



Name: _____

Abiturprüfung 2012

Chemie, Grundkurs

Aufgabenstellung:

Brennstoffzellen für den Antrieb von Autos

1. Beschreiben Sie den Aufbau einer Brennstoffzelle mithilfe einer beschrifteten Skizze. Erläutern Sie, auch unter Angabe der entsprechenden Reaktionsgleichungen, warum sich eine Spannung aufbaut. Berechnen Sie die Spannung einer einzelnen Brennstoffzelle unter Standardbedingungen. (20 Punkte)
2. Erklären Sie, auch unter Angabe der Teilgleichungen und der Gesamtreaktionsgleichung, wie mithilfe von elektrischem Strom Wasserstoffgas gewonnen wird. Stellen Sie den Zusammenhang zwischen der Elektrolyse von Wasser und den Vorgängen in der Brennstoffzelle während des Betriebs dar. Berechnen Sie die Zeit, die benötigt wird, um in der modellhaft beschriebenen Photovoltaikanlage ausreichend Wasserstoff zu erzeugen, damit mit dem Brennstoffzellen-Fahrzeug einen Kilometer weit gefahren werden kann. (24 Punkte)
3. Geben Sie die Reaktionsgleichung für die Gewinnung von Wasserstoff aus Methanol an. Beurteilen Sie, ob es sich bei diesem Vorgang um einen Redoxprozess handelt. Berechnen Sie das Methanolvolumen, das mindestens benötigt wird, um mit dem Brennstoffzellen-Fahrzeug einen Kilometer weit fahren zu können. (16 Punkte)

Zugelassene Hilfsmittel:

- Wissenschaftlicher Taschenrechner
- Periodensystem
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung



Name: _____

Fachspezifische Vorgaben:

Um die schwindende Ressource Erdöl zu schonen, werden verschiedene Technologien entwickelt, die die herkömmlichen Verbrennungsmotoren ersetzen können. Eine mögliche Alternative stellen Elektroautos, bei denen der benötigte Strom mithilfe von Brennstoffzellen gewonnen wird, dar.

Eine einzelne moderne Brennstoffzelle besteht aus zwei Reaktionsräumen mit porösen Elektroden, die mit einem Katalysator (z. B. Platin oder Palladium) beschichtet sind. Eine der beiden Elektroden wird von Wasserstoffgas, die andere von Sauerstoffgas umspült. Die beiden Reaktionsräume werden durch eine für Protonen durchlässige Kunststoffmembran voneinander getrennt. Diese Membran hat die gleiche Funktion wie ein saurer Elektrolyt. Da eine solche Brennstoffzelle nur wenige Millimeter dick ist, kann man mehrere dieser Zellen so zusammenfassen, dass Spannung und Stromstärke für den Antrieb eines Elektromotors ausreichen.

Die Brennstoffzellentechnologie ist zwar schon weit ausgereift, aber es gibt noch Probleme mit der Bereitstellung und Lagerung des benötigten Wasserstoffgases. Dieses kann z. B. elektrolytisch aus angesäuertem Wasser erzeugt werden, wobei man den für diese Elektrolyse benötigten Strom emissionsfrei mithilfe von Photovoltaikanlagen erzeugen kann. Die tatsächliche Realisierung dieses Prozesses ist technisch anspruchsvoll. Reduziert man eine solche Anlage modellhaft auf den Betrieb eines einzelnen einfachen Elektrolyseurs, so kann man bei optimalen Bedingungen z. B. eine Stromstärke von $I = 10000 \text{ A}$ annehmen.

Das mithilfe dieses Stroms gewonnene Wasserstoffgas wird an einer Tankstelle unter Druck in den Tank eines Brennstoffzellen-Fahrzeuges geleitet. Einen entsprechend ausgestatteten Mittelklassewagen kann man z. B. mit ca. 4 kg Wasserstoffgas betanken. Damit hat der Wagen im Alltagsbetrieb eine Reichweite von ca. 300 km. Da es zurzeit nur wenige Wasserstofftankstellen in Deutschland gibt, schränkt diese Reichweite die Nutzung eines Brennstoffzellen-Fahrzeuges bislang deutlich ein.

In einem alternativen Forschungsvorhaben wird Wasserstoffgas nicht getankt, sondern direkt im Fahrzeug aus Methanol erzeugt. Dazu wird Methanol verdampft und mit Wasserdampf umgesetzt. Das dabei entstehende Gemisch aus Wasserstoff- und Kohlenstoffdioxidgas muss vor der Einspeisung in die Brennstoffzelle z. B. durch geeignete Membranen getrennt werden.



Name: _____

Zusatzinformationen:

Elektrochemische Spannungsreihe

Standardpotentiale in V ($c = 1 \text{ mol/L}$, bei 25 °C , $101,3 \text{ kPa}$ und $\text{pH} = 0$)

1.	$\text{H}_2 / 2 \text{H}_3\text{O}^+$	0,00
2.	$6\text{H}_2\text{O}/\text{O}_2$	1,23

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

Dichte von Methanol: $\rho(\text{CH}_3\text{OH}) = 0,787 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$

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

Bearbeitung einer Aufgabe, die auf fachspezifischen Vorgaben basiert

2. Aufgabenstellung¹**Brennstoffzellen für den Antrieb von Autos**

1. Beschreiben Sie den Aufbau einer Brennstoffzelle mithilfe einer beschrifteten Skizze. Erläutern Sie, auch unter Angabe der entsprechenden Reaktionsgleichungen, warum sich eine Spannung aufbaut. Berechnen Sie die Spannung einer einzelnen Brennstoffzelle unter Standardbedingungen. (20 Punkte)
2. Erklären Sie, auch unter Angabe der Teilgleichungen und der Gesamtreaktionsgleichung, wie mithilfe von elektrischem Strom Wasserstoffgas gewonnen wird. Stellen Sie den Zusammenhang zwischen der Elektrolyse von Wasser und den Vorgängen in der Brennstoffzelle während des Betriebs dar. Berechnen Sie die Zeit, die benötigt wird, um in der modellhaft beschriebenen Photovoltaikanlage ausreichend Wasserstoff zu erzeugen, damit mit dem Brennstoffzellen-Fahrzeug einen Kilometer weit gefahren werden kann. (24 Punkte)
3. Geben Sie die Reaktionsgleichung für die Gewinnung von Wasserstoff aus Methanol an. Beurteilen Sie, ob es sich bei diesem Vorgang um einen Redoxprozess handelt. Berechnen Sie das Methanolvolumen, das mindestens benötigt wird, um mit dem Brennstoffzellen-Fahrzeug einen Kilometer weit fahren zu können. (16 Punkte)

3. Materialgrundlage

- Janzing, B.: Freiburger Forscher entwickeln Brennstoffzelle der Zukunft, in: Badische Zeitung, 08.12.2010
<http://www.badische-zeitung.de/freiburg/freiburger-forscher-entwickeln-brennstoffzelle-der-zukunft--38647180.html> (Zugriff 09.02.2011)
- Innovations report; Forum für Wissenschaft, Industrie und Forschung; Mikroreformer machen Wasserstoff aus Methanol, 12.03.2004
http://www.innovations-report.de/html/berichte/energie_elektrotechnik/bericht-26845.html (Zugriff 05.04.2011)

¹ Die Aufgabenstellung deckt inhaltlich alle drei Anforderungsbereiche ab.

4. Bezüge zu den Vorgaben 2012

<p>1. <i>Inhaltliche Schwerpunkte</i> Themenfeld: Gewinnung, Speicherung und Nutzung elektrischer Energie in der Chemie</p> <ul style="list-style-type: none"> • Einfache Elektrolyse im Labor und Faraday-Gesetze • Batterien und Akkumulatoren: Grundprinzip der Funktionsweise • Galvanische Zelle: Vorgänge an Elektroden, Potentialdifferenz • Spannungsreihe der Metalle/Nichtmetalle: Additivität der Spannungen, Standardelektrodenpotential • Konzentrationsabhängigkeit der Potentiale ohne Berechnung <p>2. <i>Medien/Materialien</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • entfällt

5. Zugelassene Hilfsmittel

- Wissenschaftlicher Taschenrechner
- Periodensystem
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung

6. Vorgaben für die Bewertung der Schülerleistungen

Teilleistungen – Kriterien

a) inhaltliche Leistung

Teilaufgabe 1

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	beschreibt den Aufbau einer Brennstoffzelle mithilfe einer beschrifteten Skizze. (Hinweis: Es wird erwartet, dass der Prüfling in seiner Darstellung eine durch eine Membran geteilte Zelle mit zwei Elektroden und den entsprechenden Gasen Wasserstoff bzw. Sauerstoff, die Beschriftung mit Plus- und Minuspol bzw. Anode und Kathode und den äußeren Leiter mit Verbraucher angibt.)	8
2	erläutert, auch unter Angabe der entsprechenden Reaktionsgleichungen, warum sich eine Spannung aufbaut. (Hinweis: Es wird erwartet, dass der Prüfling in seiner Erläuterung die beiden elektrochemischen Gleichgewichte ($H_2 + 2 H_2O \rightleftharpoons 2 H_3O^+ + 2 e^-$ und $6 H_2O \rightleftharpoons O_2 + 4 H_3O^+ + 4 e^-$) angibt, auf die unterschiedlichen Potentiale und die sich daraus ergebende, im stromlosen Zustand messbare, Potentialdifferenz eingeht.)	8
3	berechnet die Spannung einer einzelnen Brennstoffzelle unter Standardbedingungen, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • $U^\circ_{\text{Zelle}} = U^\circ_{\text{Akzeptor}} - U^\circ_{\text{Donator}} = U^\circ_{\text{Pluspol}} - U^\circ_{\text{Minuspol}}$ • $U^\circ_{\text{Zelle}} = + 1,23 \text{ V} - 0 \text{ V} = + 1,23 \text{ V}$ 	4
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 2

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1a	erklärt, wie mithilfe von elektrischem Strom Wasserstoffgas gewonnen wird. (Hinweis: Es wird erwartet, dass der Prüfling in seiner Erklärung ausführt, dass bei der Elektrolyse am Minuspol (Kathode) eine Reduktion der Oxonium-Ionen zu Wasserstoff und am Pluspol (Anode) eine Oxidation der Wasser-Moleküle zu Sauerstoff ablaufen.)	4
1b	gibt die Teilgleichungen und die Gesamtreaktionsgleichung zur Elektrolyse an. (Hinweis: Es wird erwartet, dass der Prüfling die Elektrodenvorgänge und die Gesamtgleichung ($2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{H}_2 + \text{O}_2$) angibt.)	6
2	stellt den Zusammenhang zwischen der Elektrolyse von Wasser und den Vorgängen in der Brennstoffzelle während des Betriebs dar. (Hinweis: Es wird erwartet, dass der Prüfling in seiner Darstellung sinngemäß ausführt, dass die Elektrolyse die endotherme (endergonische) Rückreaktion des exothermen (exergonischen) Vorganges in der Brennstoffzelle ist.)	6
3	berechnet die Zeit, die benötigt wird, um in der modellhaft beschriebenen Photovoltaikanlage ausreichend Wasserstoff zu erzeugen, damit mit dem Brennstoffzellen-Fahrzeug einen Kilometer weit gefahren werden kann, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> Masse bzw. Stoffmenge an Wasserstoff, die für die Fahrt von einem Kilometer benötigt wird: $m(\text{H}_2) = 4000 \text{ g}/300 \approx 13,3 \text{ g}$ bzw. $n(\text{H}_2) = m/M \approx 6,67 \text{ mol}$ Für $I = 10000 \text{ A}$ und $z = 2$ ergibt sich nach dem 2. Faraday'schen Gesetz $t = \frac{n \cdot z \cdot F}{I} \approx 129 \text{ s} \approx 2 \text{ min.}$ Man muss ca. 2 Minuten elektrolysieren, um die für die Fahrt von einem Kilometer benötigte Wasserstoffmenge zu erzeugen. 	8
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 3

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	gibt die Reaktionsgleichung für die Gewinnung von Wasserstoff aus Methanol an, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> $\text{CH}_3\text{OH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 3 \text{H}_2 + \text{CO}_2$ 	4
2	beurteilt, ob es sich bei diesem Vorgang um einen Redoxprozess handelt, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> Bei der Reaktion von Methanol mit Wasser wird die Oxidationszahl des Kohlenstoff-Atoms von (-II) zu (+IV) erhöht, es findet also eine Oxidation statt. Die Oxidationszahl der Wasserstoff-Atome werden von (+I) zu 0 erniedrigt (Reduktion). 	4
3	berechnet das Methanolvolumen, das mindestens benötigt wird, um mit dem Brennstoffzellen-Fahrzeug einen Kilometer weit fahren zu können, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> Laut Reaktionsgleichung gilt: $n(\text{CH}_3\text{OH}) : n(\text{H}_2) = 1 : 3$ bzw. $n(\text{CH}_3\text{OH}) = 1/3 n(\text{H}_2) = 1/3 \cdot 4000/(300 \cdot 2) \text{ mol} \approx 2,22 \text{ mol}$. Mit $m = n \cdot M$ erhält man $m(\text{CH}_3\text{OH}) \approx 71,15 \text{ g}$ und $V(\text{CH}_3\text{OH}) = m/\rho = 90,4 \text{ ml}$. Es werden mindestens 90 mL Methanol für einen Kilometer Fahrstrecke benötigt. 	8
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

b) Darstellungsleistung

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	führt seine Gedanken schlüssig, stringent und klar aus.	4
2	<ul style="list-style-type: none"> strukturiert seine Darstellung sachgerecht und übersichtlich, verwendet eine differenzierte und präzise Sprache, veranschaulicht seine Ausführungen durch geeignete Skizzen, Schemata etc., gestaltet seine Arbeit formal ansprechend. 	3

7. Bewertungsbogen zur Prüfungsarbeit

Name des Prüflings: _____ Kursbezeichnung: _____

Schule: _____

Teilaufgabe 1

Anforderungen		Lösungsqualität			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl	EK ²	ZK	DK
1	beschreibt den Aufbau ...	8			
2	erläutert, auch unter ...	8			
3	berechnet die Spannung ...	4			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
Summe 1. Teilaufgabe		20			

Teilaufgabe 2

Anforderungen		Lösungsqualität			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
1a	erklärt, wie mithilfe ...	4			
1b	gibt die Teilgleichungen ...	6			
2	stellt den Zusammenhang ...	6			
3	berechnet die Zeit ...	8			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
Summe 2. Teilaufgabe		24			

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

Teilaufgabe 3

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	gibt die Reaktionsgleichung ...	4			
2	beurteilt, ob es ...	4			
3	berechnet das Methanolvolumen ...	8			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe 3. Teilaufgabe	16			
	Summe der 1., 2. und 3. Teilaufgabe	60			

Darstellungsleistung

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

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

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

	Lösungsqualität			
	maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
Übertrag der Punktzahl aus der ersten bearbeiteten Aufgabe	67			
Übertrag der Punktzahl aus der zweiten bearbeiteten Aufgabe	67			
Punktzahl der gesamten Prüfungsleistung	134			
aus der Punktzahl resultierende Note				
Note ggf. unter Absenkung um ein bis zwei Notenpunkte gemäß § 13 Abs. 2 APO-GOST				
Paraphe				

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

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

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

Unterschrift, Datum:

Grundsätze für die Bewertung (Notenfindung)

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

Note	Punkte	Erreichte Punktzahl
sehr gut plus	15	134 – 128
sehr gut	14	127 – 121
sehr gut minus	13	120 – 114
gut plus	12	113 – 108
gut	11	107 – 101
gut minus	10	100 – 94
befriedigend plus	9	93 – 87
befriedigend	8	86 – 81
befriedigend minus	7	80 – 74
ausreichend plus	6	73 – 67
ausreichend	5	66 – 61
ausreichend minus	4	60 – 52
mangelhaft plus	3	51 – 44
mangelhaft	2	43 – 36
mangelhaft minus	1	35 – 27
ungenügend	0	26 – 0



Name: _____

Abiturprüfung 2012

Chemie, Grundkurs

Aufgabenstellung:

Acrylsäureethylester – ein Geruchsstoff als Beimischung zur Warnung vor Gasen

1. Skizzieren Sie die Synthese von Acrylsäureethylester ausgehend von Ethen und Propen mit Zwischenschritten anhand eines geeigneten Schaubildes unter Angabe der Strukturformeln aller beteiligten Stoffe. Geben Sie zu den Reaktionsschritten die entsprechenden Reaktionstypen an. (20 Punkte)
2. Erläutern Sie den Reaktionsablauf für die Synthese von Ethanol aus Ethen und Wasser in Einzelschritten, auch anhand von Reaktionsgleichungen. Erklären Sie die Wirkungsweise eines Katalysators am Beispiel dieser Reaktion. Begründen Sie unter Angabe einer Reaktionsgleichung die Bildung von Chlorethan. (22 Punkte)
3. Geben Sie die Reaktionsgleichung zur Veresterung von Acrylsäure mit Ethanol an. Erläutern Sie, warum eine Erhöhung der Ausbeute an Acrylsäureethylester nicht durch Abdestillieren von Wasser gelingt und wie eine Erhöhung der Ausbeute erreicht werden könnte. Nehmen Sie Stellung zum Einsatz des schwefelfreien Odoriermittels in öffentlichen Gasnetzen anhand der Reaktionsgleichung für die vollständige Verbrennung von Acrylsäureethylester. (18 Punkte)

Zugelassene Hilfsmittel:

- Wissenschaftlicher Taschenrechner
- Periodensystem
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung



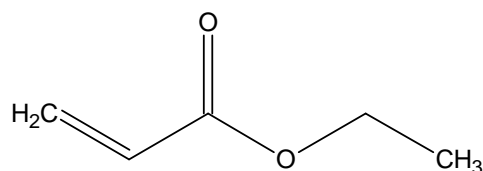
Name: _____

Fachspezifische Vorgaben:

Das im öffentlichen Gasnetz verwendete Gas (Methan) ist fast geruchlos. Aus Sicherheitsgründen wird das Gas odoriert, d. h. mit geruchsintensiven Stoffen versetzt. Diese Odoriermittel müssen auch in großer Verdünnung wahrnehmbar sein und eindeutig als Warngeruch erkannt werden können. Duftwahrnehmungen aus dem Alltag sind dazu ungeeignet.

In Deutschland wurde mit schwefelhaltigen Verbindungen odoriert, die den typischen Geruch nach faulen Eiern besitzen. Bei der Verbrennung dieser Verbindungen entsteht umweltbelastendes Schwefeldioxid. Daher wird eine Reduzierung von Schwefeldioxid angestrebt.

Ein seit 2001 zugelassenes schwefelfreies Odoriermittel ist eine Mischung aus Acrylsäureethylester (Ethylpropenat), Acrylsäuremethylester (Methylpropenat) und geringen Mengen an weiteren Zusatzstoffen.



Acrylsäureethylester

Die Verbrennungsprodukte sind unbedenklich, da bei vollständiger Verbrennung nur Kohlenstoffdioxid und Wasserdampf entstehen. Das Odoriermittel hat einen charakteristischen Geruch, wird jedoch nach Medienberichten nicht mit ausströmendem Gas in Verbindung gebracht, sondern als Knoblauch- oder Klebstoffgeruch empfunden.

Acrylsäureethylester (Siedetemperatur: 99 °C) kann durch direkte Veresterung von Acrylsäure (Propensäure) mit Ethanol hergestellt werden. Bei dieser Synthese wird ein möglichst hoher Umsatz aus ökonomischen Gründen angestrebt.

Die großindustrielle Herstellung des Eduktes Acrylsäure erfolgt durch eine zweistufige Oxidation von Propen mithilfe von Katalysatoren. In der ersten Stufe wird Propen mit Luft zu Propenal umgesetzt. In der zweiten Stufe erfolgt die Oxidation des Propenals mit Sauerstoff zu Acrylsäure.

Die Herstellung des Eduktes Ethanol kann durch eine säurekatalysierte Reaktion von Ethen mit Wasser erfolgen. Als Katalysator eignet sich eine mittelstarke bis starke Säure. Salzsäure wird als Katalysator nicht verwendet, da als Nebenprodukt Chlorethan entsteht.

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

Bearbeitung einer Aufgabe, die auf fachspezifischen Vorgaben basiert.

2. Aufgabenstellung¹**Acrylsäureethylester – ein Geruchsstoff als Beimischung zur Warnung vor Gasen**

1. Skizzieren Sie die Synthese von Acrylsäureethylester ausgehend von Ethen und Propen mit Zwischenschritten anhand eines geeigneten Schaubildes unter Angabe der Strukturformeln aller beteiligten Stoffe. Geben Sie zu den Reaktionsschritten die entsprechenden Reaktionstypen an. (20 Punkte)
2. Erläutern Sie den Reaktionsablauf für die Synthese von Ethanol aus Ethen und Wasser in Einzelschritten, auch anhand von Reaktionsgleichungen. Erklären Sie die Wirkungsweise eines Katalysators am Beispiel dieser Reaktion. Begründen Sie unter Angabe einer Reaktionsgleichung die Bildung von Chlorethan. (22 Punkte)
3. Geben Sie die Reaktionsgleichung zur Veresterung von Acrylsäure mit Ethanol an. Erläutern Sie, warum eine Erhöhung der Ausbeute an Acrylsäureethylester nicht durch Abdestillieren von Wasser gelingt und wie eine Erhöhung der Ausbeute erreicht werden könnte. Nehmen Sie Stellung zum Einsatz des schwefelfreien Odoriermittels in öffentlichen Gasnetzen anhand der Reaktionsgleichung für die vollständige Verbrennung von Acrylsäureethylester. (18 Punkte)

3. Materialgrundlage

- http://www.rp-online.de/wirtschaft/news/Ist-Erdgas-ohne-Schwefel-gefaehrlich_aid_723965.html (Zugriff 06.02.2011)
- <http://www.gasodor-s-free.de/de/referenzen/in-den-medien.html> (Zugriff 06.02.2011)
- <http://www.gasodor-s-free.de/de/news/newsdetail/article/frontal-21-gefahr-aus-dem-gashahn.html> (Zugriff 06.02.2011)
- <http://www.patent-de.com/20060223/DE60110497T2.html> (Zugriff 08.03.2011)

¹ Die Aufgabenstellung deckt inhaltlich alle drei Anforderungsbereiche ab.

4. Bezüge zu den Vorgaben 2012

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

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	
1a	<p>skizziert die Synthese von Acrylsäureethylester ausgehend von Ethen und Propen mit Zwischenschritten anhand eines geeigneten Schaubildes, z. B.:</p> <pre> graph TD Propen -- "Sauerstoff, (Kat)" --> Propenal Propenal -- "Sauerstoff, (Kat)" --> Acrylsaure Ethen -- "Wasser, Säure" --> Ethanol Acrylsaure -- "Veresterung" --> Acrylsaureethylester Ethanol -- "Veresterung" --> Acrylsaureethylester Acrylsaureethylester --- H2O["-H2O"] </pre>	8

1b	skizziert die Synthese von Acrylsäureethylester ausgehend von Ethen und Propen mit Zwischenschritten unter Angabe der Strukturformeln aller beteiligten Stoffe. (Hinweis: Es wird erwartet, dass der Prüfling die Strukturformeln von Ethen, Propen, Ethanol, Propenal, Acrylsäure und Acrylsäureethylester angibt.)	6
2	gibt zu den Reaktionsschritten die entsprechenden Reaktionstypen an, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Bei der Umsetzung von Propen zu Propenal und der anschließenden Umsetzung zu Acrylsäure handelt es sich um Oxidationen. • Die Ethanol synthese ist eine Addition von Wasser an Ethen. • Die Reaktion von Acrylsäure und Ethanol ist eine Veresterung. (Hinweis: Auch andere sachlogische Einordnungen sind möglich.)	6
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 2

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1a	erläutert den Reaktionsablauf für die Synthese von Ethanol aus Ethen und Wasser in Einzelschritten. (Hinweis: Es wird erwartet, dass der Prüfling in seiner Erläuterung auf den elektrophilen Angriff durch das Oxonium-Ion mit der Bildung des Carbenium-Ions und der heterolytischen Spaltung der Doppelbindung (1. Schritt), auf den nucleophilen Angriff eines Wasser-Moleküls an das Carbenium-Ion (2. Schritt) und auf die Abspaltung des Protons unter Bildung von Ethanol (3. Schritt) eingeht.)	6
1b	gibt die Reaktionsgleichungen für die Synthese von Ethanol aus Ethen und Wasser an, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • $\text{CH}_2=\text{CH}_2 + \text{H}_3\text{O}^+ \rightarrow \text{CH}_3-\text{CH}_2^+ + \text{H}_2\text{O}$ • $\text{CH}_3-\text{CH}_2^+ + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{OH}_2^+$ • $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{OH}_2^+ + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{OH} + \text{H}_3\text{O}^+$ 	6
2	erklärt die Wirkungsweise eines Katalysators am Beispiel dieser Reaktion, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Als Katalysator dieser Reaktion fungieren Oxonium-Ionen, die aus der Reaktion zwischen Wasser und der zugegebenen Säure entstehen. • Da die Oxonium-Ionen im letzten Schritt der Addition wieder gebildet werden, bleibt die Konzentration der Oxonium-Ionen unverändert. 	4
3	begründet unter Angabe einer Reaktionsgleichung die Bildung von Chlorethan, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • In einer Reaktionslösung mit Salzsäure als Katalysator liegen zwei nucleophile Teilchen – Chlorid-Ionen und Wasser-Moleküle – vor, die beide das Carbenium-Ion nucleophil angreifen können und damit in Konkurrenz zueinander stehen. • Durch den nucleophilen Angriff eines Chlorid-Ions an das Carbenium-Ion entsteht Chlorethan. $\text{CH}_3-\text{CH}_2^+ + \text{Cl}^- \rightarrow \text{CH}_3-\text{CH}_2\text{Cl}$ 	6
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 3

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	gibt die Reaktionsgleichung zur Veresterung von Acrylsäure mit Ethanol an.	4
2	<p>erläutert, warum eine Erhöhung der Ausbeute an Acrylsäureethylester nicht durch Abdestillieren von Wasser gelingt und wie eine Erhöhung der Ausbeute erreicht werden könnte, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Da Wasser eine um 1°C höhere Siedetemperatur als Acrylsäureethylester hat, ist die Trennung durch Destillation nur schwer realisierbar. • Alternative: Erhöhung der Konzentration des Eduktes Ethanol. 	6
3	<p>nimmt Stellung zum Einsatz des schwefelfreien Odoriermittels in öffentlichen Gasnetzen unter Einbeziehung der Reaktionsgleichung für die vollständige Verbrennung von Acrylsäureethylester.</p> <p><i>(Hinweis: Es wird erwartet, dass der Prüfling eine Reaktionsgleichung aufstellt, auf die Ungiftigkeit der Verbrennungsprodukte Wasser und Kohlenstoffdioxid eingeht und Argumente wie mangelnde Eindeutigkeit des Geruchs und die daraus resultierenden Sicherheitsrisiken bei seiner Entscheidung für oder gegen einen Einsatz von schwefelfreiem Odoriermittel anführt.)</i></p>	8
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

b) Darstellungsleistung

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	führt seine Gedanken schlüssig, stringent und klar aus.	4
2	<ul style="list-style-type: none"> • strukturiert seine Darstellung sachgerecht und übersichtlich, • verwendet eine differenzierte und präzise Sprache, • veranschaulicht seine Ausführungen durch geeignete Skizzen, Schemata etc., • gestaltet seine Arbeit formal ansprechend. 	3

7. Bewertungsbogen zur Prüfungsarbeit

Name des Prüflings: _____ Kursbezeichnung: _____

Schule: _____

Teilaufgabe 1

Anforderungen		Lösungsqualität			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl	EK ²	ZK	DK
1a	skizziert die Synthese ...	8			
1b	skizziert die Synthese ...	6			
2	gibt zu den ...	6			
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
Summe 1. Teilaufgabe		20			

Teilaufgabe 2

Anforderungen		Lösungsqualität			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
1a	erläutert den Reaktionsablauf ...	6			
1b	gibt die Reaktionsgleichungen ...	6			
2	erklärt die Wirkungsweise ...	4			
3	begründet unter Angabe ...	6			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
Summe 2. Teilaufgabe		22			

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

Teilaufgabe 3

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	gibt die Reaktionsgleichung ...	4			
2	erläutert, warum eine ...	6			
3	nimmt Stellung zum ...	8			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe 3. Teilaufgabe	18			
	Summe der 1., 2. und 3. Teilaufgabe	60			

Darstellungsleistung

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

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

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

	Lösungsqualität			
	maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
Übertrag der Punktzahl aus der ersten bearbeiteten Aufgabe	67			
Übertrag der Punktzahl aus der zweiten bearbeiteten Aufgabe	67			
Punktzahl der gesamten Prüfungsleistung	134			
aus der Punktzahl resultierende Note				
Note ggf. unter Absenkung um ein bis zwei Notenpunkte gemäß § 13 Abs. 2 APO-GOST				
Paraphe				

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

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

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

Unterschrift, Datum:

Grundsätze für die Bewertung (Notenfindung)

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

Note	Punkte	Erreichte Punktzahl
sehr gut plus	15	134 – 128
sehr gut	14	127 – 121
sehr gut minus	13	120 – 114
gut plus	12	113 – 108
gut	11	107 – 101
gut minus	10	100 – 94
befriedigend plus	9	93 – 87
befriedigend	8	86 – 81
befriedigend minus	7	80 – 74
ausreichend plus	6	73 – 67
ausreichend	5	66 – 61
ausreichend minus	4	60 – 52
mangelhaft plus	3	51 – 44
mangelhaft	2	43 – 36
mangelhaft minus	1	35 – 27
ungenügend	0	26 – 0



Name: _____

Abiturprüfung 2012

Chemie, Grundkurs

Aufgabenstellung:

Toluidinblau und Chrysoidin

1. Erklären Sie den Zusammenhang zwischen Struktur und Farbigkeit am Beispiel des Toluidinblau-Kations. Zeichnen Sie dazu eine weitere mesomere Grenzstruktur und geben Sie einen Bereich für das erwartete Absorptionsmaximum begründet an. (18 Punkte)
2. Erläutern Sie die unterschiedlichen Synthesewege zur Herstellung von *m*-Diaminobenzol bzw. *p*-Diaminobenzol ausgehend von Nitrobenzol mithilfe von Reaktionsschemata. Erklären Sie unter Angabe von Reaktionsgleichungen die weiteren Syntheseschritte zur Herstellung von Chrysoidin. (22 Punkte)
3. Erklären Sie die Farben von Chrysoidin bei $\text{pH} = 5$ und $\text{pH} = 7$ und erläutern Sie unter Angabe einer Reaktionsgleichung und zwei mesomerer Grenzstrukturen, warum Chrysoidin als Säure-Base-Indikator eingesetzt werden kann. (20 Punkte)

Zugelassene Hilfsmittel:

- Wissenschaftlicher Taschenrechner
- Periodensystem
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung

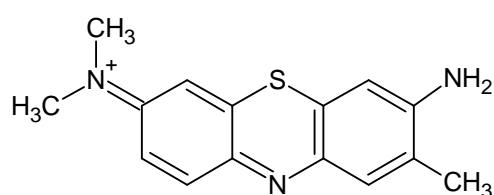


Name: _____

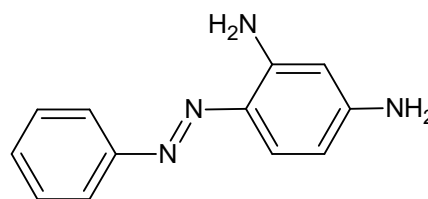
Fachspezifische Vorgaben:

Die synthetisch hergestellten Farbstoffe Toluidinblau und Chrysoidin werden in der Medizin bzw. in der Mikrobiologie zur Färbung von lebendem Material (Vitalfarbstoffe) wie z. B. Zellen oder DNA eingesetzt. Mit Toluidinblau gefärbte Zellen werden als blaugrün wahrgenommen.

Für die Synthese der beiden Farbstoffe benötigt man in beiden Fällen Diaminobenzole, wobei für Chrysoidin das *m*-Diaminobenzol und für Toluidinblau *N,N*-Dimethyl-*p*-diaminobenzol eingesetzt wird.



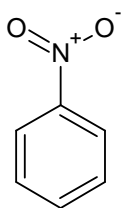
Toluidinblau-Kation



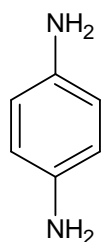
Chrysoidin bei pH = 7

Herstellung von *m*-Diaminobenzol und *p*-Diaminobenzol:

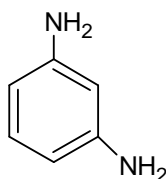
Um *m*- bzw. *p*-Diaminobenzol in ausreichender Ausbeute herzustellen, werden unterschiedliche Synthesewege gewählt. Ausgangsstoff für beide Synthesen ist Nitrobenzol.



Nitrobenzol



p-Diaminobenzol



m-Diaminobenzol

m-Diaminobenzol wird in zwei Schritten synthetisiert: Zunächst wird Nitrobenzol mit Salpetersäure (HNO₃) und Schwefelsäure (H₂SO₄) als Katalysator direkt nitriert. Anschließend erfolgt die Umsetzung des entstandenen *m*-Dinitrobenzol mit Eisen in salzsaurer Lösung.

Bei der Synthese von *p*-Diaminobenzol wird Nitrobenzol dagegen zunächst mit Eisen in salzsaurer Lösung umgesetzt. Das entstandene Anilin (C₆H₅NH₂) wird nun in einem zweiten Schritt nitriert und anschließend erfolgt wiederum die Umsetzung mit Eisen in salzsaurer Lösung.



Name: _____

Herstellung von Chrysoidin:

Chrysoidin wird aus den Ausgangsstoffen Anilin und *m*-Diaminobenzol unter Verwendung von Natriumnitrit und Salzsäure hergestellt. Chrysoidin ist einer der ersten synthetisierten Farbstoffe überhaupt und wurde neben dem Färben von Leder und Papier auch als Säure-Base-Indikator eingesetzt. Man beobachtet bei einem pH-Wert von 7 eine Gelb-Färbung; bei pH = 5 ändert sich die Farbe zu Rot.

Zusatzinformationen:

Zusammenhang von absorbierter Strahlung, zugehöriger Spektralfarbe und beobachteter Komplementärfarbe

Wellenlänge λ in nm	Spektralfarbe	Komplementärfarbe
400 – 435	violett	gelbgrün
435 – 480	blau	gelb
480 – 490	grünblau	orange
490 – 500	blaugrün	rot
500 – 560	grün	purpur
560 – 580	gelbgrün	violett
580 – 595	gelb	blau
595 – 605	orange	grünblau
605 – 770	rot	blaugrün

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

Bearbeitung einer Aufgabe, die auf fachspezifischen Vorgaben basiert

2. Aufgabenstellung¹**Toluidinblau und Chrysoidin**

1. Erklären Sie den Zusammenhang zwischen Struktur und Farbigkeit am Beispiel des Toluidinblau-Kations. Zeichnen Sie dazu eine weitere mesomere Grenzstruktur und geben Sie einen Bereich für das erwartete Absorptionsmaximum begründet an. (18 Punkte)
2. Erläutern Sie die unterschiedlichen Synthesewege zur Herstellung von *m*-Diaminobenzol bzw. *p*-Diaminobenzol ausgehend von Nitrobenzol mithilfe von Reaktionsschemata. Erklären Sie unter Angabe von Reaktionsgleichungen die weiteren Syntheseschritte zur Herstellung von Chrysoidin. (22 Punkte)
3. Erklären Sie die Farben von Chrysoidin bei pH = 5 und pH = 7 und erläutern Sie unter Angabe einer Reaktionsgleichung und zwei mesomeren Grenzstrukturen, warum Chrysoidin als Säure-Base-Indikator eingesetzt werden kann. (20 Punkte)

3. Materialgrundlage

- Beyer, H.: Lehrbuch der organischen Chemie, 18. Auflage, S. Hirzel Verlag, Stuttgart 1978, S. 492 ff.

4. Bezüge zu den Vorgaben 2012

1. *Inhaltliche Schwerpunkte*
Theoriekonzept: Das aromatische System
Themenfeld: Farbstoffe und Farbigkeit (Azofarbstoffe, Triphenylmethanfarbstoffe, Indigofarbstoffe)
2. *Medien/Materialien*
 - entfällt

¹ Die Aufgabenstellung deckt inhaltlich alle drei Anforderungsbereiche ab.

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 den Zusammenhang zwischen Struktur und Farbigkeit am Beispiel der Struktur des Toluidinblau-Kations. <i>(Hinweis: Es wird erwartet, dass der Prüfling Aussagen macht zum Zusammenhang von Lichtabsorption und Farbigkeit, zur Anregung von delokalisierten π-Elektronen, dem Vorliegen eines ausgedehnten π-Elektronen-Systems und zu dem Einfluss der Amino-Gruppe mit ihrem +M-Effekt und der $N(CH_3)_2^+$-Gruppe mit ihrem –M-Effekt.)</i>	8
2	zeichnet dazu eine weitere mesomere Grenzstruktur.	4
3	gibt einen Bereich für das erwartete Absorptionsmaximum begründet an, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Die sichtbare Farbe ist blaugrün. • Sie ist die Komplementärfarbe zur Spektralfarbe der absorbierten Wellenlänge: Die absorbierte Spektralfarbe ist somit rot. • Das Absorptionsmaximum liegt daher in einem Bereich von $\lambda = 605 - 770$ nm. 	6
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 2

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1a	erläutert den Syntheseweg zur Herstellung von <i>m</i> -Diaminobenzol ausgehend von Nitrobenzol mithilfe von Reaktionsschemata, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Die Nitro-Gruppe des Nitrobenzols ist ein Substituent 2. Ordnung und <i>meta</i>-dirigierend. • Nitrobenzol wird daher direkt mit Salpetersäure und Schwefelsäure durch elektrophile Zweitsubstitution zu <i>m</i>-Dinitrobenzol nitriert. • Anschließend erfolgt die Reduktion mit Eisen und Salzsäure zu <i>m</i>-Diaminobenzol. • Reaktionsschemata. 	8

1b	<p>erläutert den Syntheseweg zur Herstellung von <i>p</i>-Diaminobenzol ausgehend von Nitrobenzol mithilfe von Reaktionsschemata, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nitrobenzol wird zunächst mithilfe von Eisen und Salzsäure zu Anilin reduziert. • Anschließend erfolgt die Nitrierung (elektrophile Zweitsubstitution) mit Salpetersäure. • Die Amino-Gruppe des Anilins ist ein Substituent 1. Ordnung und <i>ortho</i>- und <i>para</i>-dirigierend, wobei die <i>ortho</i>-Stellung aus sterischen Gründen ungünstiger als die <i>para</i>-Stellung ist. • Es entsteht überwiegend <i>p</i>-Nitroanilin. • Im letzten Schritt erfolgt eine Reduktion von <i>p</i>-Nitroanilin mit Eisen und Salzsäure zu <i>p</i>-Diaminobenzol. • Reaktionsschemata. 	6
2	<p>erläutert unter Angabe von Reaktionsgleichungen die weiteren Syntheseschritte zur Herstellung von Chrysoidin, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bildung des Diazonium-Ions aus Anilin mithilfe von Natriumnitrit und Salzsäure, • Azokupplung (elektrophile Zweitsubstitution) des Diazonium-Ions an <i>m</i>-Diaminobenzol in <i>ortho</i>- bzw. <i>para</i>-Stellung zu den Aminogruppen, • Reaktionsgleichungen. 	8
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 3

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	<p>erklärt die Farben von Chrysoidin bei pH = 5 und pH = 7, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bei pH = 5 ist die sichtbare Farbe Rot, die absorbierte Spektralfarbe Blaugrün. • Bei pH = 7 ist die sichtbare Farbe Gelb, die absorbierte Spektralfarbe Blau. • Bei pH = 5 wird durch die Protonierung der Azo-Gruppe der -M-Effekt an dieser Gruppe verstärkt. • Zur Anregung der delokalisierten π-Elektronen wird daher bei pH = 5 weniger Energie benötigt und somit Licht längerer Wellenlänge absorbiert. 	8
2a	<p>erläutert unter Angabe einer Reaktionsgleichung und zwei mesomerer Grenzstrukturen, warum Chrysoidin als Säure-Base-Indikator eingesetzt werden kann, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reaktionsgleichung für die Protonierung der Azo-Gruppe bei Zugabe von H_3O^+-Ionen. • Eine Farbänderung von Rot zu Gelb ist gut zu beobachten. 	6
2b	gibt zwei mesomere Grenzstrukturen der protonierten Struktur von Chrysoidin an.	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.	4
2	<ul style="list-style-type: none"> • strukturiert seine Darstellung sachgerecht und übersichtlich, • verwendet eine differenzierte und präzise Sprache, • veranschaulicht seine Ausführungen durch geeignete Skizzen, Schemata etc., • gestaltet seine Arbeit formal ansprechend. 	3

7. Bewertungsbogen zur Prüfungsarbeit

Name des Prüflings: _____ Kursbezeichnung: _____

Schule: _____

Teilaufgabe 1

Anforderungen		Lösungsqualität			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl	EK ²	ZK	DK
1	erklärt den Zusammenhang ...	8			
2	zeichnet dazu eine ...	4			
3	gibt einen Bereich ...	6			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
Summe 1. Teilaufgabe		18			

Teilaufgabe 2

Anforderungen		Lösungsqualität			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
1a	erläutert den Syntheseweg ...	8			
1b	erläutert den Syntheseweg ...	6			
2	erläutert unter Angabe ...	8			
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
Summe 2. Teilaufgabe		22			

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

Teilaufgabe 3

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	erklärt die Farben ...	8			
2a	erläutert unter Angabe ...	6			
2b	gibt zwei mesomere ...	6			
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe 3. Teilaufgabe	20			
	Summe der 1., 2. und 3. Teilaufgabe	60			

Darstellungsleistung

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

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

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

	Lösungsqualität			
	maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
Übertrag der Punktsumme aus der ersten bearbeiteten Aufgabe	67			
Übertrag der Punktsumme aus der zweiten bearbeiteten Aufgabe	67			
Punktzahl der gesamten Prüfungsleistung	134			
aus der Punktsumme resultierende Note				
Note ggf. unter Absenkung um ein bis zwei Notenpunkte gemäß § 13 Abs. 2 APO-GOST				
Paraphe				

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

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

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

Unterschrift, Datum:

Grundsätze für die Bewertung (Notenfindung)

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

Note	Punkte	Erreichte Punktzahl
sehr gut plus	15	134 – 128
sehr gut	14	127 – 121
sehr gut minus	13	120 – 114
gut plus	12	113 – 108
gut	11	107 – 101
gut minus	10	100 – 94
befriedigend plus	9	93 – 87
befriedigend	8	86 – 81
befriedigend minus	7	80 – 74
ausreichend plus	6	73 – 67
ausreichend	5	66 – 61
ausreichend minus	4	60 – 52
mangelhaft plus	3	51 – 44
mangelhaft	2	43 – 36
mangelhaft minus	1	35 – 27
ungenügend	0	26 – 0



Name: _____

Abiturprüfung 2012

Chemie, Grundkurs

Aufgabenstellung:

Decklackierungen für Fahrzeuge auf Polyacrylat-Basis

1. Geben Sie ein Reaktionsschema für die Synthese von Polyacrylat an. Erläutern Sie hierzu die wesentlichen Teilschritte der Polymerisation. Entwickeln Sie für ein mögliches Bindemittel (Copolymerisat) in Stammlack-Produkten einen charakteristischen Struktur-ausschnitt. (24 Punkte)
2. Erläutern Sie am Beispiel von Polyacrylat die Löslichkeit eines makromolekularen Stoffes. Beurteilen Sie, ob Polyacrylat in Butylacetat löslich ist. Erklären Sie auf molekularer Ebene die Vorgänge beim Trocknen einer Zweikomponenten-Decklackierung für Fahrzeuge. (18 Punkte)
3. Erläutern Sie, auch unter Angabe einer Strukturformel, welche Molekülstruktur eine Verbindung besitzen muss, die als Härter eines Zweikomponenten-Decklackes geeignet ist. Stellen Sie die zugehörige Vernetzungsreaktion in einem Reaktionsschema dar. (18 Punkte)

Zugelassene Hilfsmittel:

- Wissenschaftlicher Taschenrechner
- Periodensystem
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung



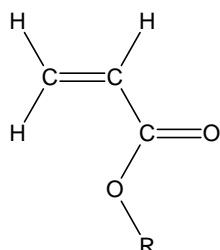
Name: _____

Fachspezifische Vorgaben:

Bei der Lackierung von Fahrzeugteilen werden mehrere Lackschichten übereinander aufgetragen. Die äußere Lackschicht, der sogenannte Decklack, verleiht einem Fahrzeug den Glanz und bietet gleichzeitig einen Schutz gegenüber mechanischen und chemischen Beanspruchungen. Eine moderne Zweikomponenten-Decklackierung für Fahrzeuge wird durch Vermischen eines Stammlackes (Komponente 1) und eines sogenannten Härter (Komponente 2) erzeugt. Beide Komponenten werden getrennt voneinander hergestellt und gelagert.

Der Stammlack enthält u. a. einen gelösten makromolekularen Stoff, das sogenannte Bindemittel, farbgebende Stoffe (Pigmente) und verschiedene Lösemittel. Der Hauptbestandteil des Stammlackes ist das Bindemittel. Es reagiert nach Vermischen mit dem Härter in einem Zeitraum von wenigen Stunden (Verarbeitungszeit) unter Vernetzung. Hierdurch wird nach dem Aufsprühen des makromolekularen Reaktionsgemisches auf das Fahrzeugteil beziehungsweise während des Trocknens der Lackierung ein fester makromolekularer Film (Lackfilm) erzeugt.

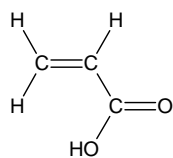
Als Bindemittel kommen häufig makromolekulare Stoffe auf Polyacrylat-Basis zum Einsatz. Polyacrylate werden durch radikalische Polymerisation von Acrylsäure-Estern synthetisiert, wobei die Ester-Gruppen erhalten bleiben.



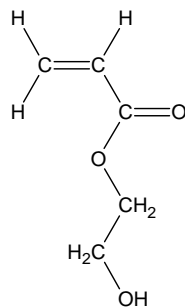
Acrylsäure-Ester

(R = Kohlenwasserstoff-Rest,
zum Beispiel CH₃, C₂H₅)

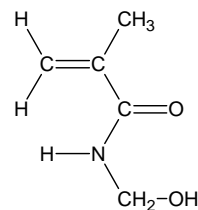
Um eine Vernetzungsreaktion mit den Molekülen des Härter zu ermöglichen, müssen die Makromoleküle des Bindemittels reaktive Gruppen aufweisen. Zur Synthese eines Bindemittels werden daher bei der Polymerisation Acrylsäure-Ester und mindestens ein weiteres Monomer eingesetzt (Bildung von Copolymerisaten). Beispiele für geeignete Monomere zum Einbringen von reaktiven Gruppen in solche Copolymerisate sind die folgenden Verbindungen:



Acrylsäure
(Propensäure)



2-Hydroxyethylacrylat



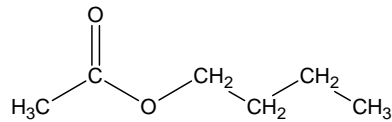
N-Methylolmethacrylamid



Name: _____

Zusatzinformationen:

Industriell häufig verwendetes Lösemittel:

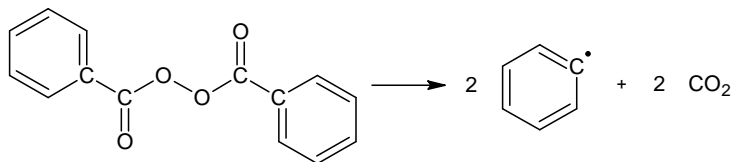


Butylacetat

Kunststoffe, die aus linearen oder verzweigten Makromolekülen aufgebaut sind, können in einem geeigneten Lösemittel unter Erhalt der Makromoleküle gelöst werden.

Kunststoffe, die aus einem makromolekularen Netzwerk aufgebaut sind, können grundsätzlich nicht gelöst werden, es sei denn, es erfolgt eine Auflösung und Zersetzung der Makromoleküle.

Dibenzoylperoxid ist ein Initiator für Polymerisationen und zerfällt bei Wärmezufuhr:



Dibenzoylperoxid

Copolymerisat:

Die Makromoleküle enthalten mindestens zwei verschiedene Monomer-Bausteine.

Unterlagen für die Lehrkraft

Abiturprüfung 2012

Chemie, Grundkurs

1. Aufgabenart

Bearbeitung einer Aufgabe, die auf fachspezifischen Vorgaben basiert

2. Aufgabenstellung

Decklackierungen für Fahrzeuge auf Polyacrylat-Basis

1. Geben Sie ein Reaktionsschema für die Synthese von Polyacrylat an. Erläutern Sie hierzu die wesentlichen Teilschritte der Polymerisation. Entwickeln Sie für ein mögliches Bindemittel (Copolymerisat) in Stammlack-Produkten einen charakteristischen Struktur-ausschnitt. (24 Punkte)
2. Erläutern Sie am Beispiel von Polyacrylat die Löslichkeit eines makromolekularen Stoffes. Beurteilen Sie, ob Polyacrylat in Butylacetat löslich ist. Erklären Sie auf molekularer Ebene die Vorgänge beim Trocknen einer Zweikomponenten-Decklackierung für Fahrzeuge. (18 Punkte)
3. Erläutern Sie, auch unter Angabe einer Strukturformel, welche Molekülstruktur eine Verbindung besitzen muss, die als Härter eines Zweikomponenten-Decklackes geeignet ist. Stellen Sie die zugehörige Vernetzungsreaktion in einem Reaktionsschema dar. (18 Punkte)

3. Materialgrundlage

- Fonds der Chemischen Industrie im Verband der chemischen Industrie e. V. (Hrsg.), Deutsches Lackinstitut GmbH (Hrsg.): Informationsserie – Textheft Nr. 28 – Lacke und Farben, Erstauflage, Druck- und Verlagshaus Zarbock, Frankfurt a. M. 2003
- A. Goldschmidt; H.-J. Streitberger: BASF Handbuch Lackiertechnik, Vincentz Verlag, Hannover 2002, S. 119 – 122
- <http://www.chemgapedia.de/vsengine/vlu/vsc/de/ch/9/mac/andere/acrylate/polyacrylate.vlu.html> (Zugriff 12.06.2011)
- <http://www.chempage.de/unterricht/12/Kunststoffe.pdf> (Zugriff 08.06.2011)

4. Bezüge zu den Vorgaben 2012

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

5. Zugelassene Hilfsmittel

- Wissenschaftlicher Taschenrechner
- Periodensystem
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung

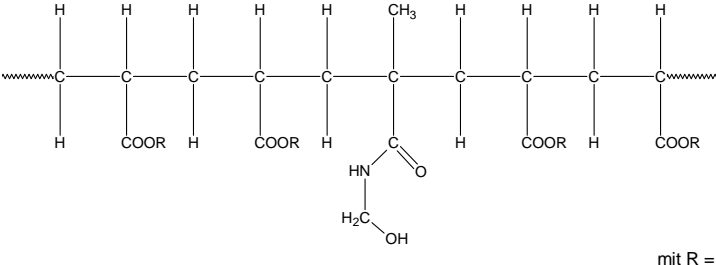
6. Vorgaben für die Bewertung der Schülerleistungen

Teilleistungen – Kriterien

a) inhaltliche Leistung

Teilaufgabe 1

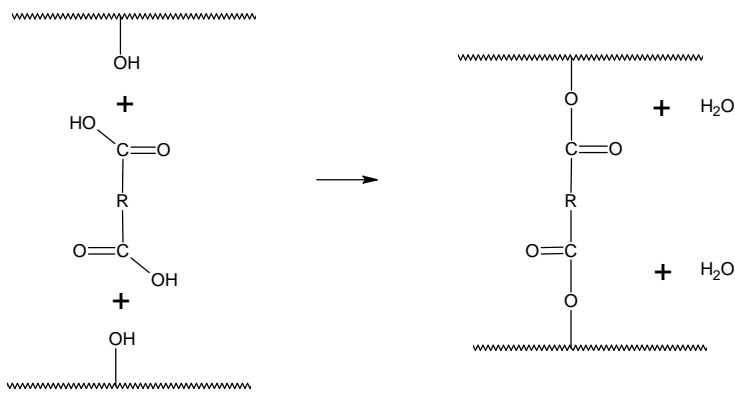
	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	<p>gibt ein Reaktionsschema für die Synthese von Polyacrylat an, z. B.:</p>	6
2	<p>erläutert hierzu die wesentlichen Teilschritte der Polymerisation. (Hinweis: Es wird erwartet, dass der Prüfling in seiner Erläuterung auf Initiation, Start, Kettenwachstum und mindestens auf eine mögliche Kettenabbruchreaktion der radikalischen Polymerisation eingeht. Die Hälfte der Punktzahl wird erreicht, wenn etwa die Hälfte der Teilschritte zutreffend erläutert wurde.)</p>	12

3	<p>entwickelt für ein mögliches Bindemittel (Copolymerisat) in Stammlack-Produkten einen charakteristischen Strukturausschnitt, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> Mögliche Monomere für die Copolymerisation sind beispielsweise Acrylsäureethylester und N-Methylolmethacrylamid.  <p style="text-align: right;">mit R = C₂H₅</p>	6
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 2

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	<p>erläutert am Beispiel von Polyacrylat die Löslichkeit eines makromolekularen Stoffes, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> Aufgrund des linearen Aufbaus der Makromoleküle von Polyacrylat ist es möglich, dass die Molekülketten in einem geeigneten Lösemittel gegeneinander beweglich werden, sodass sich der Kunststoff löst. Durch Einwirkung eines geeigneten Lösemittels werden Wechselwirkungen zwischen den Makromolekülen aufgebrochen und gleichzeitig zwischenmolekulare Kräfte zu den Molekülen des Lösemittels aufgebaut. Die Makromoleküle werden schließlich von Lösemittel-Molekülen umschlossen und aufgrund der vorhandenen zwischenmolekularen Kräfte in Lösung gehalten. 	6
2	<p>beurteilt, ob Polyacrylat in Butylacetat löslich ist. <i>(Hinweis: Es wird erwartet, dass der Prüfling eine eigenständige Einschätzung aufgrund von allgemeinen Löslichkeitsregeln, Aussagen zur Polarität des Lösemittels und Aussagen zu vorhandenen polaren bzw. unpolaren Bausteinen der Makromoleküle formuliert. Dies sollte in der Regel dazu führen, dass Butylacetat als geeignetes Lösemittel eingeordnet wird. Sollte der Prüfling zu einem anderen Resultat kommen, muss dieses sachlogisch begründet sein.)</i></p>	6
3	<p>erklärt auf molekularer Ebene die Vorgänge beim Trocknen einer Zweikomponenten-Decklackierung für Fahrzeuge, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> Während des Trocknungsprozesses entweichen die Lösemittel-Moleküle des zunächst noch flüssigen Stoffgemisches in die Umgebung. Es findet eine Vernetzungsreaktion zwischen den Makromolekülen des Bindemittels (Komponente 1) und den Molekülen des Härter (Komponente 2) statt. Hierdurch entsteht ein makromolekulares dreidimensionales Netzwerk, das den festen Lackfilm auf dem Fahrzeug bildet. <p><i>(Hinweis: Es wird nicht erwartet, dass der Prüfling auf den Einschluss von Farbpigmenten eingeht.)</i></p>	6
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 3

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1a	<p>erläutert, auch unter Angabe einer Strukturformel, welche Molekülstruktur eine Verbindung besitzen muss, die als Härter eines Zweikomponenten-Decklackes geeignet ist, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Wenn die Makromoleküle des Bindemittels jeweils mehrere Hydroxygruppen aufweisen, kann z. B. durch eine Veresterungsreaktion vernetzt werden. • Hierzu müssen die Moleküle des Härter jeweils mindestens zwei Carboxygruppen tragen. • Als Härter kann z. B. eine Dicarbonsäure eingesetzt werden. <p>(Hinweis: Es handelt sich um eine offene Aufgabenstellung. Die Auswahl der Stoffklasse für den Härter soll auf der Grundlage der im Unterricht behandelten Reaktionen erfolgen. Eine Berücksichtigung der technisch bedeutsamen Urethanbildung als Vernetzungsreaktion wird nicht vorausgesetzt, ist jedoch möglich. Es wird nicht erwartet, dass der Prüfling auf die Problematik der Entstehung niedermolekularer Verbindungen während der Lackrocknung und auf die Problematik von Gleichgewichtsreaktionen bei der Bildung von Lacken eingeht.)</p>	8
1b	<p>erläutert, auch unter Angabe einer Strukturformel, welche Molekülstruktur eine Verbindung besitzen muss, die als Härter eines Zweikomponenten-Decklackes geeignet ist, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Strukturformel für eine Dicarbonsäure $\text{HO}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{R}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{OH}$	4
2	<p>stellt die zugehörige Vernetzungsreaktion in einem Reaktionsschema dar, z. B.:</p>  <p>The diagram illustrates the reaction between a polymer chain with a hydroxyl group and a dicarboxylic acid. The reactants are a polymer chain with a terminal OH group and a dicarboxylic acid molecule (HO-C(=O)-R-C(=O)-OH). The reaction arrow points to the products: a polymer chain with an ester linkage (-O-C(=O)-R-C(=O)-O-) and two water molecules (H2O).</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.	4
2	<ul style="list-style-type: none"> • strukturiert seine Darstellung sachgerecht und übersichtlich, • verwendet eine differenzierte und präzise Sprache, • veranschaulicht seine Ausführungen durch geeignete Skizzen, Schemata etc., • gestaltet seine Arbeit formal ansprechend. 	3

7. Bewertungsbogen zur Prüfungsarbeit

Name des Prüflings: _____ Kursbezeichnung: _____

Schule: _____

Teilaufgabe 1

Anforderungen		Lösungsqualität			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl	EK ¹	ZK	DK
1	gibt ein Reaktionsschema ...	6			
2	erläutert hierzu die ...	12			
3	entwickelt für ein ...	6			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
Summe 1. Teilaufgabe		24			

Teilaufgabe 2

Anforderungen		Lösungsqualität			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
1	erläutert am Beispiel ...	6			
2	beurteilt, ob Polyacrylat ...	6			
3	erklärt auf molekularer ...	6			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
Summe 2. Teilaufgabe		18			

¹ EK = Erstkorrektur; ZK = Zweitkorrektur; DK = Drittkorrektur

Teilaufgabe 3

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1a	erläutert, auch unter ...	8			
1b	erläutert, auch unter ...	4			
2	stellt die zugehörige ...	6			
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe 3. Teilaufgabe	18			
	Summe der 1., 2. und 3. Teilaufgabe	60			

Darstellungsleistung

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

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

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

	Lösungsqualität			
	maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
Übertrag der Punktzahl aus der ersten bearbeiteten Aufgabe	67			
Übertrag der Punktzahl aus der zweiten bearbeiteten Aufgabe	67			
Punktzahl der gesamten Prüfungsleistung	134			
aus der Punktzahl resultierende Note				
Note ggf. unter Absenkung um ein bis zwei Notenpunkte gemäß § 13 Abs. 2 APO-GOST				
Paraphe				

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

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

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

Unterschrift, Datum:

Grundsätze für die Bewertung (Notenfindung)

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

Note	Punkte	Erreichte Punktzahl
sehr gut plus	15	134 – 128
sehr gut	14	127 – 121
sehr gut minus	13	120 – 114
gut plus	12	113 – 108
gut	11	107 – 101
gut minus	10	100 – 94
befriedigend plus	9	93 – 87
befriedigend	8	86 – 81
befriedigend minus	7	80 – 74
ausreichend plus	6	73 – 67
ausreichend	5	66 – 61
ausreichend minus	4	60 – 52
mangelhaft plus	3	51 – 44
mangelhaft	2	43 – 36
mangelhaft minus	1	35 – 27
ungenügend	0	26 – 0