



Name: _____

Abiturprüfung 2015

Chemie, Leistungskurs

Aufgabenstellung:

Modellversuche zur Korrosion am Traggerüst der Freiheitsstatue

1. Stellen Sie anhand von Oxidationszahlen eine Reaktionsgleichung für die Reaktion von Kupfer mit Luftsauerstoff auf. Vergleichen Sie die Versuchsanordnung von Versuch V1 mit einer galvanischen Zelle aus einer Kupfer- und einer Eisen-Halbzelle. Begründen Sie mithilfe von Redoxpotentialen, warum in Versuch V1 eine Redoxreaktion zu erwarten ist, unter der Annahme, dass am Kupferblech die angegebenen Bedingungen und in der Umgebung des Eisennagels Standardbedingungen vorliegen. *(20 Punkte)*
2. Erläutern Sie die Beobachtungen bei Versuch V1 anhand von Reaktionsgleichungen. Begründen Sie, warum Eisen bei Versuch V2b schneller rostet als bei Versuch V2a. *(20 Punkte)*
3. Prüfen Sie, ob bei Zugabe von rotem Blutlaugensalz zur Lösung aus Versuch V1 eine tiefblaue Färbung zu erwarten ist. Berechnen Sie die Ladung, die umgesetzt wird, wenn in Versuch V1 am Kupferblech $V = 2 \text{ mL}$ Gas entstehen. *(16 Punkte)*
4. Erklären Sie die Beobachtungen bei Versuch V3. Begründen Sie die unterschiedliche Reaktion des Kupferblechs mit Rost bzw. Eisen(III)-chlorid bei Versuch V3. *(10 Punkte)*

Zugelassene Hilfsmittel:

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



Name: _____

Fachspezifische Vorgaben:

Kupferbleche werden vielfach als Verkleidung von Dächern oder Denkmälern eingesetzt. Nach einiger Zeit verfärbt sich die Oberfläche durch die Bildung einer dünnen Schicht aus schwarzem Kupfer(II)-oxid, später wird sie grün durch die Bildung von z. B. Malachit, $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$.

Wenn zwischen den Kupferblechen und Eisen ein direkter Kontakt besteht, wie es z. B. zwischen der Kupferverkleidung und dem Eisengerüst der Freiheitsstatue in New York der Fall ist, kommt es zu vermehrten Korrosionserscheinungen am Eisengerüst.

Das Korrosionsverhalten von Kupfer und Eisen wurde mit den folgenden Schulversuchen modellhaft untersucht.

Versuch V1 (Einfluss von saurem Regen):

In verdünnte Schwefelsäure wurden ein mit einer blassgrünen Malachitschicht überzogenes Kupferblech und ein Eisennagel so angeordnet, dass sich Blech und Nagel berührten.

Beobachtungen: Nach zwei Stunden hatte sich die Lösung in der Umgebung des Kupferblechs bläulich verfärbt. Dort konnte eine Konzentration von $c(\text{Cu}^{2+}) = 0,05 \text{ mol/L}$ gemessen werden. Am Kupferblech waren blanke Stellen erkennbar.

Nach einem Tag war die Lösung farblos, das Kupferblech war vollständig blank. Der Eisennagel war mit einem rotbraunen Feststoff überzogen. An der Oberfläche des Kupferblechs waren Gasbläschen erkennbar. Das Gas wurde aufgefangen, es war brennbar.

Versuch V2 (Einfluss von Meerwasser, Nachweis von Reaktionsprodukten):

In eine Kochsalzlösung, die rotes Blutlaugensalz (Kaliumhexacyanoferrat(III), $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$) und Phenolphthalein als Nachweisreagenzien enthielt, wurden

- ein oberflächlich oxidiertes schwarzes Kupferblech und ein blanker Eisennagel ohne direkten Kontakt nebeneinander gelegt,
- ein oberflächlich oxidiertes schwarzes Kupferblech und ein blanker Eisennagel mit direktem Kontakt zueinander gelegt.

Beobachtungen zum Teilversuch V2a: Nach einem Tag gab es in der Umgebung des Eisennagels Bereiche mit rotvioletter sowie mit tiefblauer Färbung. Das Kupferblech und seine Umgebung wirkten unverändert. Nach einigen Wochen war am Eisennagel Rost festzustellen.

Beobachtungen zum Teilversuch V2b: Nach einigen Stunden waren blanke Stellen in der Oxidschicht am Kupferblech zu sehen. Die Lösung in der Umgebung des Kupferblechs war rotviolett gefärbt, in der Nähe des damit verbundenen Nagels färbte sich die Lösung tiefblau. Nach einer Woche hatte sich am Eisennagel und in seiner Umgebung deutlich mehr Rost als im Teilversuch V2a gebildet.



Name: _____

Versuch V3 (Einfluss von Eisen(III)-Verbindungen):

In eine Kochsalzlösung wurden ein blankes Kupferblech und in direktem Kontakt dazu ein verrosteter Eisennagel gelegt.

Beobachtungen: Nach mehreren Tagen waren kaum Veränderungen zu erkennen.

In einem Alternativversuch wurden neben ein Kupferblech einige Kristalle Eisen(III)-chlorid gegeben, die sich nach kurzer Zeit auflösten, wobei eine gelbe Lösung entstand.

Beobachtungen: An den Berührungsstellen zwischen der gelben Lösung und dem Kupferblech war bald eine grüne, später blaue Färbung erkennbar. Das Kupferblech wurde löchrig.

Zusatzinformationen:

Kupfer(II)-oxid und Rost (stark vereinfacht: Fe_2O_3) sind in wässrigen Lösungen kaum löslich, in Schwefelsäure gut löslich unter Bildung von blauem Kupfer(II)-sulfat bzw. gelbem Eisen(III)-sulfat.

Lösungen von Eisen(II)-salzen bilden mit Kaliumhexacyanoferrat(III) eine tiefblaue Verbindung.

Die rotviolette Färbung durch den Indikator Phenolphthalein ist ein Nachweis für Hydroxid-Ionen.

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

Molares Gasvolumen:

Bei Raumtemperatur und Standarddruck nimmt 1 mol Gas ein Volumen von $V_M = 24,0 \text{ L}$ ein.

Elektrochemische Spannungsreihe

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

1.	Fe/Fe^{2+}	-0,41
2.	$\text{H}_2/2 \text{H}^+$	0,00
3.	Cu/Cu^{2+}	0,35
4.	$\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$	0,77
5.	$2 \text{H}_2\text{O}/\text{O}_2, 4 \text{H}^+$	1,23

Unterlagen für die Lehrkraft

Abiturprüfung 2015

Chemie, Leistungskurs

1. Aufgabenart

Bearbeitung einer Aufgabe, die auf fachspezifischen Vorgaben basiert

2. Aufgabenstellung¹

Modellversuche zur Korrosion am Traggerüst der Freiheitsstatue

1. Stellen Sie anhand von Oxidationszahlen eine Reaktionsgleichung für die Reaktion von Kupfer mit Luftsauerstoff auf. Vergleichen Sie die Versuchsanordnung von Versuch V1 mit einer galvanischen Zelle aus einer Kupfer- und einer Eisen-Halbzelle. Begründen Sie mithilfe von Redoxpotentialen, warum in Versuch V1 eine Redoxreaktion zu erwarten ist, unter der Annahme, dass am Kupferblech die angegebenen Bedingungen und in der Umgebung des Eisennagels Standardbedingungen vorliegen. (20 Punkte)
2. Erläutern Sie die Beobachtungen bei Versuch V1 anhand von Reaktionsgleichungen. Begründen Sie, warum Eisen bei Versuch V2b schneller rostet als bei Versuch V2a. (20 Punkte)
3. Prüfen Sie, ob bei Zugabe von rotem Blutlaugensalz zur Lösung aus Versuch V1 eine tiefblaue Färbung zu erwarten ist. Berechnen Sie die Ladung, die umgesetzt wird, wenn in Versuch V1 am Kupferblech $V = 2$ mL Gas entstehen. (16 Punkte)
4. Erklären Sie die Beobachtungen bei Versuch V3. Begründen Sie die unterschiedliche Reaktion des Kupferblechs mit Rost bzw. Eisen(III)-chlorid bei Versuch V3. (10 Punkte)

3. Materialgrundlage

- http://chids.online.uni-marburg.de/dachs/expvotr/740Korrosion_Adam.pdf (Zugriff 22.03.2014)
- http://www.copper.org/education/liberty/liberty_reclothed2.html (Zugriff 22.03.2014)
- <http://daten.didaktikchemie.uni-bayreuth.de/umat/korrosion/korrosion.htm> (Zugriff 26.04.2014)
- <http://www.lenntech.de/pse/wasser/eisen/eisen-und-wasser.htm> (Zugriff 04.05.2014)
- Handbook of Chemistry and Physics, CRC Press, 67th Edition, D-151ff

¹ Die Aufgabenstellung deckt inhaltlich alle drei Anforderungsbereiche ab.

4. Bezüge zu den Vorgaben 2015

1. Inhaltliche Schwerpunkte

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

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

2. Medien/Materialien

- entfällt

5. Zugelassene Hilfsmittel

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

6. Vorgaben für die Bewertung der Schülerleistungen

Teilleistungen – Kriterien

a) inhaltliche Leistung

Teilaufgabe 1

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	stellt anhand von Oxidationszahlen eine Reaktionsgleichung für die Reaktion von Kupfer mit Luftsauerstoff auf, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Kupfer: Erhöhung der Oxidationszahl von 0 auf +II, Oxidation • Sauerstoff: Erniedrigung der Oxidationszahl von 0 zu –II, Reduktion • $2 \text{Cu} + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{CuO}$ 	4
2	vergleicht die Versuchsanordnung von Versuch V1 mit einer galvanischen Zelle aus einer Kupfer- und einer Eisen-Halbzelle, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Galvanische Zelle: Kupfer-Halbzelle aus Kupfer und einer Kupfer(II)-Ionen-Lösung, Eisen-Halbzelle aus Eisen und einer Eisen(II)-Ionen-Lösung, Diaphragma, Zuleitungen und Spannungsmessgerät, Potentialdifferenz zwischen den Blechen. • Versuchsanordnung bei Versuch V1: ein mit Malachit überzogenes Kupferblech und ein Eisennagel in direktem Kontakt, Elektrolyt-Lösung mit Kupfer(II)-Ionen und Eisen(II)-Ionen (kurzgeschlossene galvanische Zelle). • Zwischen den beiden Metallen kann in Versuch V1 Strom fließen aufgrund der Potentialdifferenz zwischen Eisen und Kupfer. In der galvanischen Zelle fließt Strom, wenn die Elektroden über einen Leiter verbunden werden. 	8

3	begründet mithilfe von Redoxpotentialen, warum in Versuch V1 eine Redoxreaktion zu erwarten ist, unter der Annahme, dass am Kupferblech die angegebenen Bedingungen und in der Umgebung des Eisennagels Standardbedingungen vorliegen, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • $U(\text{Cu}/\text{Cu}^{2+}) = U^\circ(\text{Cu}/\text{Cu}^{2+}) + 0,059 \text{ V} / 2 \cdot \log(\text{Cu}^{2+})$ • Mit $c(\text{Cu}^{2+}) = 0,05 \text{ mol/L}$ ergibt sich: $U(\text{Cu}/\text{Cu}^{2+}) = 0,31 \text{ V} > U^\circ(\text{Fe}/\text{Fe}^{2+})$. • Da das Standardpotential von Eisen kleiner ist als das von Kupfer, ist eine Oxidation von Eisen zu Eisen(II)-Ionen und eine Reduktion von Kupfer(II)-Ionen zu Kupfer zu erwarten. 	8
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 2

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1a	erläutert die Beobachtungen bei Versuch V1 anhand von Reaktionsgleichungen, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Die blaue Färbung deutet auf Kupfer(II)-Ionen hin, die durch Reaktion von Malachit mit Säure gebildet werden. • $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3 (\text{s}) + 4 \text{H}^+ (\text{aq}) \rightarrow 2 \text{Cu}^{2+} (\text{aq}) + 2 \text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{CO}_3 (\text{aq})$ • An den blanken Stellen hat Malachit vollständig reagiert, sodass das darunterliegende Kupfer erkennbar wird. 	6
1b	erläutert die Beobachtungen bei Versuch V1 anhand von Reaktionsgleichungen, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Der rote Feststoff deutet auf die Abscheidung von Kupfer hin (Reduktion). • $\text{Cu}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$ • Es müssen Eisen(II)-Ionen durch Oxidation von Eisen-Atomen entstanden sein. • $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2 \text{e}^-$ • Das am Kupferblech entstandene brennbare Gas ist Wasserstoff, der entsteht, wenn keine Kupfer(II)-Ionen mehr vorhanden sind (Reduktion). • $2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{H}_2$ 	8
2	begründet, warum Eisen bei Versuch V2b schneller rostet als bei Versuch V2a, z. B.: <i>(Hinweis: Es wird erwartet, dass der Prüfling auf die beschleunigte Bildung von Eisen(II)-Ionen bei direktem Kontakt zwischen Eisen und Kupfer eingeht, als Grund dafür die Potentialdifferenz zwischen Eisen und Kupfer anführt und Aussagen zur Reduktion von Sauerstoff am Kupferblech und zur vermehrten Rostbildung bei Versuch V2b im Vergleich zu Versuch V2a macht.)</i>	6
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 3

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	prüft, ob bei Zugabe von rotem Blutlaugensalz zur Lösung aus Versuch V1 eine tiefblaue Färbung zu erwarten ist, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Das Eisen des Nagels wird durch Reaktion mit Kupfer(II)-Ionen unter Bildung von Eisen(II)-Ionen oxidiert, die in der verdünnten Schwefelsäure gelöst vorliegen. • Daher ist bei Zugabe von rotem Blutlaugensalz zur Lösung eine tiefblaue Färbung zu erwarten. 	6

2a	berechnet die Ladung, die umgesetzt wird, wenn in Versuch V1 am Kupferblech $V = 2 \text{ mL}$ Gas entstehen, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> $V_M = 24,0 \text{ L/mol}$ $V(\text{H}_2) = 2 \text{ mL}$ entsprechen $n = 1/12 \text{ mmol} \approx 0,083 \text{ mmol}$ Gas. 	4
2b	berechnet die Ladung, die umgesetzt wird, wenn in Versuch V1 am Kupferblech $V = 2 \text{ mL}$ Gas entstehen, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> $z = 2$; $F = 96485 \text{ As/mol}$ $Q = I \cdot t = z \cdot n \cdot F$ Einsetzen liefert $Q = 16 \text{ As}$. 	6
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 4

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	erklärt die Beobachtungen bei Versuch V3, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> Die gelbe Färbung der Lösung deutet auf im Wasser gelöste Eisen(III)-Ionen hin. Die Bildung von Löchern im Kupferblech und die grüne bzw. blaue Färbung weisen auf im Wasser gelöste Kupfer(II)-Ionen hin (zunächst Mischfarbe mit gelb). <i>(Hinweis: Die grüne Färbung kann auch auf Eisen(II)-Ionen zurückgeführt werden.)</i>	4
2	begründet die unterschiedliche Reaktion des Kupferblechs mit Rost bzw. Eisen(III)-chlorid bei Versuch V3, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> Rost ist in Wasser kaum löslich, Eisen(III)-chlorid hingegen recht gut. Da Rost schlecht in Wasser löslich ist, ist die Konzentration der Eisen(III)-Ionen in der Lösung so gering, dass das Potential $U(\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+})$ auf jeden Fall kleiner als das Potential von Kupfer $U(\text{Cu}/\text{Cu}^{2+})$ ist. In einer Lösung von Eisen(III)-chlorid wird Kupfer daher oxidiert, bei Kontakt mit dem rostigen Nagel hingegen nicht. <i>(Hinweis: Es wird nicht erwartet, dass auf die Erniedrigung des Potentials $U(\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+})$ bei steigender Konzentration von Eisen(II)-Ionen eingegangen wird.)</i>	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	stellt anhand von ...	4			
2	vergleicht die Versuchsanordnung ...	8			
3	begründet mithilfe von ...	8			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
Summe 1. Teilaufgabe		20			

Teilaufgabe 2

Anforderungen		Lösungsqualität			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
1a	erläutert die Beobachtungen ...	6			
1b	erläutert die Beobachtungen ...	8			
2	begründet, warum Eisen ...	6			
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
Summe 2. Teilaufgabe		20			

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

Teilaufgabe 3

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	prüft, ob bei ...	6			
2a	berechnet die Ladung ...	4			
2b	berechnet die Ladung ...	6			
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe 3. Teilaufgabe	16			

Teilaufgabe 4

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	erklärt die Beobachtungen ...	4			
2	begründet die unterschiedliche ...	6			
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe 4. Teilaufgabe	10			
	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 gemäß nachfolgender Tabelle				
Note ggf. unter Absenkung um bis zu 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 – 60
mangelhaft plus	3	59 – 50
mangelhaft	2	49 – 40
mangelhaft minus	1	39 – 30
ungenügend	0	29 – 0



Name: _____

Abiturprüfung 2015

Chemie, Leistungskurs

Aufgabenstellung:

Chlorethen

1. Geben Sie den Reaktionstyp der Synthese von Chlorethen aus Ethin und Chlorwasserstoff an. Erläutern Sie die charakteristischen Reaktionsschritte unter Verwendung geeigneter Strukturformeln. *(14 Punkte)*
2. Erläutern Sie den in Verfahren 2 beschriebenen Reaktionsweg von Ethen zu Chlorethen unter Angabe der Reaktionstypen und Reaktionsgleichungen der beiden Schritte. Geben Sie den Namen für das Zwischenprodukt nach der systematischen Nomenklatur an. Entwickeln Sie einen Reaktionsweg zur Herstellung von Chlorethen auf der Basis von Ethanol unter Angabe von Reaktionsgleichungen. *(16 Punkte)*
3. Geben Sie den Abbauweg von Tetrachlorethen zu Chlorethen einschließlich der Zwischenstufen an. Erläutern Sie, weshalb es zwei isomere Strukturen von 1,2-Dichlorethen gibt. Begründen Sie, auch unter Angabe von Oxidationszahlen, die unterschiedlichen Abbaubedingungen von Tetrachlorethen und Chlorethen. *(20 Punkte)*
4. Begründen Sie, weshalb sich Tetrachlorethen für die Entfernung von Fettflecken aus Kleidungsstücken eignet. Erläutern Sie das Verfahren des Luft-Strippens zur Entfernung von Chlorethen aus dem Grundwasser und begründen Sie, weshalb Chlorethen durch Luft-Strippen entfernt werden kann. *(16 Punkte)*

Zugelassene Hilfsmittel:

- Wissenschaftlicher Taschenrechner
- Periodensystem
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung



Name: _____

Fachspezifische Vorgaben:

Chlorethen (Vinylchlorid; C_2H_3Cl) ist der Ausgangsstoff zur Herstellung des Massenkunststoffs Polyvinylchlorid (PVC). Zur Synthese von Chlorethen sind verschiedene Verfahren möglich. Für das älteste Verfahren wurde der in Deutschland reichlich vorhandene Rohstoff Kohle genutzt.

Verfahren 1:

Aus Kohle hergestelltes Ethin (C_2H_2) wurde bei Temperaturen von ca. 200 °C und hohem Druck in Gegenwart des Katalysators Quecksilberchlorid ($HgCl_2$) mit Chlorwasserstoff (HCl) zur Reaktion gebracht. Die Reaktion verläuft analog zur Reaktion von Ethen mit Chlorwasserstoff.

Seit den 1960er Jahren wird Chlorethen in Deutschland vorzugsweise aus dem Rohstoff Erdöl synthetisiert.

Verfahren 2:

Aus dem in Raffinerien gewonnenen Leichtbenzin stellt man durch Cracken die Grundchemikalie Ethen (C_2H_4) her. Im ersten Syntheseschritt setzt man Ethen bei 80 °C in Gegenwart von Eisen(III)-chlorid ($FeCl_3$) mit Chlor (Cl_2) um. Das entstehende Zwischenprodukt wird im zweiten Syntheseschritt auf 500 °C erhitzt. Chlorethen und ein weiteres gasförmiges Produkt entstehen.

Für die Zukunft sind alternative Synthesemöglichkeiten auf der Basis nachwachsender Rohstoffe denkbar.

Verfahren 3:

Durch Vergärung von Mais, Zuckerrohr oder ähnlichen Pflanzen wird Ethanol hergestellt, aus dem sich Chlorethen synthetisieren lässt.

Chlorethen löst sich fast unbegrenzt in organischen Lösemitteln wie Ethanol oder Diethylether, aber nur wenig in Wasser. Da es giftig und krebserzeugend ist, wird es heute nur noch in geschlossenen Systemen verwendet. Das Risiko von Untergrund- und Grundwasserkontamination ist dadurch in den letzten Jahrzehnten stark gesunken. Dennoch ist Chlorethen als Altlast zum Beispiel unter ehemaligen chemischen Reinigungen vorhanden. Zwischen 1940 und 1980 wurde zur Textilreinigung häufig Tetrachlorethen (C_2Cl_4) eingesetzt. Dieses wird schrittweise anaerob, d. h. ohne Sauerstoff unter reduzierenden Bedingungen, durch natürlich vorkommende Bodenbakterien über die Zwischenstufen Trichlorethen und 1,2-Dichlorethen zu Chlorethen abgebaut. Chlorethen kann von diesen Bakterien nicht weiter abgebaut werden und verbleibt im Grundwasser. Ein mögliches Sanierungsverfahren ist das sogenannte Luft-Strippen (siehe Abbildung 1). Hierbei wird Chlorethen vom Grundwasser abgetrennt. Die Abluft muss dann gereinigt werden. Dazu kann durch eine oxidative Dechlorierung Chlorethen zu Kohlenstoffdioxid, Chlorwasserstoff und Wasser abgebaut werden.



Name: _____

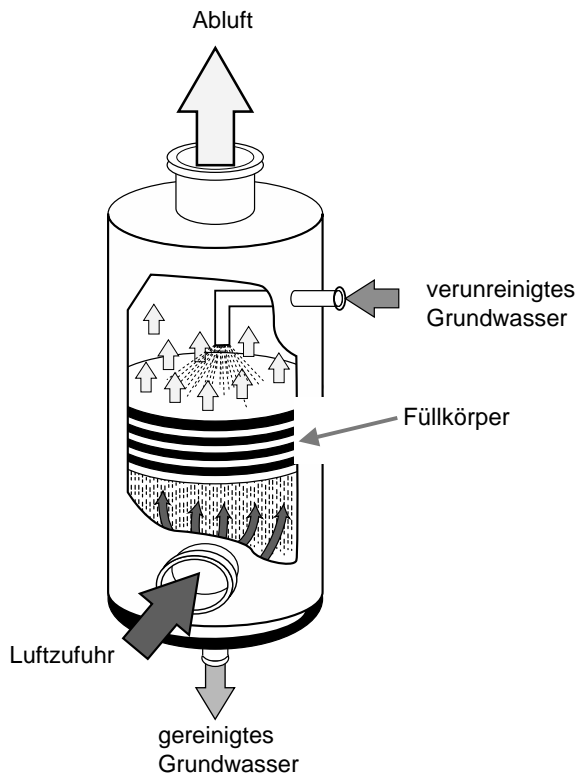


Abbildung 1: Strippturm für die Grundwasserreinigung

Zusatzinformationen:

Siedetemperatur von Chlorethen: -14 °C

Unterlagen für die Lehrkraft

Abiturprüfung 2015

Chemie, Leistungskurs

1. Aufgabenart

Bearbeitung einer Aufgabe, die auf fachspezifischen Vorgaben basiert

2. Aufgabenstellung¹

Chlorethen

1. Geben Sie den Reaktionstyp der Synthese von Chlorethen aus Ethin und Chlorwasserstoff an. Erläutern Sie die charakteristischen Reaktionsschritte unter Verwendung geeigneter Strukturformeln. (14 Punkte)
2. Erläutern Sie den in Verfahren 2 beschriebenen Reaktionsweg von Ethen zu Chlorethen unter Angabe der Reaktionstypen und Reaktionsgleichungen der beiden Schritte. Geben Sie den Namen für das Zwischenprodukt nach der systematischen Nomenklatur an. Entwickeln Sie einen Reaktionsweg zur Herstellung von Chlorethen auf der Basis von Ethanol unter Angabe von Reaktionsgleichungen. (16 Punkte)
3. Geben Sie den Abbauweg von Tetrachlorethen zu Chlorethen einschließlich der Zwischenstufen an. Erläutern Sie, weshalb es zwei isomere Strukturen von 1,2-Dichlorethen gibt. Begründen Sie, auch unter Angabe von Oxidationszahlen, die unterschiedlichen Abbaubedingungen von Tetrachlorethen und Chlorethen. (20 Punkte)
4. Begründen Sie, weshalb sich Tetrachlorethen für die Entfernung von Fettflecken aus Kleidungsstücken eignet. Erläutern Sie das Verfahren des Luft-Strippens zur Entfernung von Chlorethen aus dem Grundwasser und begründen Sie, weshalb Chlorethen durch Luft-Strippen entfernt werden kann. (16 Punkte)

¹ Die Aufgabenstellung deckt inhaltlich alle drei Anforderungsbereiche ab.

3. Materialgrundlage

- Morrison, Robert T.: Lehrbuch der organischen Chemie, 2. Aufl., Verlag Chemie, Weinheim 1978
- BMG Engineering AG, Schlieren: C. Munz, A. Häner, im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt BAFU (Hrsg.): Leitfaden Chlorierte Kohlenwasserstoffe (CKW). Mai 2008 (aktualisierte Version September 2009)
- http://www.uni-koeln.de/math-nat-fak/orgchem/ci/vcifolie/vci_n011.pdf (Zugriff 22.11.2013)
- Grathwohl, P.; Reisinger, C.: Formulierung einer Verfahrensempfehlung zur Bestimmung der Emission leichtflüchtiger organischer Schadstoffe (LCKW, BTEX etc.) aus kontaminierten Böden. Abschlussbericht des Projektes der Landesanstalt für Umweltschutz, S. 12, http://www.fachdokumente.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/40152/wb_VOC_Emission.pdf?command=downloadContent&filename=wb_VOC_Emission.pdf (Zugriff 01.04.2014)
- Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (Hrsg.): Grundwasserreinigung bei der Bearbeitung von Altlasten und Schadensfällen. In: Handbuch Altlasten und Grundwasserschadensfälle, 1. Auflage, Karlsruhe 1995

4. Bezüge zu den Vorgaben 2015

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, jeweils einschließlich der Kenntnisse über die charakteristischen Reaktionsschritte
- Stoffklassen: Alkane, Alkene, Halogenalkane, Alkanole, Alkanale/Alkanone, Carbonsäuren, Ester
- Einfluss der Molekülstrukturen auf das Reaktionsverhalten
- Aufklärung eines Reaktionsmechanismus: nukleophile Substitution

2. Medien/Materialien

- entfällt

5. Zugelassene Hilfsmittel

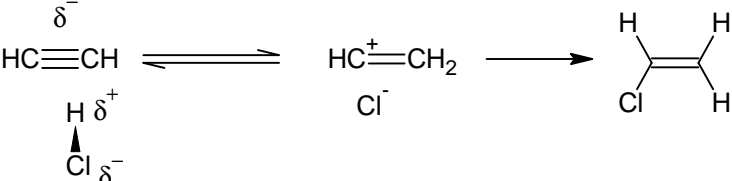
- Wissenschaftlicher Taschenrechner
- Periodensystem
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung

6. Vorgaben für die Bewertung der Schülerleistungen

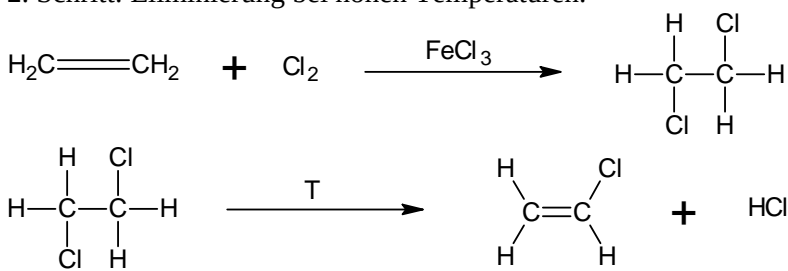
Teilleistungen – Kriterien

a) inhaltliche Leistung

Teilaufgabe 1

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	gibt den Reaktionstyp der Synthese von Chlorethen aus Ethin und Chlorwasserstoff an: <ul style="list-style-type: none"> elektrophile Addition. 	2
2a	erläutert die charakteristischen Reaktionsschritte unter Verwendung geeigneter Strukturformeln, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> Verstärkung der Polarisation des HCl-Moleküls bei Annäherung an die Kohlenstoff-Kohlenstoff-Dreifachbindung, Heterolyse des Moleküls in ein H⁺- und ein Cl⁻-Ion, elektrophiler Angriff des H⁺-Ions an die C-C-Dreifachbindung unter Bildung einer Zwischenstufe mit positiver Ladung, Anlagerung des Cl⁻-Ions an das positiv geladene C-Atom. 	8
2b	erläutert die charakteristischen Reaktionsschritte unter Verwendung geeigneter Strukturformeln, z. B.: 	4
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

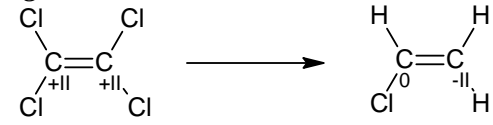
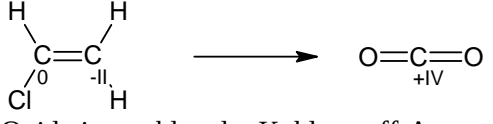
Teilaufgabe 2

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	erläutert den in Verfahren 2 beschriebenen Reaktionsweg von Ethen zu Chlorethen unter Angabe der Reaktionstypen und Reaktionsgleichungen der beiden Schritte, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> 1. Schritt: elektrophile Addition von Chlor an Ethen mit FeCl₃ als Katalysator, 2. Schritt: Eliminierung bei hohen Temperaturen. 	6

2	gibt den Namen für das Zwischenprodukt nach der systematischen Nomenklatur an: • 1,2-Dichlorethan.	2
3	entwickelt einen Reaktionsweg zur Herstellung von Chlorethen auf der Basis von Ethanol unter Angabe der Reaktionsgleichungen, z. B.: • Schritt 1: Erhitzen von Ethanol in Gegenwart einer sauren Lösung unter Bildung von Ethen $\begin{array}{c} \text{H} & \text{H} \\ & \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{O}-\text{H} \\ & \\ \text{H} & \text{H} \end{array} + \text{H}_3\text{O}^+ \xrightarrow{\text{Erhitzen}} \begin{array}{c} \text{H} & \text{H} \\ \backslash & / \\ \text{C}=\text{C} \\ / & \backslash \\ \text{H} & \text{H} \end{array} + 2 \text{H}_2\text{O}$ • Schritte 2 und 3: vgl. oben (1). Mögliche Alternative: • Schritt 1: Umsetzung von Ethanol mit einer Lösung, die Chlorid-Ionen in hohem Überschuss enthält (z. B. konzentrierte Salzsäure), unter Bildung von Chlorethan, • Schritt 2: Erhitzen des gebildeten Chlorethans in Kalilauge unter Bildung von Ethen $\begin{array}{c} \text{H} & \text{H} \\ & \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{O}-\text{H} \\ & \\ \text{H} & \text{H} \end{array} + \text{H}_3\text{O}^+ + \text{Cl}^- \longrightarrow \begin{array}{c} \text{H} & \text{H} \\ & \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{Cl} \\ & \\ \text{H} & \text{H} \end{array} + 2 \text{H}_2\text{O}$ $\begin{array}{c} \text{H} & \text{H} \\ & \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{Cl} \\ & \\ \text{H} & \text{H} \end{array} + \text{OH}^- \xrightarrow{\text{Erhitzen}} \begin{array}{c} \text{H} & \text{H} \\ \backslash & / \\ \text{C}=\text{C} \\ / & \backslash \\ \text{H} & \text{H} \end{array} + \text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O}$ • Schritte 3 und 4: vgl. oben (1). (Hinweis: Es sind weitere Alternativen denkbar. Für die Angabe einer Möglichkeit ist die volle Punktzahl zu geben.)	8
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 3

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	gibt den Abbauweg von Tetrachlorethen zu Chlorethen einschließlich der Zwischenstufen an, z. B.: $\begin{array}{c} \text{Cl} & \text{Cl} \\ \backslash & / \\ \text{C}=\text{C} \\ / & \backslash \\ \text{Cl} & \text{Cl} \end{array} \xrightarrow[- \text{HCl}]{ + \text{H}_2} \begin{array}{c} \text{Cl} & \text{H} \\ \backslash & / \\ \text{C}=\text{C} \\ / & \backslash \\ \text{Cl} & \text{Cl} \end{array} \begin{array}{l} \nearrow \\ \searrow \end{array} \begin{array}{c} \text{H} & \text{Cl} \\ \backslash & / \\ \text{C}=\text{C} \\ / & \backslash \\ \text{Cl} & \text{H} \end{array} \begin{array}{l} \nearrow \\ \searrow \end{array} \begin{array}{c} \text{H} & \text{H} \\ \backslash & / \\ \text{C}=\text{C} \\ / & \backslash \\ \text{H} & \text{Cl} \end{array}$ Tetrachlorethen Trichlorethen trans-1,2-Dichlorethen cis-1,2-Dichlorethen Chlorethen	6
2	erläutert, weshalb es zwei isomere Strukturen von 1,2-Dichlorethen gibt. (Hinweis: Es wird erwartet, dass der Prüfling auf die fehlende Rotationsmöglichkeit um die Kohlenstoff-Kohlenstoff-Bindung aufgrund der Doppelbindung und auf cis- und trans-1,2-Dichlorethen, die sich nur in der räumlichen Anordnung ihrer Atome unterscheiden, eingeht.)	6

3	<p>begründet, auch unter Angabe von Oxidationszahlen, die unterschiedlichen Abbaubedingungen von Tetrachlorethen und Chlorethen, z. B.:</p> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> <ul style="list-style-type: none"> • Die Oxidationszahlen der Kohlenstoff-Atome verkleinern sich von Tetrachlorethen zu Chlorethen, daher handelt es sich um eine Reduktion. • Der Abbau kann anaerob (ohne Sauerstoff) erfolgen. • Die Oxidationszahlen der Kohlenstoff-Atome erhöhen sich von Chlorethen zu Kohlenstoffdioxid, daher handelt es sich um eine Oxidation. • Der Abbau kann nicht anaerob erfolgen, es handelt sich stattdessen um eine oxidative Dechlorierung. 	8
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 4

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
Der Prüfling		
1	<p>begründet, weshalb sich Tetrachlorethen für die Entfernung von Fettflecken aus Kleidungsstücken eignet, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tetrachlorethen-Moleküle sind unpolar. • Die C-Cl-Bindungen sind zwar polar, aufgrund seiner Symmetrie ist Tetrachlorethen aber insgesamt unpolar. • Tetrachlorethen ist daher gut fett- und schlecht wasserlöslich und kann zur Entfernung von Fettflecken aus Kleidungsstücken genutzt werden. 	6
2	<p>erläutert das Verfahren des Luft-Strippens zur Entfernung von Chlorethen aus dem Grundwasser. <i>(Hinweis: Es wird erwartet, dass der Prüfling auf das Herabrieseln des belasteten Grundwassers über den Füllkörper eingeht, dass Luft im Gegenstrom von unten in den Stripturm eingeblasen wird und dass das gasförmige Chlorethen aus dem Grundwasser ausgetrieben wird.)</i></p>	4
3	<p>begründet, weshalb Chlorethen durch Luft-Strippen entfernt werden kann, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Chlorethen hat eine Siedetemperatur von -14 °C und ist daher bei Raumtemperatur bzw. der Temperatur des Grundwassers gasförmig. • Chlorethen ist lipophil und löst sich nicht gut in Wasser. • Durch Einblasen von Luft wird die Grenzfläche zwischen Luft und Wasser vergrößert. • Es geht mehr Chlorethen in die Gasphase über und wird aus dem Grundwasser ausgetrieben. 	6
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

b) Darstellungsleistung

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

7. Bewertungsbogen zur Prüfungsarbeit

Name des Prüflings: _____ Kursbezeichnung: _____

Schule: _____

Teilaufgabe 1

Anforderungen		Lösungsqualität			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl	EK ²	ZK	DK
1	gibt den Reaktionstyp ...	2			
2a	erläutert die charakteristischen ...	8			
2b	erläutert die charakteristischen ...	4			
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
Summe 1. Teilaufgabe		14			

Teilaufgabe 2

Anforderungen		Lösungsqualität			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
1	erläutert den in ...	6			
2	gibt den Namen ...	2			
3	entwickelt einen Reaktionsweg ...	8			
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	gibt den Abbauweg ...	6			
2	erläutert, weshalb es ...	6			
3	begründet, auch unter ...	8			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe 3. Teilaufgabe	20			

Teilaufgabe 4

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	begründet, weshalb sich ...	6			
2	erläutert das Verfahren ...	4			
3	begründet, weshalb Chlorethen ...	6			
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 gemäß nachfolgender Tabelle				
Note ggf. unter Absenkung um bis zu 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 – 60
mangelhaft plus	3	59 – 50
mangelhaft	2	49 – 40
mangelhaft minus	1	39 – 30
ungenügend	0	29 – 0



Name: _____

Abiturprüfung 2015

Chemie, Leistungskurs

Aufgabenstellung:

Farbstoffe in Orientteppichen

1. Erklären Sie anhand des Absorptionsspektrums von Crocetin den Zusammenhang zwischen Lichtabsorption und Farbigkeit. Erläutern Sie den Zusammenhang von Molekülstruktur und Farbigkeit am Beispiel des Crocetins unter Angabe einer weiteren Grenzstruktur von Crocetin. Erklären Sie die Beobachtungen bei Versuch 1. (18 Punkte)
2. Geben Sie für die einzelnen Stufen der beschriebenen Synthese von Pikrinsäure die Reaktionsschemata und Reaktionstypen an. Erläutern Sie die charakteristischen Reaktionsschritte (Mechanismus) der einfachen Nitrierung von Chlorbenzol unter Berücksichtigung des Einflusses des Erstsubstituenten. (18 Punkte)
3. Bestätigen Sie anhand von Oxidationszahlen, dass die Herstellung von Pikraminsäure aus Pikrinsäure eine Reduktion ist. Erläutern Sie die Bildung des Diazonium-Ions aus Pikraminsäure. Entwickeln Sie die Struktur von Mordant Brown 4. (16 Punkte)
4. Entwickeln Sie die charakteristischen Reaktionsschritte mithilfe von Strukturformeln für die beschriebene Reaktion der Diazonium-Ionen zum Diphenol-Derivat. Geben Sie für die Reaktionsschritte die Reaktionstypen an. Beurteilen Sie, ob neben dem Diphenol-Derivat weitere Produkte bei dieser Reaktion zu erwarten sind. (14 Punkte)

Zugelassene Hilfsmittel:

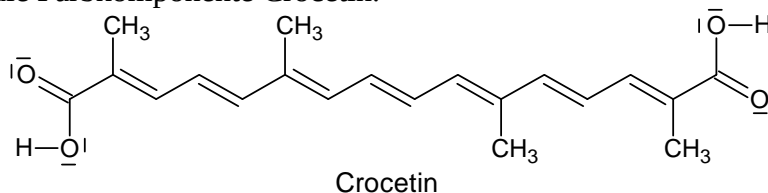
- Wissenschaftlicher Taschenrechner (ohne oder mit Grafikfähigkeit)
- Periodensystem
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung



Name: _____

Fachspezifische Vorgaben:

Naturfarben, wie beispielsweise der aus den Stempelfäden einer Krokusart gewonnene Safran, werden in hunderte Jahre alten Orientteppichen als Färbemittel gefunden. Safran enthält die Farbkomponente Crocetin.



Zum Nachweis der Doppelbindungen kann folgender Versuch durchgeführt werden:

Versuch 1:

Einige Safranfäden werden über Nacht in kaltes Wasser gelegt. Man gibt zu der so entstandenen Farbstofflösung Bromwasser hinzu und lässt diese im Dunkeln stehen. Nach einiger Zeit stellt man eine Entfärbung der Lösung fest.

Ab Mitte des 19. Jahrhunderts wurden synthetische Farbstoffe in der Teppichfärberei eingesetzt, wie z. B. der Farbstoff Pikrinsäure, den man in der Wolle solcher Teppiche findet.

Zur Herstellung von Pikrinsäure wird zunächst Chlorbenzol mit Nitriersäure zu 4-Nitrochlorbenzol und weiter zu 2,4-Dinitrochlorbenzol nitriert. Dieses wird mit Natronlauge zu 2,4-Dinitrophenol umgesetzt, das durch erneute Nitrierung die gewünschte Pikrinsäure ergibt.

Eine weitere Verwendung von Pikrinsäure ist die Synthese verschiedener Farbstoffe wie z. B. des Farbstoffs Mordant Brown 4.

Versuch 2: Synthese des Farbstoffs Mordant Brown 4

Schritt 1:

Pikrinsäure wird in alkalischer Lösung gelöst und mit einer wässrigen Natriumsulfid-Lösung zu Pikraminsäure reduziert.

Schritt 2:

Zu einem Gemisch aus Salzsäure und Natriumnitrit (NaNO_2) wird unter Kühlung und Rühren eine Pikraminsäure-Lösung zugegeben. Ohne Kühlung würden aus den entstehenden Diazonium-Ionen Stickstoff-Moleküle abgespalten unter Bildung von aromatischen Carbenium-Ionen. Diese reagieren mit Wasser zu einem Diphenol-Derivat.

Schritt 3:

Die Lösung mit den Diazonium-Ionen wird unter Kühlung zu 2,4-Toluoldiamin gegeben. Man erhält den Farbstoff Mordant Brown 4.

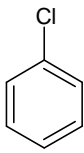


Name: _____

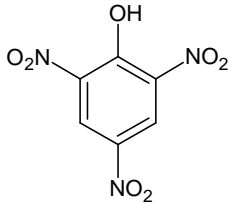
Zusatzinformationen:

In Nitriersäure, einem Gemisch aus konzentrierter Salpetersäure und konzentrierter Schwefelsäure, werden Nitryl-Kationen (NO_2^+) gebildet, die als reaktive Teilchen wirken.

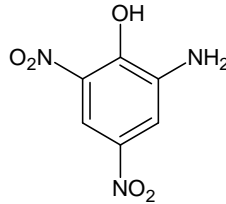
Strukturen aromatischer Verbindungen



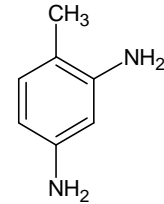
Chlorbenzol



Pikrinsäure

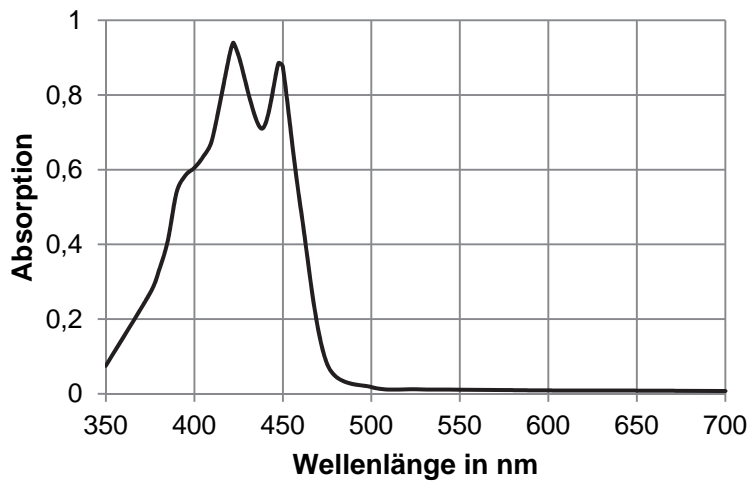


Pikraminsäure



2,4-Toluoldiamin

Spektrum von Crocetin





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 2015

Chemie, Leistungskurs

1. Aufgabenart

Bearbeitung einer Aufgabe, die auf fachspezifischen Vorgaben basiert

2. Aufgabenstellung¹

Farbstoffe in Orientteppichen

1. Erklären Sie anhand des Absorptionsspektrums von Crocetin den Zusammenhang zwischen Lichtabsorption und Farbigkeit. Erläutern Sie den Zusammenhang von Molekülstruktur und Farbigkeit am Beispiel des Crocetins unter Angabe einer weiteren Grenzstruktur von Crocetin. Erklären Sie die Beobachtungen bei Versuch 1. (18 Punkte)
2. Geben Sie für die einzelnen Stufen der beschriebenen Synthese von Pikrinsäure die Reaktionsschemata und Reaktionstypen an. Erläutern Sie die charakteristischen Reaktionsschritte (Mechanismus) der einfachen Nitrierung von Chlorbenzol unter Berücksichtigung des Einflusses des Erstsubstituenten. (18 Punkte)
3. Bestätigen Sie anhand von Oxidationszahlen, dass die Herstellung von Pikraminsäure aus Pikrinsäure eine Reduktion ist. Erläutern Sie die Bildung des Diazonium-Ions aus Pikraminsäure. Entwickeln Sie die Struktur von Mordant Brown 4. (16 Punkte)
4. Entwickeln Sie die charakteristischen Reaktionsschritte mithilfe von Strukturformeln für die beschriebene Reaktion der Diazonium-Ionen zum Diphenol-Derivat. Geben Sie für die Reaktionsschritte die Reaktionstypen an. Beurteilen Sie, ob neben dem Diphenol-Derivat weitere Produkte bei dieser Reaktion zu erwarten sind. (14 Punkte)

3. Materialgrundlage

- Struckmeier, Sabine: Die Textilfärberei vom Spätmittelalter bis zur Frühen Neuzeit (14. – 16. Jahrhundert): eine naturwissenschaftlich-technische Analyse deutschsprachiger Quellen, Waxmann Verlag, Münster 2011
- NPCB Board of Consultants & Engineers: Handbook on Textile Auxiliaries, Dyes and Dye Intermediates Technology, Asia Pacific Business Press Inc., 2009
- Umigai, N.; Murakami, K.; Ulit, M. V. et al.: "The pharmacokinetic profile of crocetin in healthy adult human volunteers after a single oral administration", Phytomedicine 18 (7): 575–8

¹ Die Aufgabenstellung deckt inhaltlich alle drei Anforderungsbereiche ab.

- Brückner, R.: Reaktionsmechanismen, 3. Auflage (korr. Nachdruck), Spektrum-Verlag, Berlin 2007
- <http://www.lambdasyn.org/synfiles/pikraminsaeure.htm> (Zugriff 25.06.2014)

4. Bezüge zu den Vorgaben 2015

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

5. Zugelassene Hilfsmittel

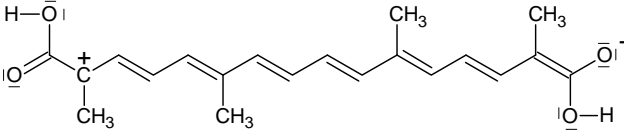
- Wissenschaftlicher Taschenrechner (ohne oder mit Grafikfähigkeit)
- Periodensystem
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung

6. Vorgaben für die Bewertung der Schülerleistungen

Teilleistungen – Kriterien

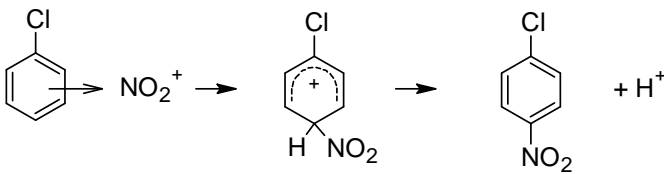
a) inhaltliche Leistung

Teilaufgabe 1

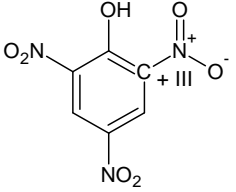
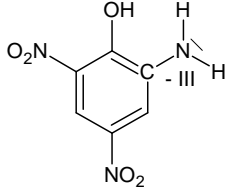
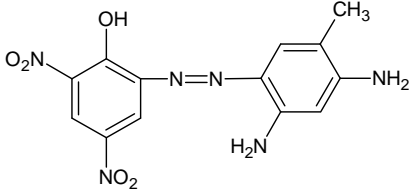
	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	<p>erklärt anhand des Absorptionsspektrums von Crocetin den Zusammenhang zwischen Lichtabsorption und Farbigeit, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die Farbe des absorbierten Lichts und der wahrgenommene Farbeindruck des Farbstoffes sind komplementär. • Die Absorptionsmaxima von Crocetin liegen im violetten bis blauen Spektralbereich (Wellenlängen von 420 nm bzw. 450 nm), Crocetin erscheint daher gelb. 	4
2	<p>erläutert den Zusammenhang von Molekülstruktur und Farbigeit am Beispiel des Crocetins unter Angabe einer weiteren Grenzstruktur von Crocetin, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Im Crocetin liegt ein ausgedehntes System delocalisierter Elektronen über ein Polyen-System vor. Die delocalisierten Elektronen werden von sichtbarem Licht angeregt. • Zwei Carboxyl-Gruppen mit –M-Effekt erweitern jeweils das System der delocalisierten Elektronen. • Weitere mesomere Grenzstruktur 	8

3	erklärt die Beobachtungen bei Versuch 1, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Der Farbstoff des Safrans, das Crocetin, ist wasserlöslich. • An die Doppelbindungen der Crocetin-Moleküle werden Brom-Moleküle aus dem Bromwasser elektrophil addiert. • Das konjugierte Doppelbindungssystem wird durch die Addition unterbrochen, daher absorbiert das Produkt nicht mehr im sichtbaren Bereich des elektromagnetischen Spektrums. 	6
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

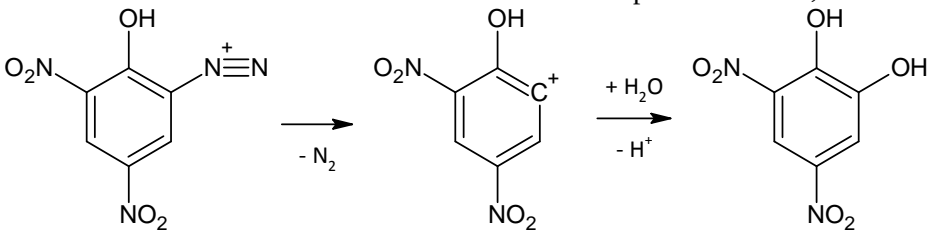
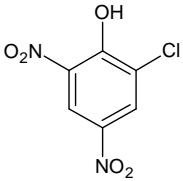
Teilaufgabe 2

	Anforderungen	Maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	gibt für die einzelnen Stufen der beschriebenen Synthese von Pikrinsäure die Reaktionsschemata und Reaktionstypen an. <i>(Hinweis: Es wird erwartet, dass der Prüfling die zweifache Nitrierung von Chlorbenzol und die einfache Nitrierung von 2,4-Dinitrophenol als elektrophile Substitutionen sowie die Umsetzung von 2,4-Dinitrochlorbenzol mit Natronlauge als nucleophile Substitution darstellt.)</i>	6
2a	erläutert die charakteristischen Reaktionsschritte (Mechanismus) der einfachen Nitrierung von Chlorbenzol unter Berücksichtigung des Einflusses des Erstsubstituenten, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • $\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{NO}_2^+ + \text{HSO}_4^- + \text{H}_2\text{O}$ •  • Das Nitryl-Kation tritt als elektrophiles Teilchen mit den π-Elektronen des Chlorbenzol-Moleküls in Wechselwirkung (π-Komplex, Tradukt). • Es wird ein mesomeriestabilisierter σ-Komplex (Interdukt) gebildet. • Abschließend erfolgt die Rearomatisierung durch Protonenabspaltung. • Reaktionstyp: elektrophile Substitution. 	8
2b	erläutert die charakteristischen Reaktionsschritte (Mechanismus) der einfachen Nitrierung von Chlorbenzol unter Berücksichtigung des Einflusses des Erstsubstituenten, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Der Chlor-Substituent besitzt einen +M-Effekt und dirigiert den Zweitsubstituenten in <i>o</i>- und <i>p</i>-Stellung. • Die <i>p</i>-Position ist aus sterischen Gründen begünstigt. 	4
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 3

	Anforderungen	Maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	<p>bestätigt anhand von Oxidationszahlen, dass die Herstellung von Pikraminsäure aus Pikrinsäure eine Reduktion ist, z. B.:</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p><chem>Oc1c([N+](=O)[O-])cc([N+](=O)[O-])cc1[N+](=O)[O-]</chem></p> </div> <div style="text-align: center;">  <p><chem>Oc1c(N)cc([N+](=O)[O-])cc1[N+](=O)[O-]</chem></p> </div> </div> <ul style="list-style-type: none"> • Im Pikrinsäure-Molekül besitzt das Stickstoff-Atom der Nitro-Gruppe die Oxidationszahl +III. • Im Pikraminsäure-Molekül besitzt das entsprechende Stickstoff-Atom der Amino-Gruppe die Oxidationszahl -III. • Eine Verringerung der Oxidationszahl bedeutet Reduktion. 	4
2	<p>erläutert die Bildung des Diazonium-Ions aus Pikraminsäure, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bildung des Nitrosyl-Kations (Nitrosonium-Ions) aus Natriumnitrit und Salzsäure, • Bildung des Diazonium-Ions aus Pikraminsäure und Nitrosyl-Kationen. 	4
3	<p>entwickelt die Struktur von Mordant Brown 4, z. B.:</p> <div style="text-align: center;">  <p><chem>Oc1c([N+](=O)[O-])cc(N=Nc2cc(N)cc(C)c2[N+](=O)[O-])cc1[N+](=O)[O-]</chem></p> </div> <ul style="list-style-type: none"> • Der Farbstoff entsteht durch Azokupplung aus dem Diazonium-Ion und 2,4-Toluoldiamin. • Die Amino-Gruppen des 2,4-Diaminotoluols dirigieren den weiteren Substituenten bevorzugt in ortho- oder para-Stellung. • Die Substitution erfolgt in ortho-Stellung zur ersten Amino-Gruppe und in para-Stellung zur zweiten Amino-Gruppe. • Die Substitution in dieser Stellung ist sterisch gegenüber einer Substitution in ortho-Stellung zu beiden Amino-Gruppen bevorzugt. 	8
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 4

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	<p>entwickelt die charakteristischen Reaktionsschritte mithilfe von Strukturformeln für die beschriebene Reaktion der Diazonium-Ionen zum Diphenol-Derivat, z. B.:</p> 	6
2	<p>gibt für die Reaktionsschritte die Reaktionstypen an, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bildung eines aromatischen Carbenium-Ions unter Abspaltung von Stickstoff (Eliminierung), • Hydratisierung des Carbenium-Ions unter Bildung eines Diphenols (Addition). <p>(Anmerkung: Der gesamte Vorgang kann auch als nucleophile Substitution bezeichnet werden.)</p>	4
3	<p>beurteilt, ob neben dem Diphenol-Derivat weitere Produkte bei dieser Reaktion zu erwarten sind, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Da in der Reaktionslösung auch Chlorid-Ionen (salzsaures Medium) vorliegen, ist neben dem Diphenol-Derivat auch ein Chlor-Derivat als Produkt möglich. • Hierbei wird an das aromatische Carbenium-Ion ein Chlorid-Ion angelagert.  <p>(Hinweis: Es handelt sich hierbei um eine offene Aufgabenstellung. Auch andere plausible und schlüssige Argumentationen sind zu akzeptieren.)</p>	4
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

b) Darstellungsleistung

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

7. Bewertungsbogen zur Prüfungsarbeit

Name des Prüflings: _____ Kursbezeichnung: _____

Schule: _____

Teilaufgabe 1

Anforderungen		Lösungsqualität			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl	EK ²	ZK	DK
1	erklärt anhand des ...	4			
2	erläutert den Zusammenhang ...	8			
3	erklärt die Beobachtungen ...	6			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
Summe 1. Teilaufgabe		18			

Teilaufgabe 2

Anforderungen		Lösungsqualität			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
1	gibt für die ...	6			
2a	erläutert die charakteristischen ...	8			
2b	erläutert die charakteristischen ...	4			
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
Summe 2. Teilaufgabe		18			

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

Teilaufgabe 3

Anforderungen		Lösungsqualität			
Der Prüfling		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
1	bestätigt anhand von ...	4			
2	erläutert die Bildung ...	4			
3	entwickelt die Struktur ...	8			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
Summe 3. Teilaufgabe		16			

Teilaufgabe 4

Anforderungen		Lösungsqualität			
Der Prüfling		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
1	entwickelt die charakteristischen ...	6			
2	gibt für die ...	4			
3	beurteilt, ob neben ...	4			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
Summe 4. Teilaufgabe		14			
Summe der 1., 2., 3. und 4. Teilaufgabe		66			

Darstellungsleistung

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

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

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

	Lösungsqualität			
	maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
Übertrag der Punktzahl aus der ersten bearbeiteten Aufgabe	75			
Übertrag der Punktzahl aus der zweiten bearbeiteten Aufgabe	75			
Punktzahl der gesamten Prüfungsleistung	150			
aus der Punktzahl resultierende Note gemäß nachfolgender Tabelle				
Note ggf. unter Absenkung um bis zu 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 – 60
mangelhaft plus	3	59 – 50
mangelhaft	2	49 – 40
mangelhaft minus	1	39 – 30
ungenügend	0	29 – 0



Name: _____

Abiturprüfung 2015

Chemie, Leistungskurs

Aufgabenstellung:

Chemie rund um das Haar

1. Geben Sie eine Reaktionsgleichung zur Bildung eines möglichen Tripeptids aus den Aminosäuren Leucin, Cystein und Lysin und den Reaktionstyp der Reaktion an. Erläutern Sie mithilfe einer Skizze die intramolekularen Wechselwirkungen zwischen den Amid-Gruppen im α -Keratin. Erläutern Sie die Dehnbarkeit von nassen Haaren auf molekularer Ebene. (18 Punkte)
2. Zeichnen Sie einen Strukturformelausschnitt aus einem Polyvinylpyrrolidon-Molekül und erläutern Sie den Mechanismus der Reaktion von Vinylpyrrolidon zu Polyvinylpyrrolidon mithilfe von Strukturformelausschnitten. Erläutern Sie, welche Folgen der hygroskopische Charakter von Polyvinylpyrrolidon auf eine mit Haarspray fixierte Frisur hat. (20 Punkte)
3. Geben Sie die Strukturformel von Vinylacetat und einen möglichen Strukturformelausschnitt des Copolymerisats aus den Monomeren Vinylpyrrolidon und Vinylacetat an. Erläutern Sie Vor- und Nachteile, die beim Einsatz eines Copolymers aus Vinylpyrrolidon und Vinylacetat in Haarsprays entstehen. (12 Punkte)
4. Erläutern Sie mögliche Bindungen bzw. Wechselwirkungen zwischen den Polymeren Polyvinylpyrrolidon, Polyvinylacetat bzw. quarternisiertem Polyvinylimidazol und je einer geeigneten Aminosäure auf der Haaroberfläche. Erklären Sie, warum Polyvinylpyrrolidon aus feuchtem Haar ausgekämmt werden kann, quarternisiertes Polyvinylimidazol jedoch nicht. (16 Punkte)

Zugelassene Hilfsmittel:

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

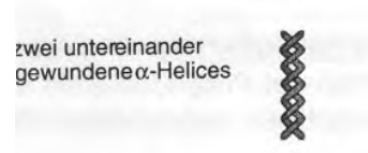


Name: _____

Fachspezifische Vorgaben:

Das menschliche Haar, ein wasserunlösliches Protein, besteht zu 90 % aus α -Keratin. α -Keratin ist ein natürliches Makromolekül aus verschiedenen, sich wiederholenden Aminosäuren.

α -Keratin weist eine α -Helix-Struktur auf, wobei die Aminosäure-Reste nach außen ragen. Diese Spiralform wird innerhalb der Längsrichtung durch intramolekulare Wechselwirkungen zwischen den Amidbindungen stabilisiert. Jeweils zwei α -Helices sind zu einer Doppelhelix zusammengelagert, die ebenfalls durch Wasserstoffbrücken und zusätzlich durch Disulfidbrücken vernetzt sind.



Im feuchten Zustand, z. B. nach dem Waschen, sind die Haare besonders dehnbar und können mithilfe von Wärme in die gewünschte Form gebracht werden. Bei erneuter Einwirkung von Wasser (Regen, Luftfeuchtigkeit) nimmt das Haar allerdings wieder seine ursprüngliche Form an.

Um die Haare in der gewünschten Form zu fixieren, werden häufig Haarsprays verwendet. Haarspray ist ein Aerosol, d. h. ein feiner Nebel aus Tröpfchen, der Polymere enthält. Nach dem Aufsprühen verdunstet das Lösungsmittel und auf dem Haar bleibt ein dünner Polymerfilm zurück. Das Ergebnis ist eine Art unsichtbares Haarnetz, das die Frisur fixiert. Die Anforderungen an die Filmbildner sind vielfältig, sie müssen am Haar ausreichend haften, sollen sich bei der Haarwäsche gut auswaschen lassen, dürfen aber nicht hygroskopisch (d. h. Wasser anziehend) sein, damit die Frisur auch bei hoher Luftfeuchtigkeit hält.

Ein seit den fünfziger Jahren des letzten Jahrhunderts eingesetzter Filmbildner ist das Makromolekül Polyvinylpyrrolidon. Es wird aus Vinylpyrrolidon unter Zusatz einer geringen Menge eines organischen Peroxids (z. B. Dibenzoylperoxid) hergestellt. Polyvinylpyrrolidon bildet wasserlösliche Filme. Der hygroskopische Charakter von Polyvinylpyrrolidon beeinträchtigt jedoch den Langzeithalt der Frisur bei hoher Luftfeuchtigkeit. Deshalb wurden Copolymerisate von Polyvinylpyrrolidon und Polyvinylacetat entwickelt.

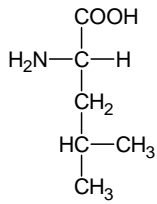
In den siebziger Jahren wurden weitere Copolymerisate mit kationischen Polymeren, wie zum Beispiel mit sogenanntem quaternisiertem Polyvinylimidazol entwickelt. Solche Polymere verbessern die Kämmbarkeit des Haares, verhindern, dass sich die Haare beim Bürsten elektrostatisch aufladen, und können auch aus nassem Haar nicht ausgebürstet werden.



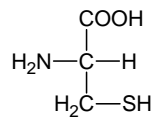
Name: _____

Zusatzinformationen:

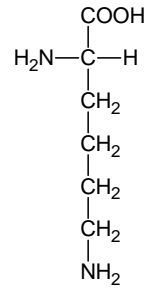
Polyvinylacetat ist nicht wasserlöslich.



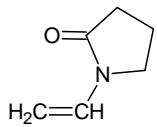
Leucin



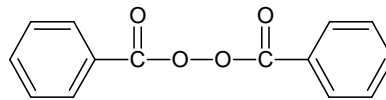
Cystein



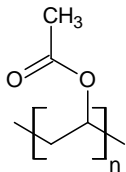
Lysin



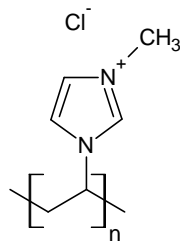
Vinylpyrrolidon



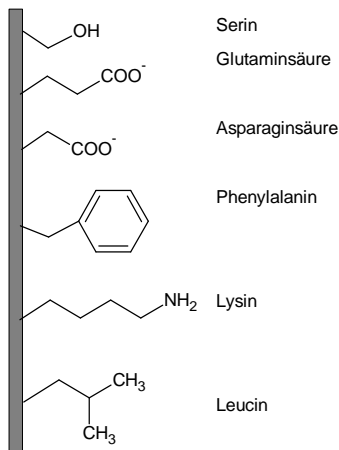
Dibenzoylperoxid



Polyvinylacetat



quarternisiertes Polyvinylimidazol



Funktionelle Gruppen der Aminosäuren auf der Haaroberfläche (stark vereinfacht)

Unterlagen für die Lehrkraft

Abiturprüfung 2015

Chemie, Leistungskurs

1. Aufgabenart

Bearbeitung einer Aufgabe, die auf fachspezifischen Vorgaben basiert

2. Aufgabenstellung¹

Chemie rund um das Haar

1. Geben Sie eine Reaktionsgleichung zur Bildung eines möglichen Tripeptids aus den Aminosäuren Leucin, Cystein und Lysin und den Reaktionstyp der Reaktion an. Erläutern Sie mithilfe einer Skizze die intramolekularen Wechselwirkungen zwischen den Amid-Gruppen im α -Keratin. Erläutern Sie die Dehnbarkeit von nassen Haaren auf molekularer Ebene. (18 Punkte)
2. Zeichnen Sie einen Strukturformelausschnitt aus einem Polyvinylpyrrolidon-Molekül und erläutern Sie den Mechanismus der Reaktion von Vinylpyrrolidon zu Polyvinylpyrrolidon mithilfe von Strukturformelausschnitten. Erläutern Sie, welche Folgen der hygroskopische Charakter von Polyvinylpyrrolidon auf eine mit Haarspray fixierte Frisur hat. (20 Punkte)
3. Geben Sie die Strukturformel von Vinylacetat und einen möglichen Strukturformelausschnitt des Copolymerisats aus den Monomeren Vinylpyrrolidon und Vinylacetat an. Erläutern Sie Vor- und Nachteile, die beim Einsatz eines Copolymers aus Vinylpyrrolidon und Vinylacetat in Haarsprays entstehen. (12 Punkte)
4. Erläutern Sie mögliche Bindungen bzw. Wechselwirkungen zwischen den Polymeren Polyvinylpyrrolidon, Polyvinylacetat bzw. quarternisiertem Polyvinylimidazol und je einer geeigneten Aminosäure auf der Haaroberfläche. Erklären Sie, warum Polyvinylpyrrolidon aus feuchtem Haar ausgekämmt werden kann, quarternisiertes Polyvinylimidazol jedoch nicht. (16 Punkte)

3. Materialgrundlage

- Wood, Claudia: Polymere für Frisuren, Chemie in unserer Zeit, 36. Jg., 2002, Nr. 1
- Wambach, H. (Hrsg.): Materialien-Handbuch Kursunterricht Chemie, Bd. 9, Aulis, Köln 2001
- <http://www.chemie.uni-hamburg.de/bibliothek/2005/DissertationHeidenreich.pdf> (Zugriff 28.06.2014)

¹ Die Aufgabenstellung deckt inhaltlich alle drei Anforderungsbereiche ab.

4. Bezüge zu den Vorgaben 2015

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

5. Zugelassene Hilfsmittel

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

6. Vorgaben für die Bewertung der Schülerleistungen

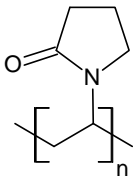
Teilleistungen – Kriterien

a) inhaltliche Leistung

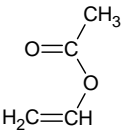
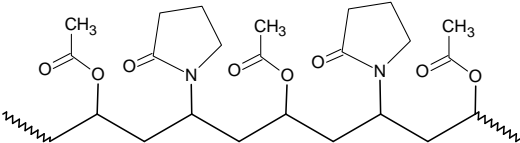
Teilaufgabe 1

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	<p>gibt eine Reaktionsgleichung zur Bildung eines möglichen Tripeptids aus den Aminosäuren Leucin, Cystein und Lysin und den Reaktionstyp der Reaktion an, z. B.:</p> $ \begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{HC}-\text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array} + \begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H}_2\text{C}-\text{SH} \end{array} + \begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{NH}_2 \end{array} \longrightarrow \begin{array}{c} \text{H} \quad \text{O} \quad \text{H} \quad \text{O} \quad \text{COOH} \\ \quad \quad \quad \quad \\ \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{C}-\text{NH}-\text{C}-\text{C}-\text{NH}-\text{C}-\text{H} \\ \quad \quad \quad \quad \\ \text{CH}_2 \quad \text{SH} \quad \text{CH}_2 \quad \text{CH}_2 \quad \text{CH}_2 \\ \quad \quad \quad \quad \\ \text{HC}-\text{CH}_3 \quad \text{CH}_3 \quad \text{CH}_2 \quad \text{CH}_2 \quad \text{CH}_2 \\ \quad \quad \quad \quad \\ \text{CH}_3 \quad \text{CH}_3 \quad \text{CH}_2 \quad \text{CH}_2 \quad \text{NH}_2 \end{array} + 2 \text{H}_2\text{O} $ <ul style="list-style-type: none"> Reaktionstyp: Kondensation (bzw. nukleophile Substitution) 	6
2	<p>erläutert mithilfe einer Skizze die intramolekularen Wechselwirkungen zwischen den Amid-Gruppen im α-Keratin, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> Zwischen den positiv polarisierten Wasserstoff-Atomen der Amid-Gruppen und den freien Elektronenpaaren der negativ polarisierten Sauerstoff-Atome weiterer Amid-Gruppen können sich Wasserstoffbrückenbindungen ausbilden. Angabe einer Skizze, die die Wasserstoffbrückenbindungen zwischen den Amid-Gruppen darstellt. 	6
3	<p>erläutert die Dehnbarkeit von nassen Haaren auf molekularer Ebene, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> Im nassen Haar können die Wasserstoffbrückenbindungen zwischen den einzelnen Amid-Gruppen durch Wasser gespalten werden. Die Wasserstoffbrückenbindungen stabilisieren die α-Helix der Proteine im Haar. Durch die Verringerung der Anzahl der Wasserstoffbrückenbindungen kann das Haar linear ausgezogen werden und wird dadurch länger. 	6
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 2

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	zeichnet einen Strukturformelausschnitt aus einem Polyvinylpyrrolidon-Molekül, z. B.: 	4
2a	erläutert den Mechanismus der Reaktion von Vinylpyrrolidon zu Polyvinylpyrrolidon mithilfe von Strukturformelausschnitten. (Hinweis: Es wird erwartet, dass der Prüfling anhand von Strukturformelausschnitten die einzelnen Reaktionsschritte, wie die Bildung des Startradikals aus einem organischen Peroxid, den Kettenstart, die Kettenfortpflanzung durch Reaktion des gebildeten Radikals mit einem weiteren Vinylpyrrolidon-Molekül und eine Möglichkeit des Kettenabbruchs darstellt.)	6
2b	erläutert den Mechanismus der Reaktion von Vinylpyrrolidon zu Polyvinylpyrrolidon. (Hinweis: Es wird erwartet, dass der Prüfling die mithilfe von Strukturformelausschnitten dargestellten Reaktionsschritte anhand eines kurzen Textes erläutert.)	6
3	erläutert, welche Folgen der hygroskopische Charakter von Polyvinylpyrrolidon auf eine mit Haarspray fixierte Frisur hat, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Polyvinylpyrrolidon zieht Wasser an. Die Haare werden dadurch feucht und schwer. • Die Haftung des Polymers an der Haaroberfläche wird geringer, die Frisur fällt in sich zusammen. 	4
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 3

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	gibt die Strukturformel von Vinylacetat und einen möglichen Strukturformelausschnitt des Copolymerisats aus den Monomeren Vinylpyrrolidon und Vinylacetat an, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Vinylacetat:  • Copolymerisat aus Vinylpyrrolidon und Vinylacetat:  <p>(Hinweis: Alternativ können auch Strukturformelausschnitte eines statistischen Copolymerisats oder eines Block-Polymers angegeben werden.)</p>	6

2	<p>erläutert Vor- und Nachteile, die beim Einsatz eines Copolymers aus Vinylpyrrolidon und Vinylacetat in Haarsprays entstehen, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vorteil: Das Copolymer ist weniger hygroskopisch, d. h., die Frisur bleibt auch bei hoher Luftfeuchtigkeit stabil. • Nachteil: Wenn der Anteil von Vinylacetat zu hoch wird, lässt sich das Polymer schlecht aus dem Haar auswaschen, da es schlecht wasserlöslich ist. 	6
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 4

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1a	<p>erläutert mögliche Bindungen bzw. Wechselwirkungen zwischen den Polymeren Polyvinylpyrrolidon, Polyvinylacetat bzw. quarternisiertem Polyvinylimidazol und je einer geeigneten Aminosäure auf der Haaroberfläche, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Van-der-Waals-Wechselwirkung zwischen einem Polyvinylpyrrolidon-Molekül und einem Leucin-Rest, • Dipol-Dipol-Wechselwirkung zwischen der Carbonylgruppe aus einem Polyvinylacetat-Molekül und einem Serin-Rest. 	8
1b	<p>erläutert mögliche Bindungen bzw. Wechselwirkungen zwischen dem quarternisierten Polyvinylimidazol und einer geeigneten Aminosäure auf der Haaroberfläche, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ionische Bindung zwischen einem quarternisierten Polyimidazol-Molekül und dem Anion der Glutaminsäure. 	4
2	<p>erklärt, warum Polyvinylpyrrolidon aus feuchtem Haar ausgekämmt werden kann, quarternisiertes Polyvinylimidazol jedoch nicht, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Polyvinylpyrrolidon haftet nur aufgrund von Van-der-Waals- und Dipol-Dipol-Wechselwirkungen an der Haaroberfläche. Die Kräfte zwischen Polymer und Haaroberfläche sind relativ gering, weshalb PVP ausgebürstet werden kann. • Quarternisiertes Polyvinylimidazol ist positiv geladen und kann mit den negativen Carboxylat-Gruppen auf der Haaroberfläche Wechselwirkungen eingehen. Die ionischen Bindungen sind so stark, dass quarternisiertes Polyvinylimidazol durch Bürsten nicht von der Haaroberfläche entfernt werden kann. 	4
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

b) Darstellungsleistung

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

7. Bewertungsbogen zur Prüfungsarbeit

Name des Prüflings: _____ Kursbezeichnung: _____

Schule: _____

Teilaufgabe 1

Anforderungen		Lösungsqualität			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl	EK ²	ZK	DK
1	gibt eine Reaktionsgleichung ...	6			
2	erläutert mithilfe einer ...	6			
3	erläutert die Dehnbarkeit ...	6			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
Summe 1. Teilaufgabe		18			

Teilaufgabe 2

Anforderungen		Lösungsqualität			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
1	zeichnet einen Strukturformelausschnitt ...	4			
2a	erläutert den Mechanismus ...	6			
2b	erläutert den Mechanismus ...	6			
3	erläutert, welche Folgen ...	4			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
Summe 2. Teilaufgabe		20			

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

Teilaufgabe 3

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	gibt die Strukturformel ...	6			
2	erläutert Vor- und ...	6			
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe 3. Teilaufgabe	12			

Teilaufgabe 4

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1a	erläutert mögliche Bindungen ...	8			
1b	erläutert mögliche Bindungen ...	4			
2	erklärt, warum Polyvinylpyrrolidon ...	4			
3	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 gemäß nachfolgender Tabelle				
Note ggf. unter Absenkung um bis zu 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 – 60
mangelhaft plus	3	59 – 50
mangelhaft	2	49 – 40
mangelhaft minus	1	39 – 30
ungenügend	0	29 – 0