Fachbuchverlag Leipzig, 1984

¹ Die Aufgabenstellung deckt inhaltlich alle drei Anforderungsbereiche ab.

4. Bezüge zu den Vorgaben 2012

1. Inhaltliche Schwerpunkte

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

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

2. Medien/Materialien

- entfällt

5. Zugelassene Hilfsmittel

- Wissenschaftlicher Taschenrechner
- Periodensystem
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung

6. Vorgaben für die Bewertung der Schülerleistungen

Teilleistungen – Kriterien

a) inhaltliche Leistung

Teilaufgabe 1

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	<p>entwickelt die Teilgleichungen und die Gesamtgleichung für die Entfernung des Silbers aus der Legierung unter Angabe von Oxidationszahlen für die Schwefelverbindungen, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Oxidationszahlen der Schwefelatome: $+VI$ $+IV$ SO_4^{2-} SO_2 • Oxidation: $Ag \rightarrow Ag^+ + e^-$ • Reduktion: $SO_4^{2-} + 2e^- + 4 H_3O^+ \rightarrow SO_2 + 6 H_2O$ • Redoxreaktion: $SO_4^{2-} + 2 Ag + 4 H_3O^+ \rightarrow SO_2 + 6 H_2O + 2 Ag^+$ 	8
2	<p>nennt begründet drei Sicherheitsmaßnahmen, die ein Goldschmied beim Beizen einhalten muss, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Schutzbrille und Schutzkleidung tragen wegen des Umgangs mit ätzender Schwefelsäure, • unter dem Abzug arbeiten wegen der Entwicklung von giftigem Schwefeldioxid, • Säure zum Wasser geben wegen der Spritzgefahr. 	4
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 2

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	erläutert die Vorgänge bei der Vergoldung durch das Kontaktverfahren. (Hinweis: Es wird erwartet, dass der Prüfling in seiner Erläuterung auf die Potentialdifferenz zwischen Gold und dem Nickel des Schmuckstücks bzw. des Aluminiums, auf die Oxidation des unedlen Aluminiums bzw. Nickels und auf die Abscheidung des Goldes an der Oberfläche eingeht.)	6
2	gibt für die dabei ablaufenden Reaktionen die entsprechenden Reaktionsgleichungen an, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Oxidation des Aluminiums: $\text{Al} \rightarrow \text{Al}^{3+} + 3 \text{e}^-$ oder Oxidation des Nickels aus dem Schmuckstück: $\text{Ni} \rightarrow \text{Ni}^{2+} + 2 \text{e}^-$ • Reduktion: $\text{Au}^{3+} + 3 \text{e}^- \rightarrow \text{Au}$ 	4
3	begründet, warum Spuren von Eisen im Schmuckstück keine Auswirkungen auf das Vergolden nach Verfahren A haben. (Hinweis: Es wird erwartet, dass der Prüfling in seiner Begründung darauf eingeht, dass Eisen ebenfalls oxidiert und vergoldet wird und dass Gold aufgrund seines hohen Standardelektrodenpotentials das Metall ist, das abgeschieden wird, auch wenn weitere Metall-Ionen, wie z. B. Eisen, in der Badlösung gelöst sind.)	4
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 3

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	skizziert einen beschrifteten Versuchsaufbau zur galvanischen Vergoldung eines Schmuckstücks. (Hinweis: Es wird erwartet, dass der Prüfling einen Versuchsaufbau skizziert, in dem Badgefäß, Spannungsquelle, Schmuckstück und Goldelektrode als Elektroden, Kaliumgoldcyanid, Kaliumcyanid und Natriumhydrogenphosphat als Badzusätze angegeben werden.)	6
2	nennt die Funktionen der einzelnen Bauteile und Chemikalien, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Spannungsquelle: „Elektronenpumpe“ • Goldelektrode: Pluspol/Anode • Schmuckstück: Minuspol/Kathode • Kaliumgoldcyanid liefert die Gold-Ionen für die Reduktion. • Kaliumcyanid dient zur Senkung des Elektrodenpotentials des Redoxpaares Au/Au^+. • Natriumhydrogenphosphat dient zur Erhöhung der Leitfähigkeit der Lösung. 	6
3	ermittelt die Oxidationszahl der Gold-Ionen im Bad des Verfahrens B. (Hinweis: Es wird erwartet, dass der Prüfling aus der Formel von Kaliumgoldcyanid für die Gold-Ionen die Oxidationszahl +I ermittelt.)	4
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 4

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	<p>erläutert, auch unter Angabe von Reaktionsgleichungen, die ablaufenden Vorgänge nach Anlegen einer Spannung.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kathode: Reduktion von Gold(I)-Ionen $\text{Au}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Au}$, • Anode: Oxidation von Gold-Atomen aus der Goldanode zu Gold(I)-Ionen $\text{Au} \rightarrow \text{Au}^+ + \text{e}^-$, • Gold wird zu Gold(I)-Ionen und nicht zu Gold(III)-Ionen oxidiert, da das Potential $U(\text{Au}/\text{Au}^+)$ durch die Komplexbildung der Gold(I)-Ionen stark abgesenkt wird, sodass es kleiner als das Potential $U(\text{Au}/\text{Au}^{3+})$ wird, • Wanderung der Gold(I)-Ionen zur Kathode, Elektronenfluss von der Anode zur Kathode über die Spannungsquelle. 	8
2	<p>berechnet aus den Angaben zur Vorvergoldung die Masse des aufgetragenen Goldes für ein Schmuckstück mit $1,0 \text{ dm}^2$ Oberfläche, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mithilfe des 2. Faraday'schen Gesetzes, der Anzahl der ausgetauschten Elektronen ($z = 1$), einer Stromstärke von $I = 1 \text{ A}$ und der Zeit $t = 30 \text{ s}$ ergibt sich: abgeschiedene Stoffmenge Gold $n(\text{Au}) = \frac{I \cdot t}{z \cdot F} \approx 3,1 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$. • Masse an Gold: $m(\text{Au}) = n \cdot M \approx 61 \text{ mg}$. 	8
3	<p>vergleicht das Verfahren A mit dem Verfahren B hinsichtlich vier wesentlicher Kriterien, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • In beiden Verfahren werden Goldsalze mit Gold-Ionen zugesetzt, die Gold-Ionen haben im Verfahren A die Oxidationszahl +III, im Verfahren B die Oxidationszahl +I. • Die Konzentration der Gold-Ionen nimmt beim Verfahren A ab, bis die Gold-Ionen schließlich verbraucht sind, beim Verfahren B bleibt sie konstant. • Der Verbrauch an Gold ist in Verfahren A höher, da zusätzlich der Aluminiumdraht vergoldet wird. • Die Goldschicht ist im Verfahren B gleichmäßiger, da sie elektrolytisch aufgetragen wird. • Verfahren A ist ein kurzgeschlossenes galvanisches Element, Verfahren B eine Elektrolyse – hier wird neben den verwendeten Chemikalien zusätzlich Strom gebraucht. • Beide Verfahren sind sehr arbeitsaufwendig. Im Verfahren A müssen mehrere Arbeitsschritte (Umwickeln mit Draht, Schwenken im Vergoldungsbad, Entfernung des Drahtes) wiederholt werden. Das Verfahren B besteht aus den apparativ aufwendigen Vor- und Hauptvergoldungselektrolysen. 	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.	5
2	<ul style="list-style-type: none"> • strukturiert seine Darstellung sachgerecht und übersichtlich, • verwendet eine differenzierte und präzise Sprache, • veranschaulicht seine Ausführungen durch geeignete Skizzen, Schemata etc., • gestaltet seine Arbeit formal ansprechend. 	4

7. Bewertungsbogen zur Prüfungsarbeit

Name des Prüflings: _____ Kursbezeichnung: _____

Schule: _____

Teilaufgabe 1

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK ²	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	entwickelt die Teilgleichungen ...	8			
2	nennt begründet drei ...	4			
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe 1. Teilaufgabe	12			

Teilaufgabe 2

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	erläutert die Vorgänge ...	6			
2	gibt für die ...	4			
3	begründet, warum Spuren ...	4			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe 2. Teilaufgabe	14			

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

Teilaufgabe 3

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	skizziert einen beschrifteten ...	6			
2	nennt die Funktionen ...	6			
3	ermittelt die Oxidationszahl ...	4			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe 3. Teilaufgabe	16			

Teilaufgabe 4

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	erläutert, auch unter ...	8			
2	berechnet aus den ...	8			
3	vergleicht das Verfahren ...	8			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe 4. Teilaufgabe	24			
	Summe der 1., 2., 3. und 4. Teilaufgabe	66			

Darstellungsleistung

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
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 2012

Chemie, Leistungskurs

Aufgabenstellung:

Bodenanalytik

1. Erklären Sie mithilfe von Oxidationszahlen, warum es sich bei der Reaktion von Boden-Kohlenstoff (C_{org}) mit Kaliumdichromat um eine Redoxreaktion handelt. Geben Sie die Teilgleichungen für die Oxidation und Reduktion an. Erklären Sie die Farbänderung von Ferroin bei Zugabe zur Probenlösung (Versuch 1). (16 Punkte)
2. Berechnen Sie den Humusgehalt des untersuchten Bodens in Prozent (Versuch 1) und geben Sie den angestrebten pH-Wert für diesen Boden an. (20 Punkte)
3. Erläutern Sie die Säure-Base-Theorie nach Brönsted für die Reaktion von Aluminiumhydroxid mit sauren Lösungen. Skizzieren Sie einen beschrifteten Versuchsaufbau für die Bestimmung der Aluminium-Ionen-Konzentration im Bodenwasser (Versuch 2). Berechnen Sie die Massenkonzentration an freisetzbaren Aluminium-Ionen im Bodenwasser. (18 Punkte)
4. Beurteilen Sie die ermittelte Konzentration an freisetzbaren Aluminium-Ionen unter Berücksichtigung des Grenzwertes und der Auswirkung von saurem Regen. Erläutern Sie die Gegenmaßnahme „Kalken“ bei Übersäuerung des Waldbodens unter Angabe einer Reaktionsgleichung. (12 Punkte)

Zugelassene Hilfsmittel:

- Wissenschaftlicher Taschenrechner
- Periodensystem
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung

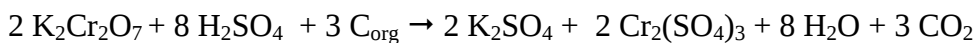


Name: _____

Fachspezifische Vorgaben:

Durch Umwelteinflüsse, wie z. B. durch „sauren Regen“, werden Böden verändert und damit kann z. B. der Baumbestand der Wälder geschädigt werden. Um gezielt Gegenmaßnahmen einzuleiten, werden quantitative Untersuchungen des Waldbodens durchgeführt. Untersucht werden u. a. Humusgehalt, pH-Wert und die Konzentration von Aluminium(III)-Ionen, die das Pflanzenwachstum hemmen können.

Unter Humusgehalt versteht man den Anteil aller organischen Substanzen. Dazu gehören alle in und auf dem Boden befindlichen abgestorbenen pflanzlichen und tierischen Stoffe sowie deren Umwandlungsprodukte. Die Bestimmung des Anteils aller organischen Substanzen im Boden erfolgt über eine Ermittlung des Kohlenstoff-Gehaltes (C_{org}). Hierzu wird eine Bodenprobe mit Kaliumdichromat-Lösung ($K_2Cr_2O_7$) im Überschuss und Schwefelsäure (H_2SO_4) nach folgendem Reaktionsschema umgesetzt:



Um den Humusgehalt zu berechnen, wird der ermittelte C_{org} -Wert mit dem Faktor 1,72 multipliziert. Dieser Faktor ergibt sich aus der Annahme, dass der Anteil an organischer Substanz zu 58 % aus dem Element Kohlenstoff besteht.

Versuch 1: Bestimmung des Humusgehaltes eines Bodens

1. Probenvorbereitung:

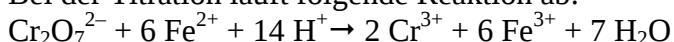
Man wiegt 1,0 g getrockneten Boden ein, versetzt diesen mit 20 mL Kaliumdichromat-Lösung im Überschuss ($c(K_2Cr_2O_7) = 0,167 \text{ mol/L}$) und 20 mL konz. Schwefelsäure. Der organische Kohlenstoff wird dabei vollständig oxidiert, wobei die Mischung durch entweichendes Kohlenstoffdioxid aufgeschäumt wird. Nach Beendigung der Reaktion verdünnt man die Lösung auf genau 200 mL.

2. Titrimetrische Bestimmung:

Das überschüssige Kaliumdichromat der Proben-Lösung wird mit Ammoniumeisen(II)-sulfatlösung ($c(NH_4)_2Fe(SO_4)_2 = 1 \text{ mol/L}$) titriert. Dabei wird rote Ferroin-Lösung als Indikator verwendet. Bei Zugabe des Indikators zur Proben-Lösung ändert dieser sofort seine Farbe in Dunkelgrün. Das Ende der Titration mit Ammoniumeisen(II)-sulfatlösung erkennt man am Umschlag des Indikators nach Rotbraun.

In einem Versuch wurden $V = 9,2 \text{ mL}$ Ammoniumeisen(II)-sulfatlösung verbraucht.

Bei der Titration läuft folgende Reaktion ab:



Der Humusgehalt bestimmt die Nutzungsart des Bodens. Um einen optimalen Ertrag zu erreichen, wird ein bestimmter pH-Wert des Bodens angestrebt (vgl. Tabelle). Bei einem kleinen pH-Wert des Bodens, z. B. infolge des sauren Regens, können Aluminium-Ionen aus den



Name: _____

schwerlöslichen Aluminiumverbindungen (z. B. Aluminiumhydroxid) ins Bodenwasser freigesetzt werden. Aluminium-Ionen gelten als schädlich für Pflanzen. Zur Abschätzung der Gefährdung des Bodens wird der Grenzwert für die Aluminium-Ionen-Konzentration ($\beta = 0,2 \text{ mg/L}$) nach der Trinkwasserverordnung zugrunde gelegt. Dieser Grenzwert gilt auch für Bodenwasser.

Um die Konzentration an freisetzbaren Aluminium-Ionen im Bodenwasser zu bestimmen, wird zunächst das gesamte im Boden gebundene Aluminium ins Bodenwasser überführt.

Versuch 2: Ermittlung der Aluminium-Ionen-Konzentration in einem Bodenwasser

50 mL Bodenwasser werden mit Phenolphthalein als Indikator versetzt und mit Natronlauge ($c(\text{NaOH}) = 0,001 \text{ mol/L}$) titriert. Bei der Titration entspricht die Stoffmenge der verbrauchten Natronlauge der Stoffmenge an freisetzbaren Aluminium-Ionen.

In einem Versuch wurden 2,3 mL Natronlauge verbraucht.

Liegt ein gemäß der Trinkwasserverordnung hoher Aluminiumgehalt vor und gleichzeitig ein für die Bodenart zu niedriger pH-Wert, so wirkt man dem Freisetzen von Aluminium-Ionen durch Ausbringen von Kalk (CaCO_3) entgegen.

Zusatzinformationen:

C_{org} : Kohlenstoff, der in organischen Verbindungen gebunden ist.

Ferroin ist ein Indikator, der gebundene Eisen(II)-Ionen enthält, die oxidiert werden können. Liegen Eisen(II)-Ionen vor, beobachtet man eine Rot-Färbung und bei Eisen(III)-Ionen eine Blau-Färbung. Die beobachteten Farben bei der beschriebenen Titration weichen aufgrund der Farbigkeit von Dichromat-Ionen (orange) und Chrom(III)-Ionen (grün) ab. So wird aus Blau hier eher ein Grünton.

Kalk ist in Wasser nur begrenzt löslich.

Tabelle zur Abhängigkeit des angestrebten pH-Wertes vom Humusgehalt und Nutzungsart des Bodens (vereinfacht):

Humusgehalt in %	Nutzungsart	angestrebter pH-Wert
1 – 4	Ackerbau	5,6 – 7,0
2 – 8	forstliche Nutzung (Wald)	5,4 – 6,0
4 – 15	Grünland-Nutzung (z. B. Weideland)	4,8 – 5,8

Unterlagen für die Lehrkraft**Abiturprüfung 2012**
Chemie, Leistungskurs**1. Aufgabenart**

Bearbeitung einer Aufgabe, die auf fachspezifischen Vorgaben basiert

2. Aufgabenstellung¹**Bodenanalytik**

1. Erklären Sie mithilfe von Oxidationszahlen, warum es sich bei der Reaktion von Boden-Kohlenstoff (C_{org}) mit Kaliumdichromat um eine Redoxreaktion handelt. Geben Sie die Teilgleichungen für die Oxidation und Reduktion an. Erklären Sie die Farbänderung von Ferroin bei Zugabe zur Probenlösung (Versuch 1). (16 Punkte)
2. Berechnen Sie den Humusgehalt des untersuchten Bodens in Prozent (Versuch 1) und geben Sie den angestrebten pH-Wert für diesen Boden an. (20 Punkte)
3. Erläutern Sie die Säure-Base-Theorie nach Brönsted für die Reaktion von Aluminiumhydroxid mit sauren Lösungen. Skizzieren Sie einen beschrifteten Versuchsaufbau für die Bestimmung der Aluminium-Ionen-Konzentration im Bodenwasser (Versuch 2). Berechnen Sie die Massenkonzentration an freisetzbaren Aluminium-Ionen im Bodenwasser. (18 Punkte)
4. Beurteilen Sie die ermittelte Konzentration an freisetzbaren Aluminium-Ionen unter Berücksichtigung des Grenzwertes und der Auswirkung von saurem Regen. Erläutern Sie die Gegenmaßnahme „Kalken“ bei Übersäuerung des Waldbodens unter Angabe einer Reaktionsgleichung. (12 Punkte)

3. Materialgrundlage

- Publikationen des Umweltbundesamtes; Humusversorgung von Böden in Deutschland; Forschungsprojekt im Auftrag des Umweltamtes; FuE-Vorhaben Förderkennzeichen 36013008; Juni 2008

¹ Die Aufgabenstellung deckt inhaltlich alle drei Anforderungsbereiche ab.

4. Bezüge zu den Vorgaben 2012

1. Inhaltliche Schwerpunkte

Themenfeld: Analytische Verfahren zur Konzentrationsbestimmung

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

2. Medien/Materialien

- entfällt

5. Zugelassene Hilfsmittel

- Wissenschaftlicher Taschenrechner
- Periodensystem
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung

6. Vorgaben für die Bewertung der Schülerleistungen

Teilleistungen – Kriterien

a) inhaltliche Leistung

Teilaufgabe 1

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	erklärt mithilfe von Oxidationszahlen, warum es sich bei der Reaktion von Kohlenstoff (C _{org}) mit Kaliumdichromat um eine Redoxreaktion handelt. (Hinweis: Es wird vom Prüfling erwartet, dass er mithilfe der aus der Reaktionsgleichung ermittelten Oxidationszahlen begründet, dass Kohlenstoff oxidiert wird (Erhöhung der Oxidationszahl von 0 auf +IV) und Dichromat-Ionen reduziert werden (Erniedrigung der Oxidationszahl von Cr von +VI auf +III). Es handelt sich somit um eine Redoxreaktion.)	6
2	gibt die Teilgleichungen für die Oxidation und Reduktion an, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Oxidation: $3 \text{C}_{\text{org}} \rightarrow 3 \text{CO}_2 + 12 \text{e}^-$ • Reduktion: $2 \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 6 \text{H}_2\text{SO}_4 + 12 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + 8 \text{H}_2\text{O}$ 	6
3	erklärt die Farbänderung von Ferroin bei Zugabe zur Probenlösung (Versuch 1), z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Die Farbänderung von Rot nach Grün bei Zugabe von Ferroin zur Probenlösung beruht auf der Oxidation von Eisen(II)-Ionen zu Eisen(III)-Ionen durch Dichromat-Ionen, die in der Probelösung vorliegen. • Grün ist die Mischfarbe aus der blauen Farbe des Indikators Ferroin und den orangefarbenen Dichromat-Ionen. 	4
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 2

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1a	berechnet den Humusgehalt des untersuchten Bodens in Prozent, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> Bestimmung der Stoffmenge an unverbrauchtem Kaliumdichromat: $n(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7)_{\text{unverbraucht}} = \frac{1}{6} n(\text{Fe}^{2+}) = \frac{1}{6} \cdot 9,2 \text{ mL} \cdot 1 \text{ mol/L} = 1,53 \text{ mmol}$ $n(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7)_{\text{verbraucht}} = n_0(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) - n(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7)_{\text{unverbraucht}} = 3,34 \text{ mmol} - 1,53 \text{ mmol} = 1,81 \text{ mmol}$ Stoffmengenverhältnis laut Reaktionsgleichung: $n(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) : n(\text{C}_{\text{org}}) = 2 : 3$ Daraus folgt: $n(\text{C}_{\text{org}}) \approx 2,72 \text{ mmol}$ Bestimmung des Gehalts an C_{org}: $m(\text{C}_{\text{org}}) = 32,64 \text{ mg}$ bzw. $w(\text{C}_{\text{org}}) = 3,26 \%$ (Hinweis: Die Hälfte der Punktzahl wird vergeben, wenn der Zusammenhang zwischen $n(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7)$ und $n(\text{Fe}^{2+})$ hergestellt und die Stoffmenge berechnet wurde.)	14
1b	berechnet den Humusgehalt des untersuchten Bodens in Prozent, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> Der Humusgehalt des Bodens ergibt sich unter Berücksichtigung des Faktors 1,72. $w(\text{Humus}) = 5,61 \%$. 	4
2	gibt den angestrebten pH-Wert für diesen Boden an, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> Aus der Tabelle ergibt sich für die Waldbodenprobe ein angestrebter pH-Wert im Bereich von 5,4 – 6,0. 	2
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 3

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	erläutert die Säure-Base-Theorie nach Brönsted für die Reaktion von Aluminiumhydroxid mit sauren Lösungen, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> $\text{Al}(\text{OH})_3 + 3 \text{H}_3\text{O}^+ \rightleftharpoons \text{Al}^{3+} + 6 \text{H}_2\text{O}$. Die Oxonium-Ionen geben je ein Proton ab, die Oxonium-Ionen sind daher die Protonendonatoren. Die Hydroxid-Ionen aus dem Aluminiumhydroxid sind die Protonenakzeptoren. 	6
2	skizziert einen beschrifteten Versuchsaufbau für die Bestimmung der Aluminium-Ionen-Konzentration im Bodenwasser. (Hinweis: In der Skizze mit Beschriftung wird erwartet: Glasgefäß mit Bodenwasserprobe und Indikator, Bürette mit NaOH.)	4
3	berechnet die Massenkonzentration an freisetzbaren Aluminium-Ionen im Bodenwasser, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> $n(\text{Al}^{3+}) = n(\text{NaOH}) = 2,3 \text{ mL} \cdot 0,001 \text{ mol/L} = 0,0023 \text{ mmol}$. Aus $M = m/n$ folgt $m(\text{Al}) = 0,0621 \text{ mg}$ in 50 mL. Daraus folgt: $\beta(\text{Al}^{3+}) = 1,242 \text{ mg/L}$. 	8
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 4

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	<p>beurteilt die ermittelte Konzentration an freisetzbaren Aluminium-Ionen unter Berücksichtigung des Grenzwertes und der Auswirkung von saurem Regen, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Das Ergebnis liegt deutlich über dem Grenzwert. • Bei der berechneten Massenkonzentration wird das gesamte im Boden gebundene Aluminium erfasst. Nur freigesetzte Al^{3+}-Ionen sind jedoch für die Pflanzen schädlich. Über diese Konzentration kann keine genaue Aussage gemacht werden. • Bei Absinken des pH-Wertes im Boden durch sauren Regen kann die Konzentration an Al^{3+}-Ionen steigen und zu einer Schädigung der Pflanzen führen. 	6
2	<p>erläutert die Gegenmaßnahme „Kalken“ bei Übersäuerung des Waldbodens unter Angabe einer Reaktionsgleichung, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Der Kalk reagiert mit den Oxonium-Ionen und neutralisiert einen Teil dieser Ionen. • Überschüssiger Kalk geht aufgrund seiner in Wasser begrenzten Löslichkeit nicht in das Grundwasser über, sondern bleibt auf dem Waldboden liegen und steht somit langfristig zur Verfügung. • Reaktionsgleichung. <p><i>(Hinweis: Hier sind unterschiedliche Lösungen möglich, je nach Behandlung im Unterricht. Eine Betrachtung über die Pufferwirkung ist nicht gefordert.)</i></p>	6
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

b) Darstellungsleistung

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

7. Bewertungsbogen zur Prüfungsarbeit

Name des Prüflings: _____ Kursbezeichnung: _____

Schule: _____

Teilaufgabe 1

Anforderungen		Lösungsqualität			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl	EK ²	ZK	DK
1	erklärt mithilfe von ...	6			
2	gibt die Teilgleichungen ...	6			
3	erklärt die Farbänderung ...	4			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
Summe 1. Teilaufgabe		16			

Teilaufgabe 2

Anforderungen		Lösungsqualität			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
1a	berechnet den Humusgehalt ...	14			
1b	berechnet den Humusgehalt ...	4			
2	gibt den angestrebten ...	2			
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 Säure-Base-Theorie ...	6			
2	skizziert einen beschrifteten ...	4			
3	berechnet die Massenkonzentration ...	8			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe 3. Teilaufgabe	18			

Teilaufgabe 4

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	beurteilt die ermittelte ...	6			
2	erläutert die Gegenmaßnahme ...	6			
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe 4. Teilaufgabe	12			
	Summe der 1., 2., 3. und 4. Teilaufgabe	66			

Darstellungsleistung

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

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

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

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

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

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

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

Unterschrift, Datum

Grundsätze für die Bewertung (Notenfindung)

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

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



Name: _____

Abiturprüfung 2012

Chemie, Leistungskurs

Aufgabenstellung:

Aminobenzoesäure: Ausgangsstoff für die Synthese eines Farbstoffes und Verwendung als Lichtschutzmittel

1. Geben Sie für den ersten und dritten Syntheseschritt zur Herstellung von *p*-Aminobenzoesäure die Reaktionsgleichungen an. Nennen Sie die Reaktionstypen der drei Syntheseschritte. (12 Punkte)
2. Erläutern Sie die Nitrierung von Toluol in Einzelschritten, auch mithilfe von Strukturformeln. Begründen Sie den Ort der Anlagerung des Nitryl-Kations an das Toluol-Molekül bei der Bildung von *p*-Nitrotoluol. Erklären Sie mithilfe von mesomeren Grenzstrukturen, warum man hohe Ausbeuten an *p*-Nitrobenzoesäure nicht durch Nitrierung von Benzoesäure erhalten kann. (18 Punkte)
3. Erläutern Sie die Bildung des Farbstoffes aus *p*-Aminobenzoesäure und salzsaurem Natriumnitritlösung, auch anhand von Reaktionsgleichungen. Deuten Sie die Gasentwicklung und die Bildung des Produktes $C_7H_6O_3$ mithilfe von Reaktionsgleichungen. Erklären Sie, warum *p*-Aminobenzoesäure farblos und das entstehende Reaktionsprodukt farbig ist. (22 Punkte)
4. Stellen Sie mithilfe der Absorptionsspektren von Ozon und *p*-Aminobenzoesäure den Zusammenhang zwischen Lichtabsorption und Lichtschutzwirkung dar. Beurteilen Sie die Lichtschutzeigenschaften einer Sonnencreme anhand des Absorptionsspektrums. (14 Punkte)

Zugelassene Hilfsmittel:

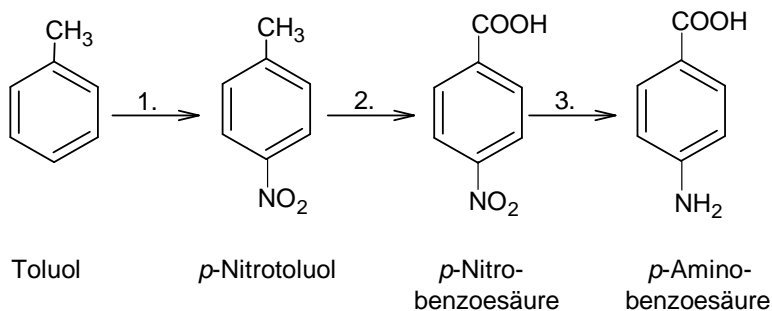
- Wissenschaftlicher Taschenrechner
- Periodensystem
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung



Name: _____

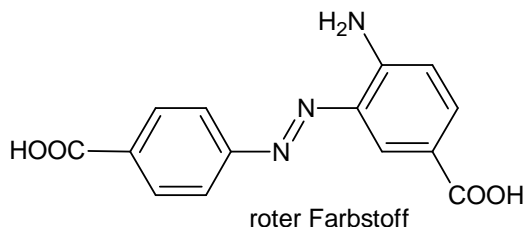
Fachspezifische Vorgaben:

***p*-Aminobenzoesäure** wird in einer mehrstufigen Synthese ausgehend von Toluol hergestellt. Im ersten Schritt wird Toluol mit einer Mischung aus Salpetersäure (HNO₃) und Schwefelsäure (H₂SO₄) zu *p*-Nitrotoluol umgesetzt. Im dritten Schritt versetzt man *p*-Nitrobenzoesäure mit Zinkpulver und verdünnter Essigsäure.



Herstellung eines **Farbstoffes** aus *p*-Aminobenzoesäure:

Versetzt man einen Spatel *p*-Aminobenzoesäure mit einigen Millilitern Salzsäure und fügt anschließend Natriumnitritlösung (NaNO₂) zu, so beobachtet man die Bildung eines roten Farbstoffes. Ohne Kühlung tritt eine Nebenreaktion ein, die an einer Gasentwicklung zu erkennen ist und bei der ein Produkt mit der Summenformel C₇H₆O₃ gebildet wird.



Um die Haut gegenüber schädigenden Einflüssen der Strahlung der Sonne zu schützen, werden Sonnenschutzmittel eingesetzt; *p*-Aminobenzoesäure war das erste im großen Maßstab hergestellte **Lichtschutzmittel**. *p*-Aminobenzoesäure wird heute aufgrund ihrer allergenen Wirkung durch andere Stoffe ersetzt.

Sonnenlicht besteht aus einem Spektrum verschiedener, sichtbarer und nicht sichtbarer Strahlenarten. Die von der Sonne emittierten Strahlen werden zum Teil von der Ozonschicht und von den Wolken absorbiert.

Das Sonnenlicht hat sowohl positive als auch negative Wirkungen auf die Haut und den gesamten Organismus. Die Vitamin-D-Synthese wird stimuliert und schließlich entwickelt sich als Folge der Bestrahlung die begehrte Bräune (Pigmentierung). Eine übermäßige Bestrahlung durch UV-A- und UV-B-Strahlen führt zu akuten Schäden (Sonnenbrand) als auch zu chronischen Schäden der Haut.



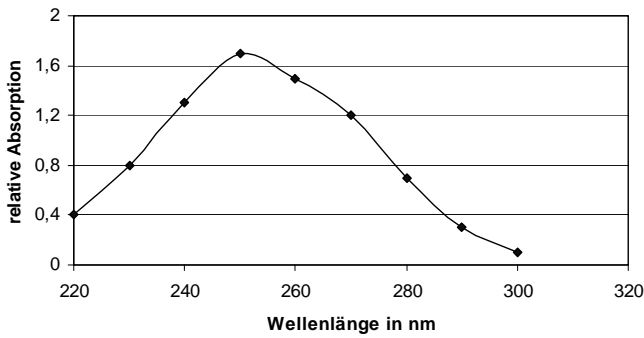
Name: _____

Zusatzinformationen:

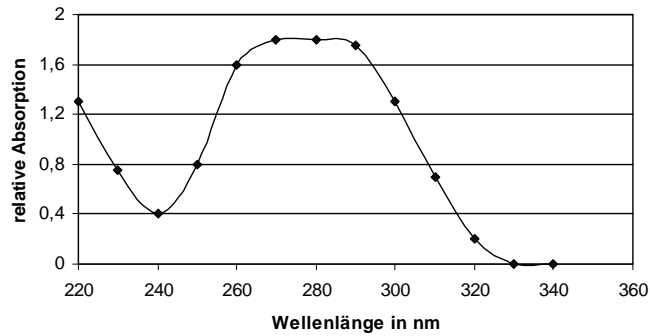
Ausschnitt aus dem Emissionsspektrum der Sonne

Röntgenstrahlung	UV-C	UV-B	UV-A	
	200 nm	280 nm	320 nm	400 nm

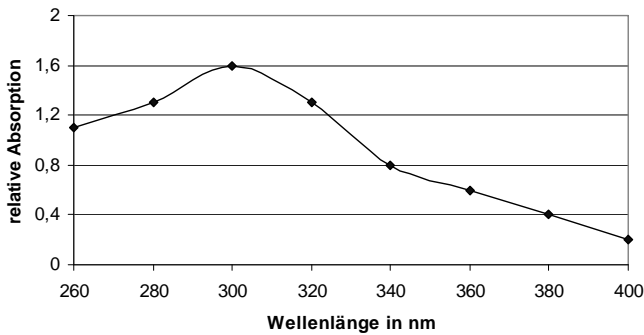
Absorptionsspektrum von Ozon



Absorptionsspektrum von *p*-Aminobenzoesäure



Absorptionsspektrum einer Sonnencreme





Name: _____

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 2012****Chemie, Leistungskurs****1. Aufgabenart**

Bearbeitung einer Aufgabe, die auf fachspezifischen Vorgaben basiert

2. Aufgabenstellung¹**Aminobenzoesäure: Ausgangsstoff für die Synthese eines Farbstoffes und Verwendung als Lichtschutzmittel**

1. Geben Sie für den ersten und dritten Syntheseschritt zur Herstellung von *p*-Aminobenzoesäure die Reaktionsgleichungen an. Nennen Sie die Reaktionstypen der drei Syntheseschritte. (12 Punkte)
2. Erläutern Sie die Nitrierung von Toluol in Einzelschritten, auch mithilfe von Strukturformeln. Begründen Sie den Ort der Anlagerung des Nitryl-Kations an das Toluol-Molekül bei der Bildung von *p*-Nitrotoluol. Erklären Sie mithilfe von mesomeren Grenzstrukturen, warum man hohe Ausbeuten an *p*-Nitrobenzoesäure nicht durch Nitrierung von Benzoesäure erhalten kann. (18 Punkte)
3. Erläutern Sie die Bildung des Farbstoffes aus *p*-Aminobenzoesäure und salzsaurer Natriumnitritlösung, auch anhand von Reaktionsgleichungen. Deuten Sie die Gasentwicklung und die Bildung des Produktes $C_7H_6O_3$ mithilfe von Reaktionsgleichungen. Erklären Sie, warum *p*-Aminobenzoesäure farblos und das entstehende Reaktionsprodukt farbig ist. (22 Punkte)
4. Stellen Sie mithilfe der Absorptionsspektren von Ozon und *p*-Aminobenzoesäure den Zusammenhang zwischen Lichtabsorption und Lichtschutzwirkung dar. Beurteilen Sie die Lichtschutzeigenschaften einer Sonnencreme anhand des Absorptionsspektrums. (14 Punkte)

¹ Die Aufgabenstellung deckt inhaltlich alle drei Anforderungsbereiche ab.

3. Materialgrundlage

- http://www.chids.de/veranstaltungen/uebungen_experimentalvortrag.html
Vortrag Nr. 616, Kosmetik, S. 10 (Zugriff 11.12.2010)
- Aromaten- und Farbstoffchemie am Beispiel von Sonnenschutzmitteln; Lehrerfortbildung i. A. der Bezirksregierung Düsseldorf und Köln; S. 17 ff.
- <http://www.chemieunterricht.de/dc2/ozon/oz39.htm> (Zugriff 11.12.2010)
- <http://webbook.nist.gov/chemistry/> (Zugriff 11.12.2010)

4. Bezüge zu den Vorgaben 2012

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

5. Zugelassene Hilfsmittel

- Wissenschaftlicher Taschenrechner
- Periodensystem
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung

6. Vorgaben für die Bewertung der Schülerleistungen

Teilleistungen – Kriterien

a) inhaltliche Leistung

Teilaufgabe 1

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	gibt für den ersten und dritten Syntheseschritt zur Herstellung von <i>p</i> -Aminobenzoesäure die Reaktionsgleichungen an.	6
2	nennt die Reaktionstypen der drei Syntheseschritte, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • 1. Schritt: Nitrierung von Toluol; elektrophile Substitution, • 2. Schritt: Oxidation der Methyl-Gruppe zur Carboxy-Gruppe, • 3. Schritt: Reduktion der Nitro-Gruppe zur Amino-Gruppe. 	6
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 2

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	<p>erläutert die Nitrierung von Toluol in Einzelschritten, auch mithilfe von Strukturformeln, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bildung des Nitryl-Kations aus Salpetersäure und Schwefelsäure, • Das Nitryl-Kation als elektrophiles Teilchen tritt mit den π-Elektronen des Toluols in Wechselwirkung (π-Komplex), • Bildung des mesomeriestabilisierten σ-Komplexes, • Rearomatisierung durch Protonenabspaltung. 	6
2	<p>begründet den Ort der Anlagerung des Nitryl-Kations an das Toluol-Molekül bei der Bildung von <i>p</i>-Nitrotoluol, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die Methyl-Gruppe besitzt einen +I-Effekt und dirigiert den Zweitsubstituenten in <i>ortho</i>- und <i>para</i>-Stellung. 	4
3a	<p>erklärt mithilfe von mesomeren Grenzstrukturen, warum man hohe Ausbeuten an <i>p</i>-Nitrobenzoesäure nicht durch Nitrierung von Benzoesäure erhalten kann, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die Carboxy-Gruppe weist einen –M-Effekt auf, sie besitzt einen <i>meta</i>-dirigierenden Einfluss auf die Zweitsubstitution. 	4
3b	gibt entsprechende mesomere Grenzstrukturen an.	4
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 3

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1a	<p>erläutert die Bildung des Farbstoffes aus <i>p</i>-Aminobenzoessäure und salzsaurer Natriumnitrit-Lösung, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • In saurer Lösung reagiert <i>p</i>-Aminobenzoessäure mit Nitrit-Ionen zu Diazonium-Ionen (Diazotierung). • Die Diazonium-Ionen reagieren mit restlichen <i>p</i>-Aminobenzoessäure-Molekülen in einer Azokupplung zu einem roten Farbstoff. 	4
1b	gibt die Reaktionsgleichungen an für: <ul style="list-style-type: none"> • die Diazotierung, • die Azokupplung. 	4
2	<p>deutet die Gasentwicklung und die Bildung des Produktes $C_7H_6O_3$ mithilfe von Reaktionsgleichungen, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die Gasentwicklung wird durch Abspaltung von Stickstoff bei höheren Temperaturen aus dem Diazonium-Ion hervorgerufen. $\text{HOOC}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{N}^+ \equiv \text{N} \longrightarrow \text{N}_2 + \text{HOOC}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{C}^+$ <ul style="list-style-type: none"> • Dabei entsteht ein positiv geladenes Carbenium-Ion, das in Gegenwart von Wasser zu <i>p</i>-Hydroxybenzoessäure $C_6H_4(OH)COOH$ reagiert. $\text{HOOC}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{C}^+ + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{HOOC}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{OH} + \text{H}^+$	8

3	<p>erklärt, warum <i>p</i>-Aminobenzoesäure farblos und das entstehende Reaktionsprodukt farbig ist, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>p</i>-Aminobenzoesäure-Moleküle weisen nur ein kleines delokalisiertes π-Elektronensystem auf, dessen Elektronen vom energiearmen, sichtbaren Licht nicht angeregt werden können. • Das Farbstoff-Molekül besitzt ein über die Azogruppe und die Benzolringe ausgedehntes System delocalisierter π-Elektronen, die durch sichtbares Licht angeregt werden können. 	6
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 4

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	<p>stellt mithilfe der Absorptionsspektren von Ozon und <i>p</i>-Aminobenzoesäure den Zusammenhang zwischen Lichtabsorption und Lichtschutzwirkung dar, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ozon absorbiert Strahlung zwischen 220 und 280 nm, das Absorptionsmaximum liegt bei ca. 250 nm. Die Ozonschicht schützt die Haut fast vollständig und vornehmlich vor der energiereichen UV-C-Strahlung. • <i>p</i>-Aminobenzoesäure absorbiert Strahlung unter 240 nm und hauptsächlich zwischen 240 und 320 nm, das Absorptionsmaximum liegt bei 280 nm. Durch <i>p</i>-Aminobenzoesäure wird ein geringer Teil der energiereichen UV-C-Strahlung und der größte Teil der energieärmeren UV-B-Strahlung absorbiert. 	8
2	<p>beurteilt die Lichtschutzeigenschaften einer Sonnencreme anhand des Absorptionsspektrums, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die Sonnencreme absorbiert im Bereich von 260 nm bis 400 nm. • Sie schützt die Haut sowohl vor UV-A-Strahlung und UV-B-Strahlung und damit bei mäßiger Bestrahlung vor akuten und chronischen Schäden. 	6
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

b) Darstellungsleistung

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

7. Bewertungsbogen zur Prüfungsarbeit

Name des Prüflings: _____ Kursbezeichnung: _____

Schule: _____

Teilaufgabe 1

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK ²	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	gibt für den ...	6			
2	nennt die Reaktionstypen ...	6			
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe 1. Teilaufgabe	12			

Teilaufgabe 2

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	erläutert die Nitrierung ...	6			
2	begründet den Ort ...	4			
3a	erklärt mithilfe von ...	4			
3b	gibt entsprechende mesomere ...	4			
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	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1a	erläutert die Bildung ...	4			
1b	gibt die Reaktionsgleichungen ...	4			
2	deutet die Gasentwicklung ...	8			
3	erklärt, warum <i>p</i> -Aminobenzoesäure ...	6			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe 3. Teilaufgabe	22			

Teilaufgabe 4

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

Darstellungsleistung

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

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

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

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

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

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

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

Unterschrift, Datum

Grundsätze für die Bewertung (Notenfindung)

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

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



Name: _____

Abiturprüfung 2012

Chemie, Leistungskurs

Aufgabenstellung:

Dämmstoffe aus Polystyrol und Polyurethan

1. Geben Sie einen charakteristischen Strukturausschnitt für Polystyrol an. Stellen Sie die Teilschritte einer Reaktion von Styrol zu Polystyrol dar. Beurteilen Sie, ob die Makromoleküle in einer Polystyrol-Portion jeweils die gleiche Molekülmasse aufweisen. *(18 Punkte)*
2. Beschreiben Sie die Strukturmerkmale von „Biopolyol“. Geben Sie in vereinfachter Form einen charakteristischen Strukturausschnitt für die Makromoleküle in einem Polyurethan-Hartschaumstoff-Produkt an. Nennen Sie den Reaktionstyp für die Synthese von Polyurethanen aus Diisocyanaten und Polyolen. *(16 Punkte)*
3. Erklären Sie die Weiterverarbeitung von Polystyrol-Granulat zu einem EPS-Hartschaumstoff anhand der Struktur der Makromoleküle. Begründen Sie, warum Polyurethane auf der Basis von MDI und „Biopolyol“ zu den duroplastischen Kunststoffen gehören. Beurteilen Sie, ob thermoplastische Polyurethane mithilfe geeigneter Ausgangsstoffe hergestellt werden können. *(14 Punkte)*
4. Entwickeln Sie ausgehend von Polyurethan-Schaumstoffen (auf der Basis von MDI und „Biopolyol“) eine schematische Übersicht für mögliche Zersetzungsprodukte der Makromoleküle durch Hydrolysen bzw. Glykolyse (mit Ethan-1,2-diol). *(18 Punkte)*

Zugelassene Hilfsmittel:

- Wissenschaftlicher Taschenrechner
- Periodensystem
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung

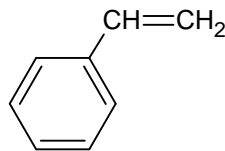


Name: _____

Fachspezifische Vorgaben:

Bei der Erstellung von Wohn- und Bürogebäuden ist Energieeinsparung von großer Bedeutung. Ein wesentlicher Beitrag wird durch Wärmedämmung geleistet. Hierzu werden für den Aufbau von Wänden und Böden sehr häufig Wärmedämmplatten mit geringer Dichte eingesetzt, die den Wärmeaustausch mit der Umgebung erheblich reduzieren. Wärmedämmstoffe enthalten Hohlräume mit eingeschlossenen Gasen. Die Gase sind schlechte Wärmeleiter und bewirken so die wärmedämmenden Eigenschaften. Industrielle Bedeutung besitzen Wärmedämmplatten aus Polystyrol- und Polyurethan-Hartschaum.

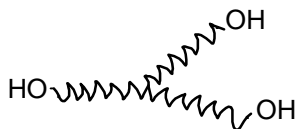
Polystyrol wird industriell durch Polymerisation von Styrol hergestellt.



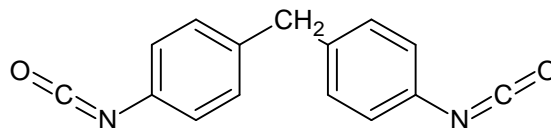
Styrol ($C_6H_5 - CH = CH_2$)

Während des Polymerisationsprozesses kann n-Pentan (Siedetemperatur $36\text{ }^\circ\text{C}$) in den Reaktionsansatz eingemischt werden. Der auf diese Weise erzeugte Rohkunststoff ist ein Gemisch aus festem Polystyrol und eingelagertem n-Pentan. Gekörntes Material (Granulat) eines solchen Rohkunststoff-Gemisches wird unter Wärmezufuhr und in Gegenwart von Luft zu Polystyrol-Hartschaum weiterverarbeitet: Bei Temperaturen über $90\text{ }^\circ\text{C}$ bläht sich der Kunststoff auf, es bildet sich „expandiertes“ Polystyrol (EPS). Die Hohlräume im fertigen EPS-Hartschaum sind mit Gas gefüllt.

Für die Produktion von Polyurethan-Hartschaum (PUR-Hartschaum) wird Diphenylmethan-4,4'-diisocyanat (MDI) mit einem Polyol umgesetzt. In das zähflüssige Reaktionsgemisch wird z. B. n-Pentan als Treibmittel untergemischt. Während der exothermen Bildung von PUR schäumt das Gemisch auf.



Beispiel für ein Polyol
(schematisch)

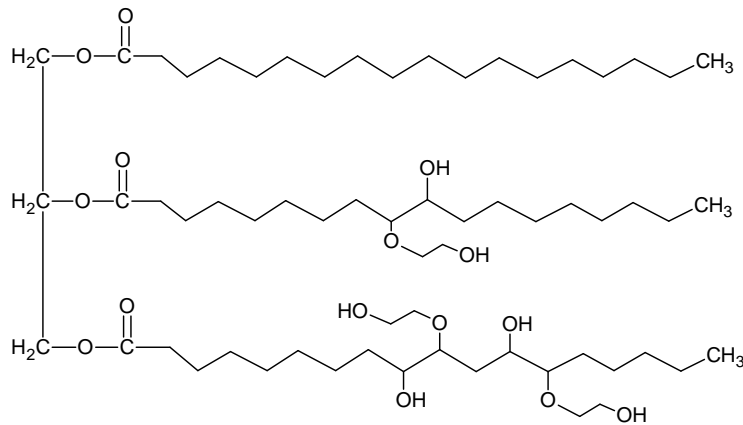


MDI
(Diphenylmethan-4,4'-diisocyanat)



Name: _____

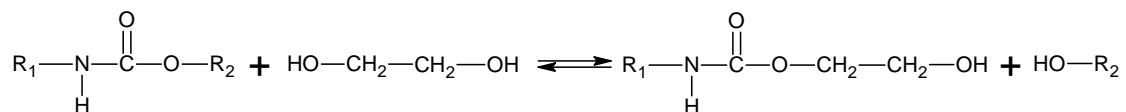
Neben den industriell erzeugten Polyolen für die Produktion von Polyurethan-Produkten sind auch Hydroxykomponenten auf der Basis von nachwachsenden Rohstoffen im Handel, z. B. das folgende „Biopolyol“:



"Biopolyol" (Merginol®)

Polyurethane sind im Bereich der Gebrauchstemperaturen beständig gegenüber Wasser. Bei höheren Temperaturen ist eine hydrolytische Spaltung der Makromoleküle durch Wasser möglich. Hierbei bilden sich u. a. Amine ($R - NH_2$), Kohlenstoffdioxid und Alkohole.

Die Spaltung von Polyurethan-Makromolekülen kann für Recycling-Prozesse genutzt werden. Hierbei ist neben einer Spaltung durch Wasser (Hydrolyse) insbesondere eine Spaltung von Polyurethanen durch Ethan-1,2-diol (Glykol), die sogenannte Glykolyse, von Bedeutung. Die bei der Glykolyse entstehenden Alkohole können für die Synthese von Makromolekülen weiterverwendet werden.



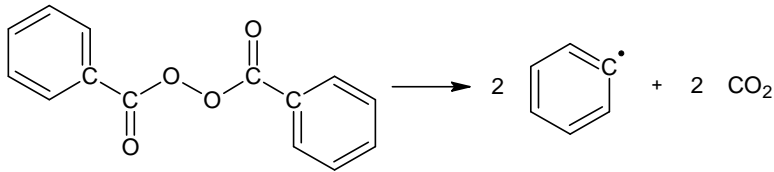
Glykolyse von Urethanen



Name: _____

Zusatzinformationen:

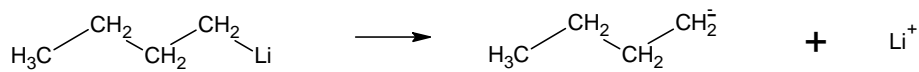
Dibenzoylperoxid ist ein Initiator für die Polymerisation von Styrol:



Dibenzoylperoxid

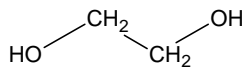
Alternative zu Dibenzoylperoxid:

n-Butyllithium ist ebenfalls ein Initiator für die Polymerisation von Styrol:



n-Butyllithium

Glykol:



Ethan-1,2-diol

Unterlagen für die Lehrkraft

Abiturprüfung 2012

Chemie, Leistungskurs

1. Aufgabenart

Bearbeitung einer Aufgabe, die auf fachspezifischen Vorgaben basiert

2. Aufgabenstellung¹

Dämmstoffe aus Polystyrol und Polyurethan

1. Geben Sie einen charakteristischen Strukturausschnitt für Polystyrol an. Stellen Sie die Teilschritte einer Reaktion von Styrol zu Polystyrol dar. Beurteilen Sie, ob die Makromoleküle in einer Polystyrol-Portion jeweils die gleiche Molekülmasse aufweisen. (18 Punkte)
2. Beschreiben Sie die Strukturmerkmale von „Biopolyol“. Geben Sie in vereinfachter Form einen charakteristischen Strukturausschnitt für die Makromoleküle in einem Polyurethan-Hartschaumstoff-Produkt an. Nennen Sie den Reaktionstyp für die Synthese von Polyurethanen aus Diisocyanaten und Polyolen. (16 Punkte)
3. Erklären Sie die Weiterverarbeitung von Polystyrol-Granulat zu einem EPS-Hartschaumstoff anhand der Struktur der Makromoleküle. Begründen Sie, warum Polyurethane auf der Basis von MDI und „Biopolyol“ zu den duroplastischen Kunststoffen gehören. Beurteilen Sie, ob thermoplastische Polyurethane mithilfe geeigneter Ausgangsstoffe hergestellt werden können. (14 Punkte)
4. Entwickeln Sie ausgehend von Polyurethan-Schaumstoffen (auf der Basis von MDI und „Biopolyol“) eine schematische Übersicht für mögliche Zersetzungsprodukte der Makromoleküle durch Hydrolysen bzw. Glykolyse (mit Ethan-1,2-diol). (18 Punkte)

¹ Die Aufgabenstellung deckt inhaltlich alle drei Anforderungsbereiche ab.

3. Materialgrundlage

- Elias, H.-G.: Makromoleküle. Struktur, Eigenschaften, Synthesen, Stoffe, Technologie, 4. umgearbeitete und wesentlich erweiterte Auflage, Hüthig & Wepf Verlag, Basel; Heidelberg 1981, S. 242, 515 – 542, 570 – 581, 743, 809 – 812
- http://bau-umwelt.de/download/C22bf5d3bX12622ef92abXY606b/EPD_IVH_2009111_D.pdf (Zugriff 07.02.2011)
- http://bau-umwelt.de/download/C185ba51dX12b427c9478XY4541/EPD_IVPU_2010112_D.pdf (Zugriff 07.02.2011)
- http://www.hobum.de/de/products/products_4.htm (Zugriff 13.06.2011)
- Informationsserie des Fonds der Chemischen Industrie, Textheft 28: „Lacke und Farben“, S. 21

4. Bezüge zu den Vorgaben 2012

1. Inhaltliche Schwerpunkte

Theoriekonzept: Makromoleküle

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

2. Medien/Materialien

- entfällt

5. Zugelassene Hilfsmittel

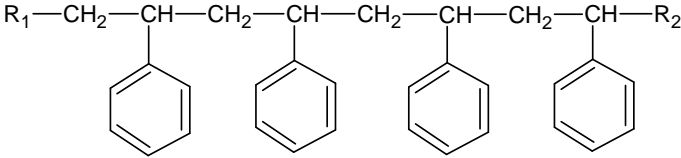
- Wissenschaftlicher Taschenrechner
- Periodensystem
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung

6. Vorgaben für die Bewertung der Schülerleistungen

Teilleistungen – Kriterien

a) inhaltliche Leistung

Teilaufgabe 1

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	<p>gibt einen charakteristischen Strukturausschnitt für Polystyrol an, z. B.:</p> $R_1-CH_2-\underset{\text{C}_6\text{H}_5}{\text{CH}}-CH_2-\underset{\text{C}_6\text{H}_5}{\text{CH}}-CH_2-\underset{\text{C}_6\text{H}_5}{\text{CH}}-CH_2-\underset{\text{C}_6\text{H}_5}{\text{CH}}-R_2$ 	4
2	<p>stellt die Teilschritte einer Reaktion von Styrol zu Polystyrol dar. <i>(Hinweis: Es handelt sich um eine offene Aufgabenstellung, der Polymerisationsmechanismus wird nicht vorgeschrieben. Neben dem radikalischen Reaktionsablauf ist auch die Darstellung einer ionischen Polymerisation möglich. Es wird erwartet, dass der Prüfling in seiner Darstellung auf Initiation, Start und Kettenwachstum eingeht. Für einen radikalischen Reaktionsmechanismus muss ebenfalls eine Abbruchreaktion berücksichtigt werden. Der Prüfling erhält die Hälfte der Punkte, wenn die Hälfte der Teilschritte sachgerecht dargestellt wurde.)</i></p>	10
3	<p>beurteilt, ob die Makromoleküle in einer Polystyrol-Portion jeweils die gleiche Molekülmasse aufweisen. <i>(Hinweis: Erfolgt die Beurteilung auf der Grundlage der radikalischen Polymerisation, werden Aussagen zur Verteilung der Molekülmassen unter Berücksichtigung verschiedener Polymerisationsgrade erwartet. Erfolgt die Beurteilung auf der Grundlage einer anionischen Polymerisation mit „lebenden Polymeren“ als Reaktionsprodukte, wird akzeptiert, dass der Prüfling als Vereinfachung von molekular einheitlichen Makromolekülen ausgeht.)</i></p>	4
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 2

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	<p>beschreibt die Strukturmerkmale von „Biopolyol“, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Biopolyol ist ein Ester aus Propantriol als Alkoholkomponente und drei langkettigen Carbonsäuren: zwei der drei Carbonsäuren sind substituiert. • Die beiden substituierten Carbonsäure-Reste enthalten insgesamt drei Verzweigungen, die jeweils über ein Sauerstoff-Atom an ein Kohlenstoff-Atom dieser beiden substituierten Kohlenwasserstoff-Reste gebunden sind. • Das Molekül enthält insgesamt sechs Hydroxy-Gruppen als Substituenten an den beiden verzweigten, langkettigen Kohlenwasserstoff-Resten. 	8
2	<p>gibt in vereinfachter Form einen charakteristischen Strukturausschnitt für die Makromoleküle in einem Polyurethan-Hartschaumstoff-Produkt an, z. B.:</p> <p>(Hinweis: Es wird erwartet, dass der Prüfling in seiner Darstellung die Vernetzung berücksichtigt.)</p>	6
3	nennt den Reaktionstyp für die Synthese von Polyurethanen aus Diisocyanaten und Polyolen: Polyaddition.	2
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 3

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	<p>erklärt die Weiterverarbeitung von Polystyrol-Granulat zu einem EPS-Hartschaumstoff anhand der Struktur der Makromoleküle, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Durch Erwärmung von Polystyrol-Granulat werden zwischenmolekulare Wechselwirkungen teilweise überwunden. • Die makromolekularen Ketten sind schließlich gegeneinander beweglich; das Kunststoffmaterial wird hierdurch plastisch verformbar. • Aufgrund der Wärmezufuhr verdampft das eingelagerte Treibmittel n-Pentan und bläht die weiche Kunststoffmasse auf; es bilden sich hierdurch gasgefüllte Poren (Luft/Pentan-Reste). • Während des nachfolgenden Abkühlprozesses werden erneut zwischenmolekulare Wechselwirkungen aufgebaut, sodass ein fester Zusammenhalt der Makromoleküle resultiert. 	8

2	begründet, warum Polyurethane auf der Basis von MDI und „Biopolyol“ zu den duroplastischen Kunststoffen gehören, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Da „Biopolyol“ mehrere OH-Gruppen aufweist, entsteht ein dreidimensional vernetztes PUR. Daher ist ein solches Polyurethan ein Duroplast. 	2
3	beurteilt, ob thermoplastische Polyurethane mithilfe geeigneter Ausgangsstoffe hergestellt werden können, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Für thermoplastische Polyurethane müssen lineare oder schwach verzweigte Makromoleküle vorliegen. • Bei Verwendung von geeigneten Diisocyanaten und Diolen als Edukte für Polyurethane können lineare Makromoleküle synthetisiert und somit thermoplastische Polyurethane hergestellt werden. 	4
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 4

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1a	<p>entwickelt ausgehend von Polyurethan-Schaumstoffen (auf der Basis von MDI und „Biopolyol“) eine schematische Übersicht für mögliche Zersetzungsprodukte der Makromoleküle durch Hydrolysen, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bei der Hydrolyse werden Urethan-Gruppen und Ester-Gruppen gespalten. • Bei der Spaltung von Urethan-Gruppen bilden sich Amine, Kohlenstoffdioxid und Alkohole gemäß: $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}_3-\text{N}-\text{C}-\text{O}-\text{R}_4 \\ \\ \text{H} \end{array} + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \begin{array}{c} \text{R}_3-\text{N}-\text{H} \\ \\ \text{H} \end{array} + \text{CO}_2 + \text{R}_4-\text{OH}$ <ul style="list-style-type: none"> • Bei der Spaltung von Ester-Gruppen bilden sich Carbonsäuren und Alkohole gemäß: $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}_5-\text{C}-\text{O}-\text{R}_6 \end{array} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}_5-\text{C}-\text{OH} \end{array} + \text{R}_6-\text{OH}$	6
1b	<p>entwickelt ausgehend von Polyurethan-Schaumstoffen (auf der Basis von MDI und „Biopolyol“) eine schematische Übersicht für mögliche Zersetzungsprodukte der Makromoleküle durch Glykolyse (mit Ethan-1,2-diol), z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Der Vorgang der Glykolyse ist vergleichbar mit einer Umesterung. Durch die Spaltung der Makromoleküle entstehen kleinere Moleküle mit endständigen Hydroxy-Gruppen. • Hierbei kann „Biopolyol“ zurückgewonnen und dem Produktionsprozess erneut zugeführt werden. 	4

<p>1c</p>	<p>entwickelt ausgehend von Polyurethan-Schaumstoffen (auf der Basis von MDI und „Biopolyol“) eine schematische Übersicht für mögliche Zersetzungsprodukte der Makromoleküle durch Hydrolysen bzw. Glykolyse (mit Ethan-1,2-diol), z. B.:</p> <p>(Hinweis: Es handelt sich um eine offene Aufgabenstellung. Der Prüfling erhält die Hälfte der Punkte, wenn die Übersicht drei mögliche Produkte berücksichtigt; bei sechs Zersetzungsprodukten wird die volle Punktzahl erteilt.)</p>	<p>8</p>
<p>2</p>	<p>erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)</p>	

b) Darstellungsleistung

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

7. Bewertungsbogen zur Prüfungsarbeit

Name des Prüflings: _____ Kursbezeichnung: _____

Schule: _____

Teilaufgabe 1

Anforderungen		Lösungsqualität			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl	EK ²	ZK	DK
1	gibt einen charakteristischen ...	4			
2	stellt die Teilschritte ...	10			
3	beurteilt, ob die ...	4			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
Summe 1. Teilaufgabe		18			

Teilaufgabe 2

Anforderungen		Lösungsqualität			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
1	beschreibt die Strukturmerkmale ...	8			
2	gibt in vereinfachter ...	6			
3	nennt den Reaktionstyp ...	2			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
Summe 2. Teilaufgabe		16			

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

Teilaufgabe 3

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	erklärt die Weiterverarbeitung ...	8			
2	begründet, warum Polyurethane ...	2			
3	beurteilt, ob thermoplastische ...	4			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe 3. Teilaufgabe	14			

Teilaufgabe 4

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1a	entwickelt ausgehend von ...	6			
1b	entwickelt ausgehend von ...	4			
1c	entwickelt ausgehend von ...	8			
2	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
	Der Prüfling				
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