



Name: _____

Abiturprüfung 2008

Chemie, Leistungskurs

Aufgabenstellung:

Galvanoplastik

1. Zeichnen Sie den Aufbau einer galvanischen Zelle, die dem beschriebenen historischen Daniell-Element entspricht. Erläutern Sie unter Angabe von Reaktionsgleichungen und unter Berücksichtigung von Gleichgewichtsreaktionen die in den Halbzellen ablaufenden chemischen Vorgänge sowie das Zustandekommen der Zellspannung.
(20 Punkte)
2. Berechnen Sie die theoretisch zu messende Spannung in einem der Daniell-Elemente, die von Rudolf Christian Böttger verwendet wurden. Analysieren Sie Möglichkeiten der Beeinflussung der Spannung des Daniell-Elementes vor Inbetriebnahme. Analysieren Sie Möglichkeiten der Beeinflussung der Spannung des Daniell-Elementes während des Betriebs.
(20 Punkte)
3. Ermitteln Sie, welche Teile der Anlage zur Herstellung einer Galvanoplastik jeweils den positiven, welche den negativen Pol beim Galvanisierungsprozess darstellen. Erläutern Sie die chemischen Vorgänge an der mit Graphit überzogenen Büste und an der Kupferplatte beim Galvanisierungsprozess.
(10 Punkte)
4. Berechnen Sie die Stromstärke, die zur Produktion der im Text beschriebenen Galvanoplastik notwendig war. Beurteilen Sie die Funktionalität der von Böttger eingesetzten elektrochemischen Anlage.
(16 Punkte)

Zugelassene Hilfsmittel:

- Wissenschaftlicher Taschenrechner
- Periodensystem
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung



Name: _____

Fachspezifische Vorgaben:

Gegenstände auf galvanischem Weg mit einer Metallschicht zu versehen, ist eine heute nicht mehr wegzudenkende Technik. Entwickelt wurde dieses Verfahren von Moritz Hermann von Jacobi (1801 – 1874); er gilt als Begründer der Galvanotechnik. Galvanoplastiken sind hohle Gegenstände aus Metall, die durch Galvanisieren (dies entspricht einer elektrolytischen Abscheidung) einer geeigneten Vorlage hergestellt werden. Die Vorlage besteht oft aus Wachs oder anderen gut formbaren Materialien und wird durch Bestäuben mit Graphit leitfähig gemacht. Danach kann sie elektrolytisch mit einer Metallschicht überzogen werden. Abschließend wird die Vorlage zerstört, sodass nur der Metallüberzug bestehen bleibt. Rudolf Christian Böttger (1806 – 1881) entwickelte die von H. Jacobi erfundene Galvanoplastik weiter und stellte erstmals größere plastische Figuren galvanotechnisch her, z. B. das in den Jahren 1854 bis 1858 errichtete Gutenberg-Denkmal auf dem Frankfurter Roßmarkt (Abbildung 1). Meyers Konversationslexikon von 1865 gibt darüber Auskunft, wie diese Galvanoplastik erstellt wurde:

An den Rand eines mit Kupfervitriollösung gefüllten Bottichs setzt man eine Reihe Daniell-Elemente als Stromquelle (siehe Zusatzinformationen). Eine Kupferplatte im Bottich ist der eine Pol, während die sich in der Mitte befindliche und mit Graphit überzogene Büste als weiterer Pol geschaltet ist. [...] Gewöhnlich setzt sich, wenn die Operation in gutem Gange ist, binnen eines Tages eine Kupferschicht von der Dicke eines starken Papierblattes an, und die Vollendung der Arbeit erfordert daher mehrere Tage, ja Wochen. [...]
(Originaltext, leicht verändert)

Innerhalb von fünf Tagen entsteht so eine Galvanoplastik, bei der sich 15 kg Kupfer auf der mit Graphit überzogenen Büste abgeschieden haben.



Abbildung 1: Gutenberg-Denkmal

(http://www.anorg.chemie.uni-frankfurt.de/AK_Fink/priv/frankfurt/boettger/boettger.htm)



Name: _____

Zusatzinformationen:

Kupfervitriol ist eine andere Bezeichnung für Kupfersulfat (CuSO_4).
Faraday-Konstante $F = 96485 \text{ C/mol} = 96485 \text{ As/mol}$
Molare Masse von Kupfer $M(\text{Cu}) = 63,54 \text{ g/mol}$

Spannungsreihe

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

1.	Mg/Mg^{2+}	-2,36
2.	Al/Al^{3+}	-1,66
3.	Mn/Mn^{2+}	-1,18
4.	Zn/Zn^{2+}	-0,76
5.	Cr/Cr^{3+}	-0,74
6.	Fe/Fe^{2+}	-0,41
7.	Cd/Cd^{2+}	-0,40
8.	Co/Co^{2+}	-0,28
9.	Ni/Ni^{2+}	-0,23
10.	Sn/Sn^{2+}	-0,14
11.	Pb/Pb^{2+}	-0,13
12.	$\text{Pt/H}_2 / 2 \text{ H}^+$	0,000
13.	Cu/Cu^{2+}	0,35
14.	$4 \text{ OH}^- / \text{O}_2$ (pH 14)	0,40
15.	Ag/Ag^+	0,80
16.	Hg/Hg^{2+}	0,86
17.	Au/Au^{3+}	1,50

Das Daniell-Element

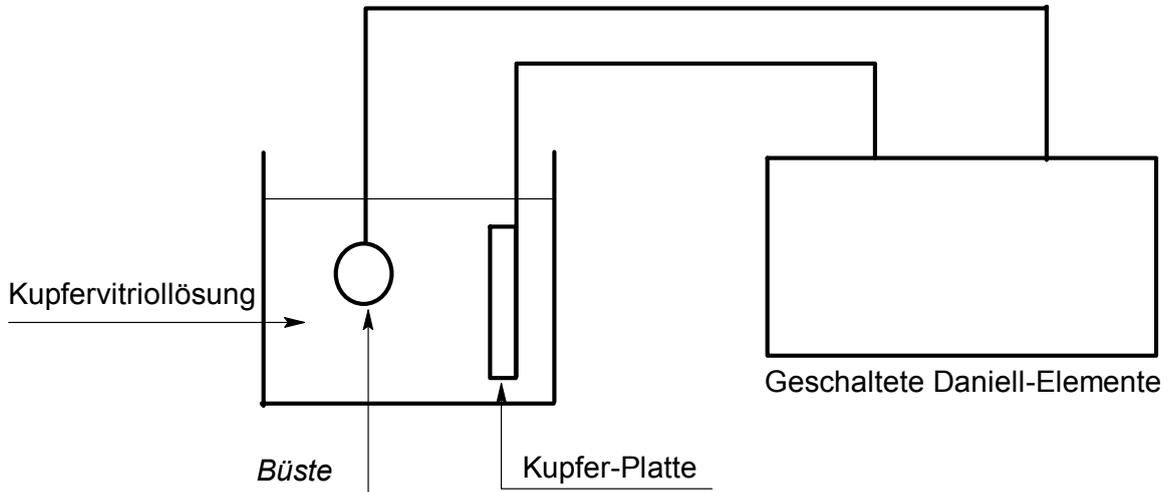
Die erste technisch einsetzbare Batterie wurde 1835 von John Frederic Daniell entwickelt. Er verwendete eine Zink-Elektrode, die in Zinksulfat-Lösung eingetaucht wurde, und eine Kupfer-Elektrode, die in Kupfersulfat-Lösung eingetaucht wurde. Die Salzlösungen wurden durch einen porösen Tonzylinder (als Diaphragma) getrennt.

Die von Böttger verwendeten Daniell-Elemente wurden mit Salzlösungen folgender Konzentrationen hergestellt: $c(\text{CuSO}_4) = 0,5 \text{ mol/L}$ und $c(\text{ZnSO}_4) = 0,2 \text{ mol/L}$.



Name: _____

Skizze der von Böttger verwendeten Galvanisierungsanlage (vereinfacht):



Schaltet man mehrere gleiche Daniell-Elemente in Reihe (d. h., man verbindet den Plus-Pol eines Daniell-Elementes jeweils mit dem Minus-Pol eines anderen Daniell-Elementes), so wird eine Spannung erzielt, die der Summe der Spannungen der einzelnen Daniell-Elemente entspricht. Die Stromstärke ändert sich im vorliegenden Fall nicht.

Schaltet man mehrere gleiche Daniell-Elemente parallel (d. h., man verbindet alle Plus-Pole der Daniell-Elemente miteinander und ebenso alle Minus-Pole), so wird eine Stromstärke erzielt, die der Summe der Stromstärken der einzelnen Daniell-Elemente entspricht. Die Spannung ändert sich im vorliegenden Fall nicht.

Unterlagen für die Lehrkraft**Abiturprüfung 2008****Chemie, Leistungskurs****1. Aufgabenart**

Bearbeitung einer Aufgabe, die auf fachspezifischen Vorgaben basiert

2. Aufgabenstellung**Galvanoplastik**

1. Zeichnen Sie den Aufbau einer galvanischen Zelle, die dem beschriebenen historischen Daniell-Element entspricht. Erläutern Sie unter Angabe von Reaktionsgleichungen und unter Berücksichtigung von Gleichgewichtsreaktionen die in den Halbzellen ablaufenden chemischen Vorgänge sowie das Zustandekommen der Zellspannung. (20 Punkte)
2. Berechnen Sie die theoretisch zu messende Spannung in einem der Daniell-Elemente, die von Rudolf Christian Böttger verwendet wurden. Analysieren Sie Möglichkeiten der Beeinflussung der Spannung des Daniell-Elementes vor Inbetriebnahme. Analysieren Sie Möglichkeiten der Beeinflussung der Spannung des Daniell-Elementes während des Betriebs. (20 Punkte)
3. Ermitteln Sie, welche Teile der Anlage zur Herstellung einer Galvanoplastik jeweils den positiven, welche den negativen Pol beim Galvanisierungsprozess darstellen. Erläutern Sie die chemischen Vorgänge an der mit Graphit überzogenen Büste und an der Kupferplatte beim Galvanisierungsprozess. (10 Punkte)
4. Berechnen Sie die Stromstärke, die zur Produktion der im Text beschriebenen Galvanoplastik notwendig war. Beurteilen Sie die Funktionalität der von Böttger eingesetzten elektrochemischen Anlage. (16 Punkte)

3. Materialgrundlage

- http://www.susi.e-technik.uniulm.de:8080/Meyers2/seite/werk/meyers/band/6/seite/0883/meyers_b6_s0883.html (20.04.2007)
- http://www.org.chemie.uni-frankfurt.de/AK_Fink/priv/frankfurt/boettger/boettger.htm (20.04.2007)
- <http://www.calsky.com/lexikon/de/txt/g/ga/galvanoplastik.php> (16.10.2007)
- Tausch, M.; v. Wachtendonk, M. (Hrsg.): Chemie 2000+, C. C. Buchners Verlag, Bamberg 2004, S. 17
- Asselborn, W.; Jäckel, M.; Risch, K. (Hrsg.): Chemie heute – Sek. II, Schroedel Verlag, Hannover 1998, S. 184

4. Bezüge zu den Vorgaben 2008

<p>1. <i>Inhaltliche Schwerpunkte</i> Themenfeld: Gewinnung, Speicherung und Nutzung elektrischer Energie in der Chemie</p> <ul style="list-style-type: none"> • Batterien und Akkumulatoren: Grundprinzip der Funktionsweise • galvanische Zelle: Vorgänge an Elektroden, Potentialdifferenz • Spannungsreihe der Metalle: Additivität der Spannungen, Standard-elektrodenpotential • Nernst-Gleichung (quantitative Behandlung) • einfache Elektrolyse im Labor • Faraday-Gesetze <p>2. <i>Medien/Materialien</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • entfällt

5. Zugelassene Hilfsmittel

- Wissenschaftlicher Taschenrechner
- Periodensystem
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung

6. Vorgaben für die Bewertung der Schülerleistungen

Teilleistungen – Kriterien

a) inhaltliche Leistung

Teilaufgabe 1

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl (AFB) ¹
	Der Prüfling	
1	zeichnet den Aufbau einer galvanischen Zelle mit Halbzellen (Kupfer- und Zink-Elektroden, entsprechenden Elektrolytlösungen) und Diaphragma (Tonzylinder).	4 (I)
2a	erläutert die Halbzellenreaktionen (ohne Stromfluss), z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Es bildet sich jeweils ein elektrochemisches Gleichgewicht an der Grenzschicht Metall/Lösung aus. • Eine elektrische Doppelschicht entsteht. • Ein charakteristisches Potential je Halbzelle baut sich auf. 	6 (II)
2b	erläutert das Zustandekommen der Zellspannung, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Beide Halbzellen bauen unterschiedliche Potentiale auf. • Der Potentialunterschied der beiden Halbzellen kann als Zellspannung gemessen werden. 	2 (I)
2c	erläutert die Vorgänge an der Kathode, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Die Kupferelektrode ist aufgrund des positiveren Elektrodenpotentials der Plus-Pol. • Kupfer-Ionen werden reduziert, Kupfer scheidet sich ab: $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cu}$. 	4 (II)
2d	erläutert die Vorgänge an der Anode, z. B.:	4 (II)

¹ AFB = Anforderungsbereich

	<ul style="list-style-type: none"> Die Zinkelektrode ist aufgrund des negativeren Elektrodenpotentials der Minus-Pol. Zink wird oxidiert und Zink-Ionen gehen in Lösung: $\text{Zn} \rightleftharpoons \text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^-$. 	
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 2

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl (AFB)
	Der Prüfling	
1a	nennt allgemein die Nernst-Gleichung oder die entsprechenden Zusammenhänge in der weiteren Lösung.	2 (I)
1b	berechnet die theoretisch zu messende Spannung, z. B.: $U_A = 0,35 \text{ V} + 0,059/2 \text{ V} \cdot \lg 0,5 \approx 0,34 \text{ V}$. $U_D = -0,76 \text{ V} + 0,059/2 \text{ V} \cdot \lg 0,2 \approx -0,78 \text{ V}$. $U_{\text{Zelle}} = U_A - U_D = 0,34 \text{ V} - (-0,78 \text{ V}) = 1,12 \text{ V}$.	6 (I)
2	analysiert Möglichkeiten der Beeinflussung der Zellspannung vor Inbetriebnahme, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> Die Zellspannung ist abhängig von den Halbzellenkonzentrationen: $U_{\text{Zelle}} = U_A - U_D = \Delta U^\circ + 0,059/2 \text{ V} \cdot \lg [c(\text{Cu}^{2+})/c(\text{Zn}^{2+})]$. Eine erhöhte Konzentration der Cu^{2+}-Ionen erhöht die Zellspannung, eine erhöhte Konzentration der Zn^{2+}-Ionen erniedrigt die Zellspannung. Ein großer Konzentrationsunterschied ($c(\text{Cu}^{2+}) \gg c(\text{Zn}^{2+})$) erhöht die Zellspannung. 	6 (II)
3	analysiert Möglichkeiten der Beeinflussung der Zellspannung während des Betriebs, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> Die Kupfer-Ionenkonzentration nimmt ab, während die Zink-Ionenkonzentration zunimmt. Das Konzentrationsverhältnis ($c(\text{Cu}^{2+}) : c(\text{Zn}^{2+})$) verringert sich, demzufolge auch die Zellspannung. Zur Erhaltung der Spannung müssten theoretisch die Kupfer-Ionen ergänzt und/oder die Zink-Ionen verringert werden. (Alternativ: Die Konzentrationen müssen konstant gehalten werden.) 	6 (III)
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 3

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl (AFB)
	Der Prüfling	
1	ermittelt die Polung der Anlage: <ul style="list-style-type: none"> Das mit Graphit überzogene Modell wird an den Minus-Pol der geschalteten Daniell-Elemente angeschlossen. Die Kupferplatte wird an den Plus-Pol angeschlossen. 	2 (I)
2a	erläutert die chemischen Vorgänge an der mit Graphit überzogenen Büste, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> Die mit Graphit überzogene Büste (Minus-Pol) zieht die Kupfer-Ionen aus der Lösung an. Eine Kupferabscheidung wird erzwungen ($\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$) und Kupfer wird als gleichmäßige Schicht auf der Büste abgeschieden. 	4 (II)
2b	erläutert die chemischen Vorgänge an der Kupferplatte, z. B.:	4 (II)

	<ul style="list-style-type: none"> Der Plus-Pol an der Kupferplatte bewirkt, dass Kupfer in Lösung geht ($\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^-$), die Kupfer-Ionenkonzentration bleibt durch diesen Vorgang (nahezu) konstant. 	
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 4

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl (AFB)
	Der Prüfling	
1a	nennt das zweite Faraday-Gesetz allgemein oder die entsprechenden Zusammenhänge in der weiteren Lösung.	2 (I)
1b	bestimmt die notwendigen Größen, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> Stoffmenge $n(\text{Cu})$: $n(\text{Cu}) = \frac{m(\text{Cu})}{M(\text{Cu})} = \frac{15000 \text{ g}}{63,54 \text{ g/mol}} \approx 236,1 \text{ mol}$ Ladung des Ions z: $z(\text{Cu}^{2+}) = 2$ Ladungsmenge Q: $Q = n \cdot F \cdot z = 236,1 \text{ mol} \cdot 96485 \text{ C/mol} \cdot 2 \approx 45,6 \cdot 10^6 \text{ C}$ 	4 (II)
1c	berechnet die notwendige Stromstärke (aus Ladungsmenge und Galvanisierzeit), z. B.: <ul style="list-style-type: none"> Stromstärke I: $I = \frac{Q}{t} = \frac{45,6 \cdot 10^6 \text{ C}}{432000 \text{ s}} \approx 105,6 \text{ A}$; die Anlage muss mit über 100 A betrieben werden.	2 (II)
2	beurteilt die Funktionalität der Galvanisieranlage, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> Um die hohe Stromstärke zu erreichen, müssen viele Daniell-Elemente parallel geschaltet werden. Die Konzentration der Kupfer-Ionen bleibt während des Galvanisierens konstant, da gleich viele Ionen in Lösung gehen, wie abgeschieden werden. Um Nebenreaktionen zu vermeiden (z. B. die Zersetzung des Wassers), muss mit sehr niedrigen Spannungen gearbeitet werden. Um eine gleichmäßige Beschichtung zu erreichen, muss die Elektrolytlösung oder der zu beschichtende Körper leicht bewegt werden. 	8 (III)
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (4)	

b) Darstellungsleistung

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

7. Bewertungsbogen zur Prüfungsarbeit

Name des Prüflings: _____ Kursbezeichnung: _____

Schule: _____

Teilaufgabe 1

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl (AFB)	EK ²	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	zeichnet den Aufbau ...	4 (I)			
2a	erläutert die Halbzellenreaktionen ...	6 (II)			
2b	erläutert das Zustandekommen ...	2 (I)			
2c	erläutert die Vorgänge ...	4 (II)			
2d	erläutert die Vorgänge ...	4 (II)			
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe 1. Teilaufgabe	20			

Teilaufgabe 2

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl (AFB)	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1a	nennt allgemein die ...	2 (I)			
1b	berechnet die theoretisch ...	6 (I)			
2	analysiert Möglichkeiten der ...	6 (II)			
3	analysiert Möglichkeiten der ...	6 (III)			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe 2. Teilaufgabe	20			

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

Teilaufgabe 3

Anforderungen		Lösungsqualität			
Der Prüfling		maximal erreichbare Punktzahl (AFB)	EK	ZK	DK
1	ermittelt die Polung ...	2 (I)			
2a	erläutert die chemischen ...	4 (II)			
2b	erläutert die chemischen ...	4 (II)			
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
Summe 3. Teilaufgabe		10			

Teilaufgabe 4

Anforderungen		Lösungsqualität			
Der Prüfling		maximal erreichbare Punktzahl (AFB)	EK	ZK	DK
1a	nennt das zweite ...	2 (I)			
1b	bestimmt die notwendigen ...	4 (II)			
1c	berechnet die notwendige ...	2 (II)			
2	beurteilt die Funktionalität ...	8 (III)			
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (4)				
Summe 4. Teilaufgabe		16			
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				
Note ggf. unter Absenkung um ein bis zwei Notenpunkte gemäß § 13 Abs. 2 APO-GOST				
Paraphe				

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

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

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

Unterschrift, Datum

Grundsätze für die Bewertung (Notenfindung)

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

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



Name: _____

Abiturprüfung 2008

Chemie, Leistungskurs

Aufgabenstellung:

Aromastoffe und Lactone – Darstellung, Eigenschaften und Reaktionen

1. Nennen Sie den systematischen (IUPAC) Namen der nach Äpfeln riechenden Verbindung. Geben Sie eine geeignete Versuchsanleitung zur Darstellung der Verbindung im Labor an und erläutern Sie, wie die Verbindung mit möglichst hoher Ausbeute erhalten werden kann. *(12 Punkte)*
2. Beschreiben Sie die Grafik zur Messung der Verteilung der Sauerstoff-Isotope auf die Reaktanden. Entwickeln Sie allgemein die Teilschritte der zugrunde liegenden Reaktion, nennen Sie dabei auch den Reaktionstyp. Begründen Sie Ihren Vorschlag mit Hilfe der angegebenen Messergebnisse. *(20 Punkte)*
3. Ordnen Sie die Reaktion von Butan-1,4-diol mit angesäuerter Kaliumpermanganatlösung zu Butan-1,4-disäure einem Reaktionstyp zu und begründen Sie Ihre Zuordnung. Entwickeln Sie schrittweise eine entsprechende Reaktionsgleichung (ohne Berücksichtigung von Nebenprodukten). *(20 Punkte)*
4. Erläutern Sie die Entstehung des Lactons aus einem Zwischenprodukt. Stellen Sie den Reaktionsablauf in einem Reaktionsschema mit Strukturformeln dar (kein Reaktionsmechanismus). Beurteilen Sie, ob bei einer analogen Reaktion mit Propan-1,3-diol als Edukt ein entsprechendes cyclisches Reaktionsprodukt entstehen könnte. *(14 Punkte)*

Zugelassene Hilfsmittel:

- Wissenschaftlicher Taschenrechner
- Periodensystem
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung



Name: _____

Fachspezifische Vorgaben:

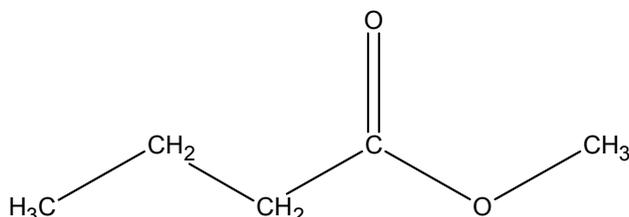
In der Lebensmittelindustrie finden Aromastoffe eine weite Verwendung.

Natürliche Aromastoffe werden aus Früchten extrahiert. Natürliche Fruchtaromen setzen sich meist aus 200 bis 400 verschiedenen Verbindungen zusammen (darunter sind Carbonsäuren, Alkohole, Ester, Ketone, Aldehyde und Lactone), wobei die Einzelkomponenten selbst ganz andere Aromaeindrücke vermitteln als das Fruchtaroma.

Künstliche Aromastoffe haben keine Entsprechungen in der Natur; sie werden großtechnisch produziert. Häufig erinnert der Geruch eines künstlichen Aromastoffes zwar an bestimmte Früchte, die Früchte enthalten diese Stoffe aber nicht.

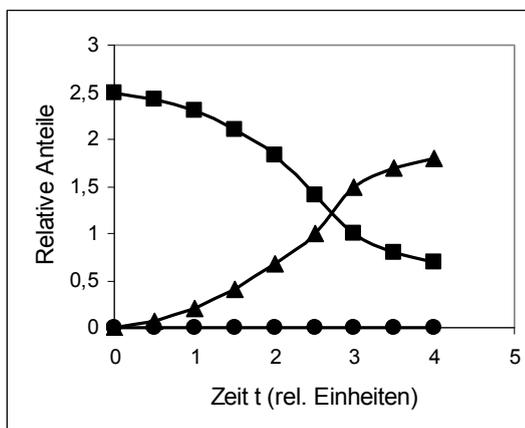
Bei den *naturidentischen Aromen* werden die Aromastoffe ebenfalls synthetisch hergestellt. Die enthaltenen Stoffe müssen aber in der Struktur mit den natürlich gewonnenen Aromastoffen übereinstimmen. Dabei werden nur die für den Geruchseindruck wichtigsten Stoffe gemischt, sodass naturidentische Aromen eine geringere Komplexität in ihrer Zusammensetzung aufweisen als natürliche Fruchtaromen.

Ein Stoff, der nach Äpfeln riecht und z. B. in einem Schulbuch als Apfelaroma bezeichnet wird, hat folgende Strukturformel:



Im Labor wird eine Probe dieses Stoffes zusammen mit Natronlauge ($\text{NaOH}_{(\text{aq})}$) vorsichtig erwärmt; die Natronlauge ist dabei markiert: Die Sauerstoff-Atome in der Natronlauge sind ^{18}O -Isotope. Während der Reaktion wird mit einem geeigneten Verfahren die Verteilung der Sauerstoff-Isotope auf die Reaktanden gemessen. In der Grafik sind die einzelnen Messergebnisse dargestellt:

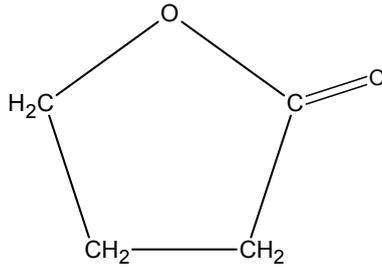
Kurve A (▲): Carboxylat-Ionen
Kurve B (■): Hydroxid-Ionen
Kurve C (●): Probe und Alkohol





Name: _____

In einer anderen Untersuchung wird Butan-1,4-diol mit einer mit Schwefelsäure (H_2SO_4) angesäuerten Kaliumpermanganat-Lösung (KMnO_4) vermischt und vorsichtig erwärmt. Die violette Lösung wird entfärbt, wobei die Entfärbung auf der Bildung von Mn^{2+} -Ionen beruht. Das organische Hauptprodukt ist Butan-1,4-disäure. Aus einem Zwischenprodukt kann (als Nebenprodukt) ein Lacton mit folgender Strukturformel entstehen:



Unterlagen für die Lehrkraft**Abiturprüfung 2008**
*Chemie, Leistungskurs***1. Aufgabenart**

Bearbeitung einer Aufgabe, die auf fachspezifischen Vorgaben basiert

2. Aufgabenstellung**Aromastoffe und Lactone – Darstellung, Eigenschaften und Reaktionen**

1. Nennen Sie den systematischen (IUPAC) Namen der nach Äpfeln riechenden Verbindung. Geben Sie eine geeignete Versuchsanleitung zur Darstellung der Verbindung im Labor an und erläutern Sie, wie die Verbindung mit möglichst hoher Ausbeute erhalten werden kann. *(12 Punkte)*
2. Beschreiben Sie die Grafik zur Messung der Verteilung der Sauerstoff-Isotope auf die Reaktanden. Entwickeln Sie allgemein die Teilschritte der zugrunde liegenden Reaktion, nennen Sie dabei auch den Reaktionstyp. Begründen Sie Ihren Vorschlag mit Hilfe der angegebenen Messergebnisse. *(20 Punkte)*
3. Ordnen Sie die Reaktion von Butan-1,4-diol mit angesäuerter Kaliumpermanganat-Lösung zu Butan-1,4-disäure einem Reaktionstyp zu und begründen Sie Ihre Zuordnung. Entwickeln Sie schrittweise eine entsprechende Reaktionsgleichung (ohne Berücksichtigung von Nebenprodukten). *(20 Punkte)*
4. Erläutern Sie die Entstehung des Lactons aus einem Zwischenprodukt. Stellen Sie den Reaktionsablauf in einem Reaktionsschema mit Strukturformeln dar (kein Reaktionsmechanismus). Beurteilen Sie, ob bei einer analogen Reaktion mit Propan-1,3-diol als Edukt ein entsprechendes cyclisches Reaktionsprodukt entstehen könnte. *(14 Punkte)*

3. Materialgrundlage

- Peter, K.; Vollhardt, C.: Organische Chemie, 1. Auflage, VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim 1990, S. 768 ff.
- Baltes, W.: Lebensmittelchemie, 2. Auflage, Springer-Verlag, Berlin 1989, S. 251 – 253
- Sykes, P.: Reaktionsmechanismen der Organischen Chemie, 9. Auflage, VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim 1988, S. 103, 279

4. Bezüge zu den Vorgaben 2008

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
- Aufklärung eines Reaktionsmechanismus: nukleophile Substitution
- Stoffklassen: Alkane, Alkene, Halogenalkane, Ester
- Einfluss der Molekülstrukturen auf das Reaktionsverhalten

2. Medien/Materialien

- entfällt

5. Zugelassene Hilfsmittel

- Wissenschaftlicher Taschenrechner
- Periodensystem
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung

6. Vorgaben für die Bewertung der Schülerleistungen

Teilleistungen – Kriterien

a) inhaltliche Leistung

Teilaufgabe 1

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl (AFB) ¹
	Der Prüfling	
1	nennt den systematischen (IUPAC) Namen der Verbindung: Methylbutanoat (Butansäuremethylester).	2 (I)
2	gibt eine Versuchsanleitung zur Darstellung der Verbindung im Labor an, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Butansäure und Methanol werden zusammen mit (wenig konzentrierter) Schwefelsäure als Katalysator unter Rückflusskühlung erhitzt, das Reaktionsprodukt wird durch Destillation abgetrennt. 	6 (I)
3	erläutert, wie die Verbindung mit möglichst hoher Ausbeute erhalten werden kann, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Die Esterbildung stellt eine Gleichgewichtsreaktion dar: Durch Entfernen der bei der Reaktion entstehenden Produkte wird die Hinreaktion begünstigt. 	4 (II)
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

¹ AFB = Anforderungsbereich

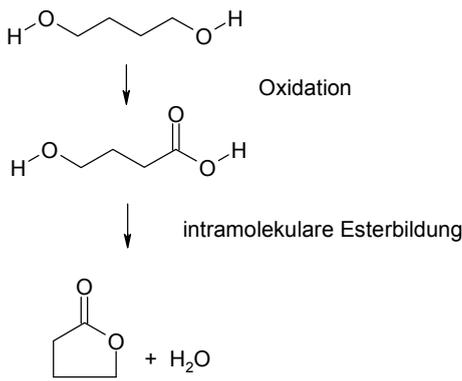
Teilaufgabe 2

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl (AFB)
	Der Prüfling	
1	beschreibt die Grafik zur Messung der Verteilung der Sauerstoff-Isotope auf die Reaktanden (Darstellung der Messergebnisse, Abhängigkeiten der Messergebnisse von der Zeit).	6 (I)
2a	entwickelt den theoretischen Reaktionsablauf, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Addition des Hydroxid-Ions, • Abspaltung des Methanolat-Ions, • Bildung des Carboxylat-Ions (Protonenübertragung). 	6 (II)
2b	nennt als Reaktionstyp: alkalische Esterspaltung (alternativ z. B. auch: Verseifung, nucleophile Substitution).	2 (I)
3	begründet den vorgeschlagenen Reaktionsablauf, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Die Markierung weist nach, dass die Hydroxid-Ionen nicht am Kohlenstoff-Atom der Methyl-Gruppe unter Abspaltung von Carboxylat-Ionen angreifen (dies würde zu markiertem Alkohol führen); der nucleophile Angriff der Hydroxid-Ionen erfolgt ausschließlich am Kohlenstoff-Atom der Estergruppe. • Nach Anlagerung der Hydroxid-Ionen kommt es zu einer Spaltung der O–C-Bindung und einer Protonenübertragung von der Säure zum Alkoholat, sodass nicht markierter Alkohol und markierte Carboxylat-Ionen entstehen. • Die Menge an markierten Hydroxid-Ionen nimmt entsprechend dem dargestellten Reaktionsablauf ab, zeitgleich nimmt die Menge an markierten Carboxylat-Ionen zu. 	6 (II)
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 3

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl (AFB)
	Der Prüfling	
1	ordnet die Reaktion den Redoxreaktionen zu.	2 (I)
2	begründet die Zuordnung, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Änderung der Oxidationszahl des Mangans im Permanganat-Ion zum Mn^{2+}-Ion ist eine Reduktion, die Reaktion des Diols zur Dicarbonsäure ist eine Oxidation. 	4 (II)
3a	entwickelt eine Teilgleichung für die Oxidation des Butan-1,4-diols, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • $5 \text{CH}_2\text{OH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2\text{OH} + 10 \text{H}_2\text{O}$ $\rightarrow 5 \text{CO}_2\text{H}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CO}_2\text{H} + 40 \text{e}^- + 40 \text{H}^+$. (Zur Vereinfachung sind die Oxonium-Ionen hier und in den folgenden Kriterien als H^+ notiert, die Teilgleichungen sind hier im Hinblick auf die Gesamtgleichung bereits erweitert.)	6 (II)
3b	entwickelt eine Teilgleichung für die Reduktion der Permanganat-Ionen, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • $8 \text{MnO}_4^- + 40 \text{e}^- + 64 \text{H}^+ \rightarrow 8 \text{Mn}^{2+} + 32 \text{H}_2\text{O}$. 	6 (II)
4	gibt die Gesamtreaktionsgleichung an, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • $5 \text{CH}_2\text{OH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2\text{OH} + 8 \text{MnO}_4^- + 24 \text{H}^+$ $\rightarrow 5 \text{CO}_2\text{H}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CO}_2\text{H} + 8 \text{Mn}^{2+} + 22 \text{H}_2\text{O}$. (Hinweis zu Korrektur: Entwickelt der Prüfling die Reaktionsgleichung ohne Angabe der Teilgleichungen, so ist die Gesamtpunktzahl aus 3a/b und 4 zu vergeben, wenn die Anzahl der jeweils übertragenen Elektronen für den Oxidations- und für den Reduktionsschritt notiert werden.)	2 (II)
5	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 4

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl (AFB)
	Der Prüfling	
1	<p>erläutert die Entstehung des Lactons aus einem Zwischenprodukt, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bei der Oxidation des Butan-1,4-diols entsteht als Zwischenprodukt 4-Hydroxybutansäure. • Durch intramolekulare Ester-Bildung kann sich ein zyklischer Ester (Lacton) bilden. 	4 (III)
2	<p>stellt den Reaktionsablauf in einem Reaktionsschema dar, z. B.:</p>  <p>The diagram shows the following steps:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1,4-butanediol: <chem>OCCCOO</chem> Oxidation step: <chem>OCC(=O)O</chem> (4-hydroxybutanoic acid) Intramolecular esterification: <chem>O=C1OCCC1</chem> (gamma-butyrolactone) + <chem>H2O</chem> 	4 (III)
3	<p>beurteilt die Reaktion mit Propan-1,3-diol, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Eine entsprechende Reaktion mit Propan-1,3-diol wäre grundsätzlich möglich, da auch hier eine der Hydroxyl-Gruppen zur Carboxyl-Gruppe oxidiert werden könnte. • Ein aus nur 4 Atomen gebildeter Lacton-Ring dürfte jedoch unter stärkerer Ringspannung als das aus Butan-1,4-diol gebildete Lacton stehen, sodass eine Ringbildung hier unwahrscheinlich ist. (Alternativ: Die Bildung des Lactons aus Propan-1,3-diol findet wahrscheinlich nicht statt, da ein instabiler Vierring gebildet werden müsste.) 	6 (III)
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (4)	

b) Darstellungsleistung

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

7. Bewertungsbogen zur Prüfungsarbeit

Name des Prüflings: _____ Kursbezeichnung: _____

Schule: _____

Teilaufgabe 1

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl (AFB)	EK ²	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	nennt den systematischen ...	2 (I)			
2	gibt eine Versuchsanleitung ...	6 (I)			
3	erläutert, wie die ...	4 (II)			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe 1. Teilaufgabe	12			

Teilaufgabe 2

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl (AFB)	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	beschreibt die Grafik ...	6 (I)			
2a	entwickelt den theoretischen ...	6 (II)			
2b	nennt als Reaktionstyp ...	2 (I)			
3	begründet den vorgeschlagenen ...	6 (II)			
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 (AFB)	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	ordnet die Reaktion ...	2 (I)			
2	begründet die Zuordnung ...	4 (II)			
3a	entwickelt eine Teilgleichung ...	6 (II)			
3b	entwickelt eine Teilgleichung ...	6 (II)			
4	gibt die Gesamtreaktionsgleichung ...	2 (II)			
5	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe 3. Teilaufgabe	20			

Teilaufgabe 4

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl (AFB)	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	erläutert die Entstehung ...	4 (III)			
2	stellt den Reaktionsablauf ...	4 (III)			
3	beurteilt die Reaktion ...	6 (III)			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (4)				
	Summe 4. Teilaufgabe	14			
	Summe der 1., 2., 3. und 4. Teilaufgabe	66			

Darstellungsleistung

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

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

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

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

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

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

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

Unterschrift, Datum

Grundsätze für die Bewertung (Notenfindung)

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

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



Name: _____

Abiturprüfung 2008

Chemie, Leistungskurs

Aufgabenstellung:

Blaue Lebensmittelfarbstoffe – Indigocarmin und Patentblau V

1. Ordnen Sie die Farbstoffe Indigocarmin und Patentblau V anhand der Strukturmerkmale den entsprechenden Farbstoffklassen zu. Erläutern Sie am Beispiel Patentblau V den Zusammenhang zwischen Farbigkeit und Molekülstruktur. Zeichnen Sie dazu zwei relevante mesomere Grenzstrukturen. (16 Punkte)
2. Erläutern Sie die Farbänderungen bei den Versuchen zur Unterscheidung der Farbstoffe Indigocarmin und Patentblau V. Stellen Sie für die dabei ablaufenden Reaktionen die entsprechenden Reaktionsgleichungen auf. (14 Punkte)
3. Erläutern Sie, welche zwischenmolekularen Wechselwirkungen zwischen Indigocarmin und den in den Zusatzinformationen dargestellten Woll- bzw. Baumwollfasern ausgebildet werden können. Beurteilen Sie die Eignung von Indigocarmin als Baumwollfarbstoff. Beurteilen Sie die Eignung von Patentblau V als Farbstoff für Wolle. (20 Punkte)
4. Erläutern Sie die Synthese von Indigocarmin aus Indigo. Entwickeln Sie für die Sulfonierung den Reaktionsmechanismus an einem geeigneten Molekülausschnitt. Begründen Sie, warum die Sulfonierung von Indigo an den angegebenen Positionen eintritt. (16 Punkte)

Zugelassene Hilfsmittel:

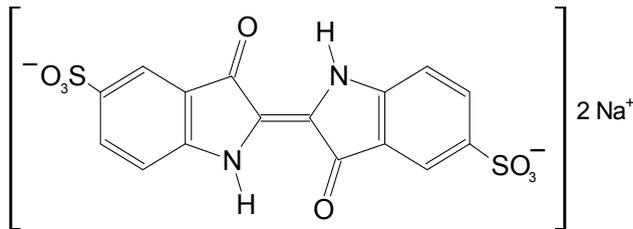
- Wissenschaftlicher Taschenrechner
- Periodensystem
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung



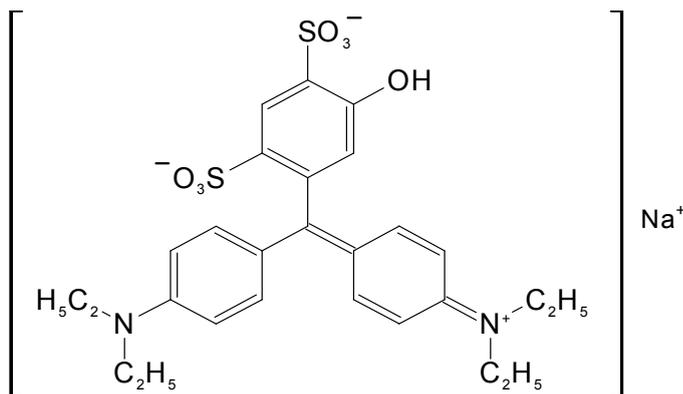
Name: _____

Fachspezifische Vorgaben:

Zum Anfärben von Süßwaren, Likören oder Ostereiern werden häufig die synthetischen blauen Lebensmittelfarbstoffe Indigocarmin (E 132) oder Patentblau V (E 131) verwendet.



Indigocarmin



Patentblau V

Zur Synthese von Indigocarmin wird Indigo mit konzentrierter Schwefelsäure ein bis zwei Stunden erhitzt. Dabei entstehen aus Schwefelsäure zunächst Schwefeltrioxid-Moleküle (SO_3), die bei der als Sulfonierung bezeichneten Reaktion als reaktive Teilchen wirken. Anschließend gibt man Wasser und verdünnte Natronlauge hinzu. Der Farbstoff wird isoliert und kann dann beispielsweise in Ostereierfarben eingesetzt werden.

Zur Untersuchung, ob eine blaue Ostereierfarbe Indigocarmin oder Patentblau V enthält, wird in dem Buch von G. Schwedt *Experimente mit Supermarktprodukten* folgender Versuch vorgeschlagen:

Man löst blaue Eierfarbe in Wasser und gibt einen Spatellöffel Universalentfärbler mit dem Reduktionsmittel Natriumdithionit ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$) hinzu. Enthält die Eierfarbe Indigocarmin, so färbt sich die blaue Lösung gelb, enthält sie Patentblau V, so tritt keine Farbänderung ein. (Hinweis: Dithionit-Ionen werden zu Sulfit-Ionen (SO_3^{2-}) oxidiert.)



Name: _____

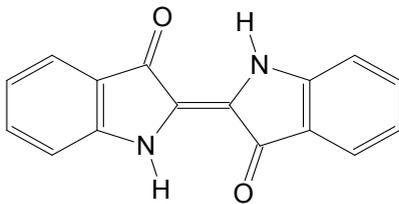
Auch der folgende Versuch ist zur Untersuchung einer Eierfarbe auf Indigocarmin und Patentblau V geeignet:

Man gibt zu einer Lösung der blauen Eierfarbe etwas Salzsäure. Schlägt die Farbe der Lösung von Blau nach Gelb um, ist Patentblau V enthalten. Tritt keine Farbänderung ein, ist Indigocarmin enthalten.

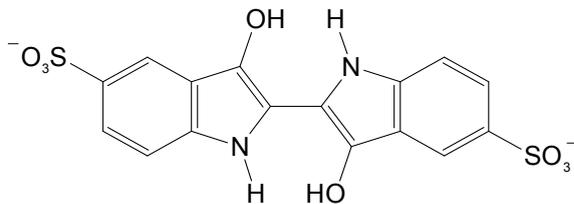
Indigocarmin wird nicht nur als Lebensmittelfarbstoff verwendet, sondern auch zum Färben von Wolle. In einem Färbebad mit der wässrigen Indigocarmin-Lösung wird die Wollfaser direkt eingefärbt. Dabei bilden sich zwischen Farbstoff und Wollfaser zwischenmolekulare Bindungen aus, wodurch der Farbstoff so fest an der Faser fixiert wird, dass er beim Waschen nicht abgelöst wird, also waschecht ist.

Zusatzinformationen:

1. Formeln



Indigo



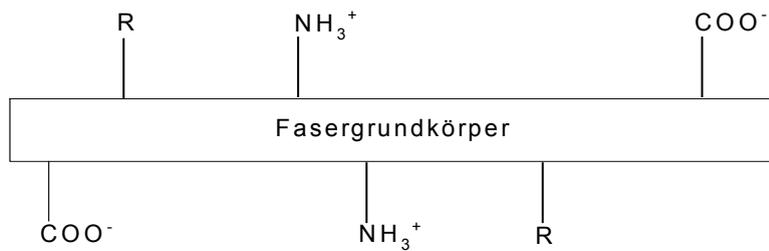
Die Lösung von Leukoindigocarmin in Wasser ist gelb gefärbt.
(Die Verbindung ist als Dianion dargestellt.)



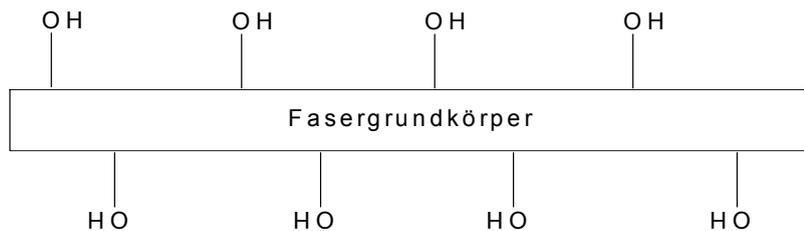
Name: _____

2. Stark vereinfachte schematische Darstellung eines Strukturausschnittes

a) von Wollfasern



b) von Baumwollfasern



3. Zusammenhang von absorbiertem Wellenlänge, zugehöriger Spektralfarbe und beobachtbarer Komplementärfarbe

Absorbiertes Licht 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 – 700	rot	blaugrün

Unterlagen für die Lehrkraft**Abiturprüfung 2008****Chemie, Leistungskurs****1. Aufgabenart**

Bearbeitung einer Aufgabe, die auf fachspezifischen Vorgaben basiert

2. Aufgabenstellung**Blaue Lebensmittelfarbstoffe – Indigocarmin und Patentblau V**

1. Ordnen Sie die Farbstoffe Indigocarmin und Patentblau V anhand der Strukturmerkmale den entsprechenden Farbstoffklassen zu. Erläutern Sie am Beispiel Patentblau V den Zusammenhang zwischen Farbigkeit und Molekülstruktur. Zeichnen Sie dazu zwei relevante mesomere Grenzstrukturen. *(16 Punkte)*
2. Erläutern Sie die Farbänderungen bei den Versuchen zur Unterscheidung der Farbstoffe Indigocarmin und Patentblau V. Stellen Sie für die dabei ablaufenden Reaktionen die entsprechenden Reaktionsgleichungen auf. *(14 Punkte)*
3. Erläutern Sie, welche zwischenmolekularen Wechselwirkungen zwischen Indigocarmin und den in den Zusatzinformationen dargestellten Woll- bzw. Baumwollfasern ausgebildet werden können. Beurteilen Sie die Eignung von Indigocarmin als Baumwollfarbstoff. Beurteilen Sie die Eignung von Patentblau V als Farbstoff für Wolle. *(20 Punkte)*
4. Erläutern Sie die Synthese von Indigocarmin aus Indigo. Entwickeln Sie für die Sulfonierung den Reaktionsmechanismus an einem geeigneten Molekülausschnitt. Begründen Sie, warum die Sulfonierung von Indigo an den angegebenen Positionen eintritt. *(16 Punkte)*

3. Materialgrundlage

- Schwedt, G.: Experimente mit Supermarktprodukten, Wiley-VCH, Weinheim 2002, S. 111
- Römpps Chemie-Lexikon, 8. Auflage, Franckh'sche Verlagshandlung, Stuttgart 1985, Stichworte Patentblau, Indigocarmin

4. Bezüge zu den Vorgaben 2008

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

5. Zugelassene Hilfsmittel

- Wissenschaftlicher Taschenrechner
- Periodensystem
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung

6. Vorgaben für die Bewertung der Schülerleistungen

Teilleistungen – Kriterien

a) inhaltliche Leistung

Teilaufgabe 1

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl (AFB) ¹
	Der Prüfling	
1a	ordnet Indigocarmin auf Grund der dem Indigo ähnlichen Struktur den Indigofarbstoffen (oder Carbonylfarbstoffen) zu.	2 (I)
1b	ordnet Patentblau V auf Grund der drei an ein zentrales Kohlenstoff-Atom gebundenen Phenylringe der Klasse der Triphenylmethanfarbstoffe zu.	2 (I)
2a	gibt den Zusammenhang zwischen Farbigkeit und Lichtabsorption an, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Das Absorptionsmaximum des blauen Farbstoffs liegt im gelben Spektralbereich (alternativ: bei Wellenlängen von etwa 580 nm bis 595 nm). 	2 (I)
2b	erläutert die Farbigkeit mit der Struktur des Patentblau V, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Im Patentblau V liegt ein ausgedehntes System delocalisierter Elektronen über drei Phenylringe vor. • Die delocalisierten Elektronen können von sichtbarem Licht angeregt werden. • Die funktionellen Gruppen mit +M-Effekt bzw. –M-Effekt erweitern das System der delocalisierten Elektronen. 	6 (I)
3	zeichnet zwei relevante mesomere Grenzstrukturen.	4 (II)
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

¹ AFB = Anforderungsbereich

Teilaufgabe 2

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl (AFB)
	Der Prüfling	
1a	erläutert die Farbänderung von Indigocarmin bei Zugabe von Dithionit, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Dithionit-Ionen wirken als Reduktionsmittel. • Indigocarmin wird an den Carbonyl-Kohlenstoff-Atomen zu gelbem Leukoindigocarmin reduziert. 	4 (II)
1b	erläutert die Farbänderung von Patentblau V bei Zugabe von Salzsäure, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Die basische Diethylamino-Gruppe des Patentblau V wird protoniert. • Die Protonierung führt zu einer Veränderung des π-Elektronensystems. 	4 (II)
2a	stellt die Reaktionsgleichung mit Teilgleichungen für die Reduktion von Indigocarmin und Oxidation von Dithionit-Ionen auf. (Hinweis: Der Prüfling kann eine Gesamtreaktionsgleichung mit Oxidationszahlen aufstellen.)	4 (II)
2b	stellt die Reaktionsgleichung für die Protolyse von Patentblau V auf.	2 (II)
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 3

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl (AFB)
	Der Prüfling	
1a	erläutert die Ausbildung der intermolekularen Wechselwirkungen zwischen Indigocarmin und den in den Zusatzinformationen dargestellten Wollfasern, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Die stärksten Wechselwirkungen sind ionische Bindungen zwischen den negativ geladenen Sulfonat-Gruppen des Indigocarmins und den positiv geladenen Ammonium-Gruppen der Moleküle der Wollfaser. • Zusätzlich treten schwächere Wechselwirkungen (Wasserstoffbrücken, Dipol-Dipol-Wechselwirkungen, Van-der-Waals-Kräfte) auf. 	6 (I)
1b	erläutert die Bildung von Wasserstoffbrückenbindungen (hier die stärksten Wechselwirkungen) zwischen Indigocarmin und den in den Zusatzinformationen dargestellten Baumwollfasern.	4 (II)
2	beurteilt die Eignung von Indigocarmin als Baumwollfarbstoff, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Wasserstoffbrückenbindungen sind relativ schwach und können beim Waschen gelöst werden, damit ist die Baumwollfärbung nicht so waschecht wie die Wollfärbung. 	4 (III)
3	beurteilt die Eignung von Patentblau V als Wollfarbstoff, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Patentblau V enthält negativ geladene Sulfonat-Gruppen und positiv geladene Amino-Gruppen. • Ionische Bindungen zwischen den geladenen Gruppen des Farbstoffs (Patentblau V) und der Wollfaser sind möglich, daher könnte Patentblau V ein geeigneter Wollfarbstoff sein. • Nachteilig ist die Farbänderung im sauren Milieu. 	6 (III)
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (4)	

Teilaufgabe 4

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl (AFB) ²
	Der Prüfling	
1	erläutert die Synthese von Indigocarmin, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Bildung von Schwefeltrioxid (SO₃) aus Schwefelsäure durch Wasserabspaltung, • elektrophile Substitution an den aromatischen Ringen durch SO₃-Moleküle als elektrophile Teilchen, • Neutralisation der entstehenden Indigo-5,5'-disulfonsäure (<i>Name wird nicht erwartet</i>) durch Natronlauge. 	6 (II)
2	entwickelt den Reaktionsmechanismus für die Sulfonierung von Indigo, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • elektrophiler Angriff des SO₃-Moleküls mit positiver Partialladung am Schwefel-Atom, • Bildung von π-Komplex und σ-Komplex, • Rearomatisierung. 	6 (II)
3	begründet, warum die Phenylringe des Indigo-Moleküls in p-Stellung zum Stickstoff-Atom des angegliederten 5-Rings sulfoniert werden, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Die HN-Gruppe wirkt auf Grund des +M-Effekts aktivierend und o-/p-dirigierend auf den Phenylring, • Substitution in p-Stellung zum Stickstoff-Atom aus sterischen Gründen. 	4 (III)
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

² AFB = Anforderungsbereich

7. Bewertungsbogen zur Prüfungsarbeit

Name des Prüflings: _____ Kursbezeichnung: _____

Schule: _____

Teilaufgabe 1

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl (AFB)	EK ³	ZK	DK
	Der Prüfling				
1a	ordnet Indigocarmin auf ...	2 (I)			
1b	ordnet Patentblau V auf ...	2 (I)			
2a	gibt den Zusammenhang ...	2 (I)			
2b	erläutert die Farbigekeit ...	6 (I)			
3	zeichnet zwei relevante ...	4 (II)			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe 1. Teilaufgabe	16			

Teilaufgabe 2

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl (AFB)	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1a	erläutert die Farbänderung ...	4 (II)			
1b	erläutert die Farbänderung ...	4 (II)			
2a	stellt die Reaktionsgleichung ...	4 (II)			
2b	stellt die Reaktionsgleichung ...	2 (II)			
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe 2. Teilaufgabe	14			

³ EK = Erstkorrektur; ZK = Zweitkorrektur; DK = Drittkorrektur

Teilaufgabe 3

Anforderungen		Lösungsqualität			
Der Prüfling		maximal erreichbare Punktzahl (AFB)	EK	ZK	DK
1a	erläutert die Ausbildung ...	6 (I)			
1b	erläutert die Bildung ...	4 (II)			
2	beurteilt die Eignung ...	4 (III)			
3	beurteilt die Eignung ...	6 (III)			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (4)				
Summe 3. Teilaufgabe		20			

Teilaufgabe 4

Anforderungen		Lösungsqualität			
Der Prüfling		maximal erreichbare Punktzahl (AFB)	EK	ZK	DK
1	erläutert die Synthese ...	6 (II)			
2	entwickelt den Reaktionsmechanismus ...	6 (II)			
3	begründet, warum die ...	4 (III)			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
Summe 4. Teilaufgabe		16			
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				
Note ggf. unter Absenkung um ein bis zwei Notenpunkte gemäß § 13 Abs. 2 APO-GOST				
Paraphe				

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

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

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

Unterschrift, Datum

Grundsätze für die Bewertung (Notenfindung)

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

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



Name: _____

Abiturprüfung 2008

Chemie, Leistungskurs

Aufgabenstellung:

Verpackungen – Hochtechnologie zum Wegwerfen

1. Geben Sie jeweils ein Reaktionsschema zur Bildung des Polyethylen und des Polyamid 6 an (Strukturformeln). Nennen Sie den jeweiligen Reaktionstyp für die Herstellung der beiden Produkte sowie die Strukturmerkmale, die die Monomere für die jeweilige Reaktion aufweisen müssen. *(16 Punkte)*
2. Erläutern Sie die Eigenschaften von Polyethylen und Polyamid 6 hinsichtlich der thermischen Verformbarkeit und der Durchlässigkeit für Wasserdampf, Fett und Luft/Sauerstoff. Erklären Sie, warum beide Verpackungsmaterialien für Käse nicht geeignet sind, das Verbundmaterial aber erfolgreich eingesetzt werden kann. *(18 Punkte)*
3. Werten Sie die Versuchsbeobachtungen, die man bei den Reaktionen des Verbundmaterials mit Salzsäure und mit dem Lebensmittelfarbstoff macht, aus. Geben Sie einen repräsentativen Makromolekülausschnitt des Copolyesters (Strukturformel) an. Stellen Sie eine Hypothese auf, welche Versuchsbeobachtungen Sie bei der Reaktion des Copolyesters mit Salzsäure erwarten. *(16 Punkte)*
4. Werten Sie das Diagramm hinsichtlich der biologischen Abbaubarkeit des Copolyesters aus. Vergleichen Sie das Verbundmaterial und den Copolyester mit Blick auf weitere Umweltaspekte (Ressourcenschonung, Entstehung von Kohlenstoffdioxid bei der Entsorgung, Möglichkeit des Recyclings). Beurteilen Sie den Vorteil der biologischen Abbaubarkeit des Copolyesters. *(16 Punkte)*

Zugelassene Hilfsmittel:

- Wissenschaftlicher Taschenrechner
- Periodensystem
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung



Name: _____

Fachspezifische Vorgaben:

„Das Auge isst mit“ – daher stellt insbesondere die Lebensmittelindustrie sehr hohe Anforderungen an die verwendeten Verpackungsmaterialien. Verpackungen müssen für den Transport eines Produktes geeignet sein, seine Lagerung sichern und oft sogar den Blick auf das Produkt ermöglichen. Verwendete Lebensmittelfarbstoffe dürfen die Verpackung optisch nicht beeinträchtigen. Zur Verbesserung der Haltbarkeit soll durch die Verpackung das Ein- bzw. Austreten von Feuchtigkeit, Fett und Luft (!) verhindert werden. Bei Verpackungen von Käse haben sich Folien bewährt, die aus einer Schicht Polyethylen (PE) und einer Schicht Polyamid 6 (PA6) bestehen. Beide Schichten werden zu einer Verbundfolie miteinander verklebt.

Folgende Untersuchungen verdeutlichen die Eigenschaften einer Verbundfolie:

- Versuch 1: Gibt man ein Stückchen Verbundfolie in Salzsäure und anschließend in destilliertes Wasser, so kommt es zu einer Ausflockung der Außenschicht, die auch abgeschabt werden kann. Die verbleibende Innenschicht zeigt eine deutlich größere Dehnbarkeit als die Verbundfolie.
- Versuch 2: Legt man ein Stückchen Verbundfolie in die essigsaure Lösung von Cochenille-rot A (Lebensmittelfarbstoff), so wird die Außenseite der Folie eingefärbt, das Material auf der Innenseite weist keine Farbveränderung auf.

Ein relativ neuer Kunststoff zeigt ähnliche Eigenschaften wie das Verbundmaterial und soll sogar biologisch abbaubar sein. Es handelt sich um einen Copolyester, der aus Hexandisäure, Terephthalsäure und Butan-1,4-diol hergestellt wird.

Kunststoffe gelten nach einer europäischen Norm als vollständig biologisch abbaubar, wenn mindestens 90 % des organischen Kohlenstoffs des Materials in einem Prüfzeitraum von maximal 180 Tagen umgesetzt worden sind. Beim biologischen Abbau werden die Makromolekülketten gespalten und die Bruchstücke von Mikroorganismen als Nahrung verwertet. Dabei werden die Kunststoffe letztendlich zu Kohlenstoffdioxid und Wasser abgebaut. Die Verbundfolien können nicht biologisch abgebaut, nur deponiert oder verbrannt, aber insbesondere wiederverwertet (Recycling) werden.

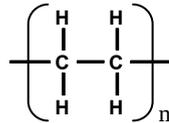


Name: _____

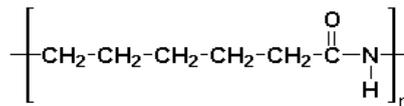
Zusatzinformationen:

Strukturausschnitte und Strukturformeln:

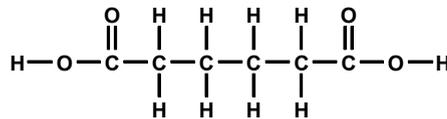
Polyethylen (PE):



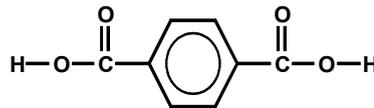
Polyamid 6 (PA6):



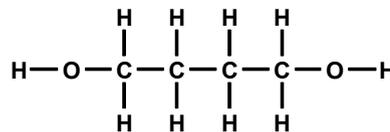
Hexandisäure:



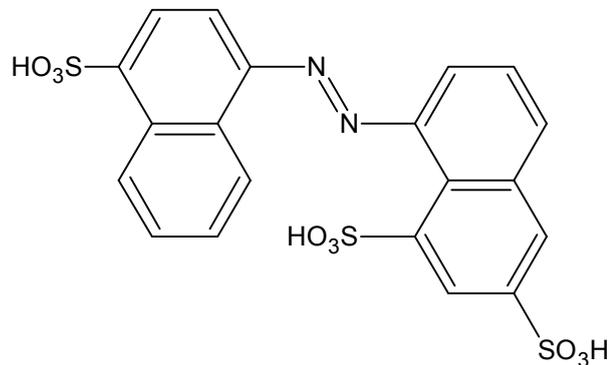
Terephthalsäure:



Butan-1,4-diol:



Lebensmittelfarbstoff Cochenille A
(protonierte Form):



Vereinfachte Schreibweise (mit nur
einer Sulfonsäuregruppe):

HO₃S — Coch



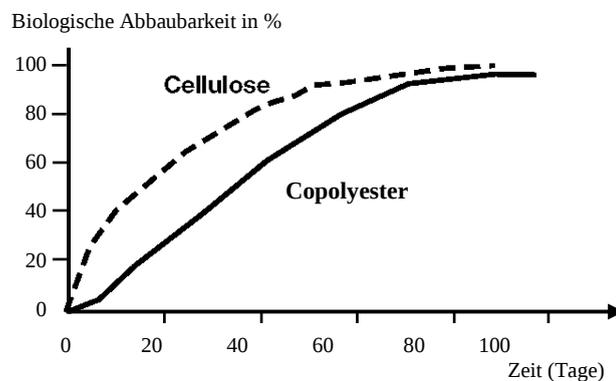
Name: _____

Tabelle: Ausgewählte Eigenschaften von Polyamid 6, Polyethylen und des Copolyesters

Eigenschaften	Polyamid 6	Polyethylen	Copolyester
Wasserdampfdichtheit	–	++	+
Sauerstoffdichtheit	++	–	+
Reißfestigkeit	++	+	++
Aromadichtheit	++	–	+
Fett- und Öldichtheit	++	–	+
Optische Klarheit	–	+	+
Thermische Verformbarkeit/Schweißbarkeit	+	++	++
Dehnungsfähigkeit	–	+	+
Biologische Abbaubarkeit	–	–	

Legende: ++ sehr gut, + gut, – schlecht

Diagramm: Biologische Abbaubarkeit des Copolyesters im Vergleich zu Cellulose



verändert nach: http://www2.basf.de/basf2/html/plastics/images/pdfs/dt/polymere/Ecoflex_Bio_d.pdf
(12.04.2007)

Unterlagen für die Lehrkraft**Abiturprüfung 2008****Chemie, Leistungskurs****1. Aufgabenart**

Bearbeitung einer Aufgabe, die auf fachspezifischen Vorgaben basiert

2. Aufgabenstellung**Verpackungen – Hochtechnologie zum Wegwerfen**

1. Geben Sie jeweils ein Reaktionsschema zur Bildung des Polyethylen und des Polyamid 6 an (Strukturformeln). Nennen Sie den jeweiligen Reaktionstyp für die Herstellung der beiden Produkte sowie die Strukturmerkmale, die die Monomere für die jeweilige Reaktion aufweisen müssen. *(16 Punkte)*
2. Erläutern Sie die Eigenschaften von Polyethylen und Polyamid 6 hinsichtlich der thermischen Verformbarkeit und der Durchlässigkeit für Wasserdampf, Fett und Luft/Sauerstoff. Erklären Sie, warum beide Verpackungsmaterialien für Käse nicht geeignet sind, das Verbundmaterial aber erfolgreich eingesetzt werden kann. *(18 Punkte)*
3. Werten Sie die Versuchsbeobachtungen, die man bei den Reaktionen des Verbundmaterials mit Salzsäure und mit dem Lebensmittelfarbstoff macht, aus. Geben Sie einen repräsentativen Makromolekülausschnitt des Copolyesters (Strukturformel) an. Stellen Sie eine Hypothese auf, welche Versuchsbeobachtungen Sie bei der Reaktion des Copolyesters mit Salzsäure erwarten. *(16 Punkte)*
4. Werten Sie das Diagramm hinsichtlich der biologischen Abbaubarkeit des Copolyesters aus. Vergleichen Sie das Verbundmaterial und den Copolyester mit Blick auf weitere Umweltaspekte (Ressourcenschonung, Entstehung von Kohlenstoffdioxid bei der Entsorgung, Möglichkeit des Recyclings). Beurteilen Sie den Vorteil der biologischen Abbaubarkeit des Copolyesters. *(16 Punkte)*

3. Materialgrundlage

- Landsgesell, B.; Bader, H. J.: Käseverpackungen – gar nicht so langweilig, MNU 58 (2005) H. 8, S. 482 – 486
- http://www.corporate.basf.com/basfcorp/img/stories/wipo/eco/Ecoflex_dt.doc (10.12.2006)
- http://www2.basf.de/basf2/html/plastics/images/pdfs/dt/polymere/Ecoflex_Bio_d.pdf (12.04.2007)

4. Bezüge zu den Vorgaben 2008

1. *Inhaltliche Schwerpunkte*
 Theoriekonzept: Makromoleküle
 Themenfeld: Natürliche und synthetische Werkstoffe (Polyester, Polyamide, Proteine; Polymerisate – ohne Taktizität)
2. *Medien/Materialien*
- entfällt

5. Zugelassene Hilfsmittel

- Wissenschaftlicher Taschenrechner
- Periodensystem
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung

6. Vorgaben für die Bewertung der Schülerleistungen

Teilleistungen – Kriterien

a) inhaltliche Leistung

Teilaufgabe 1

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl (AFB)
	Der Prüfling	
1a	gibt ein Reaktionsschema für die Bildung von Polyethylen aus Ethen an.	2 (I)
1b	gibt ein Reaktionsschema für die Bildung von Polyamid 6, z. B. aus 6-Aminohexansäure (ϵ -Aminocapronsäure), unter Abspaltung von Wasser an.	4 (II)
2	nennt den jeweiligen Reaktionstyp für die Herstellung der beiden Produkte: <ul style="list-style-type: none"> • Herstellung von Polyethylen: Polymerisation (Addition), • Herstellung von Polyamid 6: Polykondensation (Kondensation). 	4 (I)
3a	nennt als Strukturmerkmal der Monomere für die Polymerisation: Doppelbindung.	2 (I)
3b	nennt Strukturmerkmale der Monomere für eine Polykondensation: zwei (verschiedene) funktionelle Gruppen, die miteinander reagieren können, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Polyamid 6: Carboxyl- (oder z. B. auch Säurechloridgruppe) und Aminogruppe reagieren zu einer Amidgruppe. 	4 (II)
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 2

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl (AFB) ¹
	Der Prüfling	
1a	<p>erläutert die Eigenschaften von Polyethylen (PE) und Polyamid 6 (PA6) hinsichtlich der thermischen Verformbarkeit, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • PE und PA bestehen aus linear aufgebauten Makromolekülen und gehören damit zur Gruppe der Thermoplaste. • Die Wechselwirkungen zwischen den Makromolekülketten können durch Energiezufuhr überwunden werden: Der Kunststoff erweicht und kann verformt werden. • Zwischen den Molekülen des PE wirken (relativ) schwache Van-der-Waals-Kräfte, zwischen den Molekülen des PA6 (relativ) starke Wasserstoffbrückenbindungen; beim PE ist daher weniger Energie zur Verformung notwendig. 	6 (I)
1b	<p>erläutert die Eigenschaften von Polyethylen (PE) und Polyamid 6 (PA6) hinsichtlich der Durchlässigkeit für Wasserdampf und Fett, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • PE weist keine polaren Anteile auf: Polare Wassermoleküle können die Folie daher nicht passieren, unpolare Fettmoleküle und Luft/Sauerstoff können die Folie in geringem Umfang passieren. • PA6 weist polare Amidgruppen auf: Polare Wassermoleküle können daher die Folie gut passieren, unpolare Fettmoleküle und Luft/Sauerstoff können die Folie kaum passieren. 	4 (I)
2a	<p>erklärt die fehlende Eignung bei der alleinigen Verwendung der einzelnen Verpackungsmaterialien, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bei ausschließlicher Verwendung von PE würde das Fett von innen nach außen dringen (Durchfetten), die Verpackung würde sich fettig anfühlen und das Fett könnte an der Luft verderben. • Durch den möglichen Lufteintritt könnte der Käse verderben; die Haltbarkeit wäre nicht gewährleistet. • Bei ausschließlicher Verwendung von PA6 würde die Feuchtigkeit von innen nach außen dringen, der Käse würde austrocknen. 	6 (II)
2b	<p>erklärt den erfolgreichen Einsatz des Verbundmaterials, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bei Verwendung des Verbundmaterials existiert jeweils eine Barriere für polare und unpolare Stoffe; Fett und Wasserdampf können nicht heraustreten, Luft/Sauerstoff nicht hinein. 	2 (II)
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

¹ AFB = Anforderungsbereich

Teilaufgabe 3

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl (AFB)
	Der Prüfling	
1a	wertet die Versuchsbeobachtungen, die man bei der Reaktion des Verbundmaterials (Außenschicht) mit Salzsäure macht, aus, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Das Ausflocken beruht auf einer hydrolytischen Spaltung des PA6 durch die Salzsäure: Es entstehen kleinere Makromolekülketten. • Die entstandenen Hydrolyseprodukte können von der verbleibenden Schicht abgeschabt werden: Bei der Außenschicht handelt es sich um Polyamid 6. 	4 (III)
1b	wertet die Versuchsbeobachtungen für die Reaktion des Verbundmaterials (Innenschicht) mit Salzsäure aus, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Die größere Dehnbarkeit der verbleibenden Innenschicht erklärt sich durch die Eigenschaften des verbleibenden Materials Polyethylen, welches durch Salzsäure nicht gelöst oder angegriffen wird. 	2 (II)
2a	wertet die Versuchsbeobachtungen für die Reaktion des Verbundmaterials (Außenschicht) mit dem Lebensmittelfarbstoff aus, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Durch die Sulfonsäuregruppen des Farbstoffes werden die Amidgruppen des PA protoniert, sodass es zur Ausbildung einer Ionenbindung zwischen den protonierten Amidgruppen und den Anionen des Farbstoffes kommt: Die Außenschicht wird eingefärbt. 	4 (III)
2b	wertet die Versuchsbeobachtungen für die Reaktion des Verbundmaterials (Innenschicht) mit dem Lebensmittelfarbstoff aus, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Bei Polyethylen ist die Ausbildung von Ionenbindungen durch Protonierung nicht möglich: Eine Einfärbung der Innenschicht findet nicht statt. 	2 (II)
3	gibt einen repräsentativen Makromolekülausschnitt des Copolyesters an. (Hinweis: Alle drei Edukte müssen im Strukturausschnitt erkennbar sein.)	2 (II)
4	stellt eine Hypothese über die zu erwartenden Versuchsbeobachtungen bei der Reaktion des Copolyesters mit Salzsäure auf, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • hydrolytische Spaltung der Estergruppen und damit Zersetzung des Kunststoffes, oder: • geringe Löslichkeit aufgrund der zahlreichen unpolaren Anteile. 	2 (III)
5	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 4

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl (AFB) ²
	Der Prüfling	
1	wertet das Diagramm hinsichtlich der biologischen Abbaubarkeit des Copolyesters aus, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Der Copolyester wird in einem Zeitraum von ca. 80 Tagen zu ca. 90 % biologisch abgebaut; dies entspricht etwa dem Zeitraum, der für Cellulose angegeben ist. • Der Copolyester erfüllt somit die angegebenen Vorgaben und gilt als biologisch abbaubarer Kunststoff. 	4 (II)
2a	vergleicht das Verbundmaterial und den Copolyester unter dem Aspekt <i>Ressourcenschonung</i> , z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Es werden zur Herstellung Rohstoffe aus der Petrochemie verwendet, somit findet keine Schonung von Ressourcen (Erdöl) statt. 	2 (II)
2b	vergleicht das Verbundmaterial und den Copolyester unter dem Aspekt <i>Entstehung von Kohlenstoffdioxid bei der Entsorgung</i> , z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Bei der Verbrennung der Verbundfolie entsteht Kohlenstoffdioxid, was z. B. durch Recycling verhindert werden kann. • Beim biologischen Abbau des Copolyesters entsteht (ebenfalls) Kohlenstoffdioxid, was z. B. durch Recycling verhindert werden kann. (Hinweis: Der Prüfling kann an dieser Stelle auch auf die energetische Nutzung eingehen.)	4 (II)
2c	vergleicht das Verbundmaterial und den Copolyester unter dem Aspekt <i>Möglichkeiten des Recyclings</i> , z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Bei der Verbundfolie müssen die einzelnen Kunststoffe voneinander getrennt werden (sortenrein), um sie (z. B. durch Einschmelzen) weiterverarbeiten zu können, der Copolyester (liegt sortenrein vor und) lässt sich prinzipiell direkt einschmelzen. 	2 (II)
3	beurteilt den Vorteil der biologischen Abbaubarkeit des Copolyesters, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Die biologische Abbaubarkeit des Polyesters eröffnet eine zusätzliche Möglichkeit der Entsorgung, schont aber nicht die Ressourcen und verhindert auch nicht die Entstehung von Kohlenstoffdioxid. 	4 (III)
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (4)	

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

² AFB = Anforderungsbereich

7. Bewertungsbogen zur Prüfungsarbeit

Name des Prüflings: _____ Kursbezeichnung: _____

Schule: _____

Teilaufgabe 1

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl (AFB)	EK ³	ZK	DK
	Der Prüfling				
1a	gibt ein Reaktionsschema ...	2 (I)			
1b	gibt ein Reaktionsschema ...	4 (II)			
2	nennt den jeweiligen ...	4 (I)			
3a	nennt als Strukturmerkmal ...	2 (I)			
3b	nennt Strukturmerkmale der ...	4 (II)			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe 1. Teilaufgabe	16			

Teilaufgabe 2

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl (AFB)	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1a	erläutert die Eigenschaften ...	6 (I)			
1b	erläutert die Eigenschaften ...	4 (I)			
2a	erklärt die fehlende ...	6 (II)			
2b	erklärt den erfolgreichen ...	2 (II)			
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe 2. Teilaufgabe	18			

³ EK = Erstkorrektur; ZK = Zweitkorrektur; DK = Drittkorrektur

Teilaufgabe 3

Anforderungen		Lösungsqualität			
Der Prüfling		maximal erreichbare Punktzahl (AFB)	EK	ZK	DK
1a	wertet die Versuchsbeobachtungen ...	4 (III)			
1b	wertet die Versuchsbeobachtungen ...	2 (II)			
2a	wertet die Versuchsbeobachtungen ...	4 (III)			
2b	wertet die Versuchsbeobachtungen ...	2 (II)			
3	gibt einen repräsentativen ...	2 (II)			
4	stellt eine Hypothese ...	2 (III)			
5	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
Summe 3. Teilaufgabe		16			

Teilaufgabe 4

Anforderungen		Lösungsqualität			
Der Prüfling		maximal erreichbare Punktzahl (AFB)	EK	ZK	DK
1	wertet das Diagramm ...	4 (II)			
2a	vergleicht das Verbundmaterial ...	2 (II)			
2b	vergleicht das Verbundmaterial ...	4 (II)			
2c	vergleicht das Verbundmaterial ...	2 (II)			
3	beurteilt den Vorteil ...	4 (III)			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (4)				
Summe 4. Teilaufgabe		16			
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				
Note ggf. unter Absenkung um ein bis zwei Notenpunkte gemäß § 13 Abs. 2 APO-GOST				
Paraphe				

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

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

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

Unterschrift, Datum

Grundsätze für die Bewertung (Notenfindung)

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

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