



Name: _____

Abiturprüfung 2018

Chemie, Leistungskurs

Aufgabenstellung:

Vanillin

1. Geben Sie eine Reaktionsgleichung für die bei der Titration des Vanillin-haltigen Extraktes (Versuch 1) ablaufende Reaktion an. Berechnen Sie die Masse des extrahierten Vanillins und bewerten Sie den Vanillingehalt der untersuchten Vanilleschote.
(14 Punkte)
2. Analysieren Sie den Verlauf der Titrationskurve (Versuch 2). Bestimmen Sie den pK_s -Wert von Vanillin und erläutern Sie Ihr Vorgehen. Nennen Sie begründet einen geeigneten Säure-Base-Indikator für die Titration des Vanillins.
(16 Punkte)
3. Stellen Sie die Säure-Base-Theorie nach Brønsted am Beispiel des Vanillins dar. Erläutern Sie, auch unter Angabe von Strukturformeln, warum Vanillin eine stärkere Säure als Phenol ist. Begründen Sie anhand seiner molekularen Struktur die Farbigkeit des roten Farbstoffes.
(20 Punkte)
4. Erläutern Sie unter Angabe von Reaktionstypen und unter Berücksichtigung des angegebenen Zwischenproduktes den Reaktionsweg von Vanillin und Catechin zum roten Farbstoff in Einzelschritten (Versuch 3). Erläutern Sie den Ort der Anlagerung des Vanillin-Moleküls am Catechin-Molekül und die Möglichkeit der Entstehung eines Nebenproduktes bei dieser Farbstoffreaktion.
(16 Punkte)

Zugelassene Hilfsmittel:

- Taschenrechner (graphikfähiger Taschenrechner / CAS-Taschenrechner)
- Periodensystem
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung



Name: _____

Fachspezifische Vorgaben:

Vanillin ist ein in der Lebensmittelindustrie häufig verwendeter Zusatzstoff. Vanillin wird in großem Umfang als Geschmacks- und Geruchsstoff für die Aromatisierung von Schokolade, Süßwaren, Likören und Backwaren eingesetzt, in kleineren Mengen auch in Parfüms. In der Natur kommt Vanillin in den Kapsel Früchten (Vanilleschoten) der tropischen Orchideengattung *Vanilla* vor. Je nach Qualität enthalten die Vanilleschoten 0,8 bis 2,9 % Vanillin.

Vanillin gehört zu den **Hydroxybenzaldehyden**, die als Derivate der Phenole angesehen werden können. Vanillin-Lösungen reagieren sauer. Die Vanillin-Konzentration kann im Rahmen einer Säure-Base-Titration ermittelt werden. Bei der Bestimmung des Vanillingehaltes von Vanilleschoten wird vereinfacht davon ausgegangen, dass Vanillin vollständig extrahiert wird und keine weiteren Säuren aus der Vanilleschote extrahiert werden.

Versuch 1:

Eine Vanilleschote mit einer Masse von 2,2 g wurde zerkleinert und mit warmem Wasser auf 50,0 mL aufgefüllt, um das Vanillin zu extrahieren. Anschließend wurden 10,0 mL des so gewonnenen Extraktes mit einem geeigneten Indikator versetzt und mit Natronlauge, $c(\text{NaOH}) = 0,01 \text{ mol/L}$, unter Rühren bis zum Farbumschlag des Indikators titriert. Es wurden insgesamt 7,0 mL Natronlauge benötigt.

Versuch 2:

10,0 mL einer wässrigen Vanillin-Lösung der Konzentration $c(\text{Vanillin}) = 0,1 \text{ mol/L}$ wurden vorgelegt und dann portionsweise mit Natronlauge, $c(\text{NaOH}) = 0,1 \text{ mol/L}$, pH-metrisch titriert. Es wurde die in Abbildung 1 dargestellte Titrationskurve aufgenommen.

In der analytischen Chemie lässt sich Vanillin für einen Schnelltest zum Nachweis von Flavanolen verwenden. Flavanole sind organische Verbindungen, die in vielen Pflanzen und in Produkten vorkommen können, die aus Pflanzen gewonnen werden (z. B. Weißwein, grüner Tee).

Versuch 3:

0,5 g Vanillin wurden in 6,0 mL Ethanol gelöst und anschließend mit 3,0 mL konzentrierter Salzsäure versetzt. Das so hergestellte Reagenz wurde zu grünem Tee gegeben, der das Flavanol Catechin enthält. Nach einigen Minuten beobachtete man eine Rotfärbung des Gemisches (Abbildung 2).



Name: _____

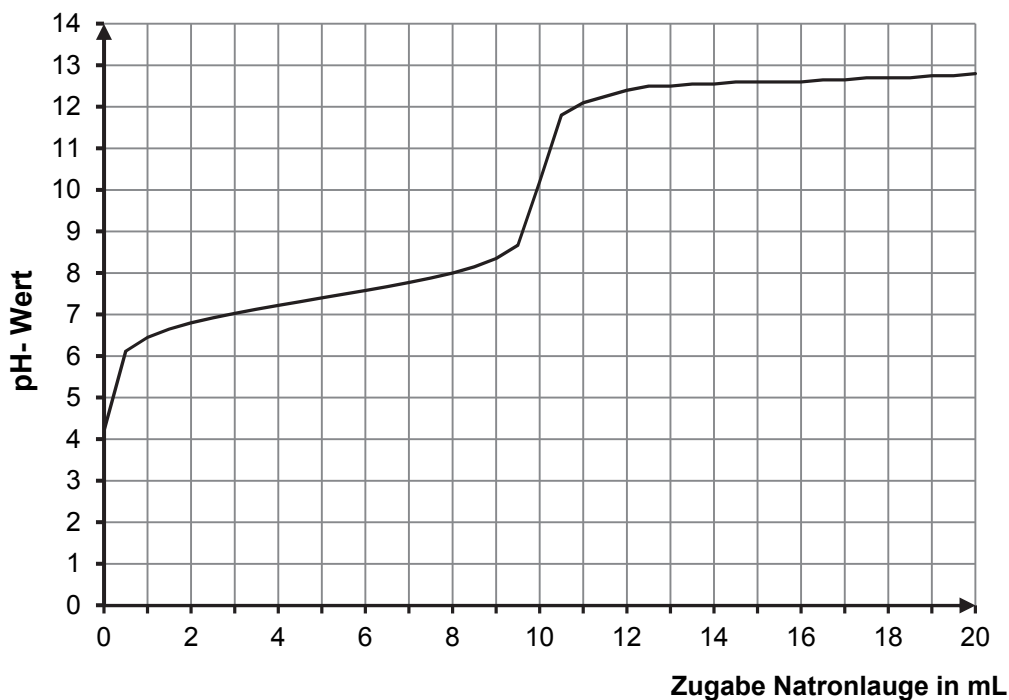


Abbildung 1: Titrationskurve (Versuch 2)

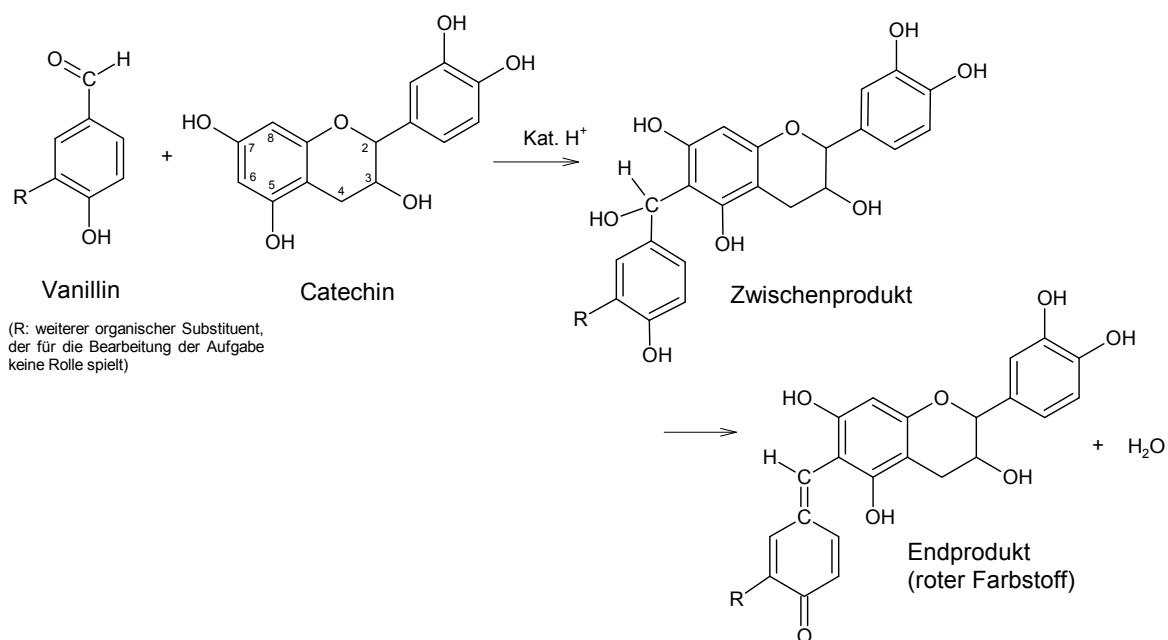


Abbildung 2: Reaktion von Vanillin und Catechin (Versuch 3)

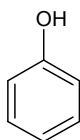


Name: _____

Zusatzinformationen:

Molare Masse **Vanillin**: $M(\text{Vanillin}) = 152,15 \text{ g/mol}$

$pK_s(\text{Phenol}) = 10,0$



Phenol

Übersicht Säure-Base-Indikatoren:

Indikator	Farbe der Säure	pH-Bereich des Farbumschlags	Farbe der Base	$pK_s(\text{HInd})$
Thymolblau	rot	1,2 – 2,8	gelb	1,5
Methylorange	orange	3,1 – 4,4	gelb	4,2
Bromkresolgrün	gelb	3,8 – 5,4	blau	4,7
Methylrot	rot	4,2 – 6,3	gelb	5,1
Bromthymolblau	gelb	6,0 – 7,7	blau	7,0
Thymolblau	gelb	8,0 – 9,6	blau	8,9
Phenolphthalein	farblos	8,2 – 10,0	rot	9,4
Thymolphthalein	farblos	9,3 – 10,5	blau	9,9
Alizarin gelb R	gelb	10,0 – 12,1	rot-braun	11,2

Unterlagen für die Lehrkraft

Abiturprüfung 2018

Chemie, Leistungskurs

1. Aufgabenart

Bearbeitung einer Aufgabe, die auf fachspezifischen Vorgaben basiert

2. Aufgabenstellung¹

Vanillin

1. Geben Sie eine Reaktionsgleichung für die bei der Titration des Vanillin-haltigen Extraktes (Versuch 1) ablaufende Reaktion an. Berechnen Sie die Masse des extrahierten Vanillins und bewerten Sie den Vanillingehalt der untersuchten Vanilleschote. (14 Punkte)
2. Analysieren Sie den Verlauf der Titrationskurve (Versuch 2). Bestimmen Sie den pK_s -Wert von Vanillin und erläutern Sie Ihr Vorgehen. Nennen Sie begründet einen geeigneten Säure-Base-Indikator für die Titration des Vanillins. (16 Punkte)
3. Stellen Sie die Säure-Base-Theorie nach Brönsted am Beispiel des Vanillins dar. Erläutern Sie, auch unter Angabe von Strukturformeln, warum Vanillin eine stärkere Säure als Phenol ist. Begründen Sie anhand seiner molekularen Struktur die Farbigkeit des roten Farbstoffes. (20 Punkte)
4. Erläutern Sie unter Angabe von Reaktionstypen und unter Berücksichtigung des angegebenen Zwischenproduktes den Reaktionsweg von Vanillin und Catechin zum roten Farbstoff in Einzelschritten (Versuch 3). Erläutern Sie den Ort der Anlagerung des Vanillin-Moleküls am Catechin-Molekül und die Möglichkeit der Entstehung eines Nebenproduktes bei dieser Farbstoffreaktion. (16 Punkte)

3. Materialgrundlage

- Römpp Enzyklopädie Online (2017)
<http://www.roempp.thieme.de/roempp3.0/do/Welcome.do> (Zugriff: 13.10.2017)
- Kuhse, B. B.: Wilhelm Haarmann auf den Spuren der Vanille – Forscher, Unternehmer, Pionier der Riechstoffe, 1. Auflage, Verlag Jörg Mitzkat, Holzminden 2012
- Ötles, S.: Methods of Analysis of Food Components and Additives, second edition, CRC Press, Boca Raton 2012
- <http://www.chemikalienlexikon.de/aroinfo/0541-aro.htm> (Zugriff: 07.02.2017)

¹ Die Aufgabenstellung deckt inhaltlich alle drei Anforderungsbereiche ab.

4. Bezüge zum Kernlehrplan und zu den Vorgaben 2018

Die Aufgaben weisen vielfältige Bezüge zu den Kompetenzerwartungen und Inhaltsfeldern des Kernlehrplans bzw. zu den in den Vorgaben ausgewiesenen Fokussierungen auf. Im Folgenden wird auf Bezüge von zentraler Bedeutung hingewiesen.

1. Inhaltsfelder und inhaltliche Schwerpunkte

Säuren, Basen und analytische Verfahren

- Eigenschaften und Struktur von Säuren und Basen
- Konzentrationsbestimmung von Säuren und Basen
- Titrationsmethoden im Vergleich

Organische Produkte – Werkstoffe und Farbstoffe

- Organische Verbindungen und Reaktionswege
- Reaktionsabläufe
- Organische Werkstoffe
- Farbstoffe und Farbigkeit
- Konzentrationsbestimmung durch Lichtabsorption

2. Medien/Materialien

- entfällt

5. Zugelassene Hilfsmittel

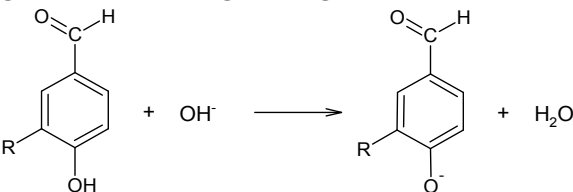
- Taschenrechner (graphikfähiger Taschenrechner / CAS-Taschenrechner)
- Periodensystem
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung

6. Vorgaben für die Bewertung der Schülerleistungen

Teilleistungen – Kriterien

a) inhaltliche Leistung

Teilaufgabe 1

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	<p>gibt eine Reaktionsgleichung für die bei der Titration ablaufende Reaktion an, z. B.:</p> 	4

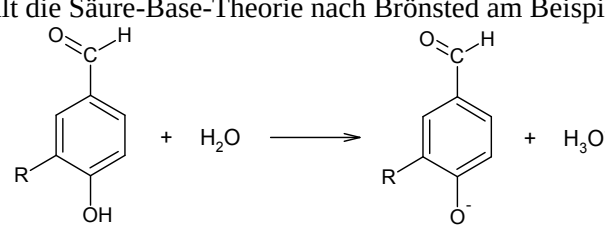
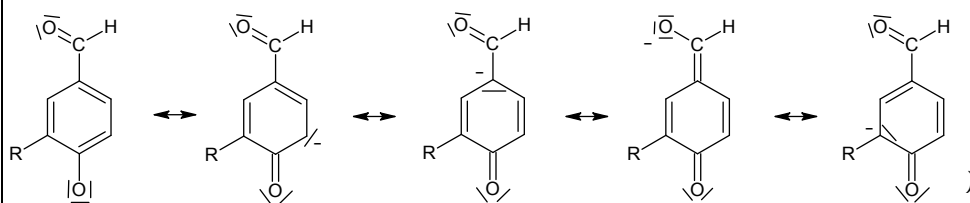
2	berechnet die Masse des extrahierten Vanillins, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Berechnung der Stoffmenge an verbrauchter Natronlauge: $n(\text{OH}^-) = c(\text{NaOH}) \cdot V(\text{NaOH})$ $n(\text{OH}^-) = 0,01 \text{ mol/L} \cdot 0,0070 \text{ L} = 7,0 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$ • Berechnung der Stoffmenge an Vanillin in der titrierten Probe: $n(\text{Vanillin}) = n(\text{OH}^-) = 7,0 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$ • Berechnung der gesamten Stoffmenge des aus der Vanilleschote extrahierten Vanillins: $n(\text{Vanillin}) = 5 \cdot 7,0 \cdot 10^{-5} \text{ mol} = 3,5 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$ • Berechnung der Masse an extrahiertem Vanillin: $m(\text{Vanillin}) = n(\text{Vanillin}) \cdot M(\text{Vanillin})$ $m(\text{Vanillin}) = 3,5 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \cdot 152,15 \text{ g/mol} \approx 0,053 \text{ g}$ 	8
3	bewertet den Vanillingehalt der untersuchten Vanilleschote, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Bei einer Vanilleschote von 2,2 g beträgt der Vanillingehalt mit 0,053 g ca. 2,4 % und liegt damit im oberen Bereich der normalerweise vorkommenden Vanillinmengen. 	2
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 2

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	analysiert den Verlauf der Titrationskurve (Versuch 2), z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Es handelt sich um das Ergebnis der Titration einer schwachen Säure mit einer starken Base, da die Kurve gleich zu Beginn bei Zugabe von 1 mL Natronlauge zunächst kurz stark ansteigt, dann bis zu einer Zugabe von 9 mL leicht ansteigt, bevor es zu einem großen pH-Sprung kommt. • Der Äquivalenzpunkt der Titration wird nach Zugabe von 10 mL der Natronlauge erreicht. Hier liegt ein pH-Wert von ca. 10,5 vor, der also deutlich im alkalischen Bereich liegt. • Am Äquivalenzpunkt liegt die korrespondierende Base der Säure Vanillin vor; in einer Protolysereaktion mit Wasser bilden sich Vanillin-Moleküle und Hydroxid-Ionen, die zu dem alkalischen pH-Wert führen. 	6
2	bestimmt den $\text{p}K_s$ -Wert von Vanillin und erläutert sein Vorgehen, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Ablesen des Anfangs-pH-Wertes der Vanillin-Lösung ($\text{pH} \approx 4,2$) und Einsetzen der H_3O^+-Ionen-Konzentration und der Vanillin-Konzentration in die Formel: • $c(\text{H}_3\text{O}^+) = \sqrt{K_s \cdot c_0(\text{Vanillin})}$ $6,3096 \cdot 10^{-5} \text{ mol/L} = \sqrt{K_s \cdot 0,1 \text{ mol/L}}$ • $K_s = 3,9811 \cdot 10^{-8} \text{ mol/L}$ $\text{p}K_s = 7,4$ (Hinweis: Eine Bestimmung des $\text{p}K_s$ -Wertes über den Ordinatenwert am Halbäquivalenzpunkt der Titrationskurve mit entsprechender Erläuterung kann mit der gleichen Punktzahl bewertet werden.)	4
3a	nennt einen geeigneten Säure-Base-Indikator für die Titration des Vanillins: <ul style="list-style-type: none"> • Thymolphthalein oder Alizarinengelb R. 	2

3b	begründet die Wahl des Säure-Base-Indikators, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> Die Umschlagbereiche der beiden genannten Indikatoren stimmen am besten mit dem pH-Sprung der abgebildeten Titrationskurve überein und zeigen den Äquivalenzpunkt so am genauesten an. Alle anderen der aufgezählten Indikatoren würden zu einem deutlich ungenaueren Ergebnis führen, da ihre Umschlagbereiche bei geringeren pH-Werten liegen, und sie daher einen Farbumschlag haben, obwohl der Äquivalenzpunkt der Titration noch nicht erreicht ist. 	4
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 3

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	stellt die Säure-Base-Theorie nach Brönsted am Beispiel des Vanillins dar, z. B.: <ul style="list-style-type: none">  Unprotolysierte Vanillin-Moleküle: Säure (Protonendonator) protolysiertes Vanillin-Ion: korrespondierende Base Wasser-Moleküle: Base (Protonenakzeptor), Oxonium-Ionen: korrespondierende Säure 	6
2a	erläutert, warum Vanillin eine stärkere Säure als Phenol ist. <i>(Hinweis: Es wird erwartet, dass der Prüfling auf die Aldehydgruppe in para-Stellung zur Hydroxygruppe eingeht, die einen -M-Effekt ausübt, die Elektronendichte im aromatischen Kern verringert, das anionische Produkt durch eine zusätzliche mesomere Grenzstruktur stabilisiert und so die Abspaltung des Protons der Hydroxygruppe erleichtert.)</i>	4
2b	gibt entsprechende Strukturformeln an. <i>(Hinweis: Es wird erwartet, dass der Prüfling Strukturformeln des mesomeriestabilisierten Anions zeichnet, z. B.:</i>  <i>)</i>	4
3	begründet anhand seiner molekularen Struktur die Farbigkeit des roten Farbstoffes. <i>(Hinweis: Es wird erwartet, dass der Prüfling am Beispiel des roten Farbstoffs Aussagen macht zum vorliegenden ausgedehnten System konjugierter Doppelbindungen (Chromophor), zum Mesomeriemodell (mesomere Grenzstrukturen, Delokalisation von konjugierten π-Elektronen, Einfluss von Donator-/Akzeptorgruppen, hier der Hydroxygruppen und der Oxogruppe) sowie zur Anregung von Elektronen durch sichtbares Licht).</i>	6
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 4

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1a	<p>erläutert unter Angabe von Reaktionstypen und unter Berücksichtigung des angegebenen Zwischenproduktes den Reaktionsweg von Vanillin und Catechin zum roten Farbstoff in Einzelschritten (Versuch 3), z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reaktion des Vanillins mit Salzsäure: Protonierung der Aldehydgruppe, Bildung eines Elektrophils. • Angriff des Elektrophils am Catechin: Bildung eines π- und eines mesomeriestabilisierten σ-Komplexes, Abspaltung eines Protons und Rearomatisierung (Bildung des Zwischenproduktes). • Reaktionstyp: elektrophile Substitution. 	6
1b	<p>erläutert unter Angabe von Reaktionstypen und unter Berücksichtigung des angegebenen Zwischenproduktes den Reaktionsweg von Vanillin und Catechin zum roten Farbstoff in Einzelschritten (Versuch 3), z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Protonierung der Hydroxygruppe am Kohlenstoff-Atom zwischen den beiden Ringsystemen des Zwischenproduktes, • Abspaltung von Wasser (Dehydratisierung) und Deprotonierung der Hydroxygruppe des ursprünglichen Vanillinrings führen zu dem Molekül des roten Farbstoffs. 	4
2	<p>erläutert den Ort der Anlagerung des Vanillin-Moleküls am Catechin-Molekül und die Möglichkeit der Entstehung eines Nebenproduktes bei dieser Farbstoffreaktion. (Hinweis: Es wird erwartet, dass der Prüfling auf die dirigierende Wirkung der beiden Hydroxygruppen, die in die ortho- oder para-Position dirigieren, sowie auf eine mögliche elektrophile Substitution des Vanillin-Moleküls in Position 8 des Catechin-Moleküls eingeht, da diese Position ähnlich begünstigt sein dürfte wie Position 6, wobei hier ein Farbstoff-Molekül entstehen dürfte, das in einem ähnlichen Spektralbereich wie das Molekül des abgebildeten Farbstoffs absorbiert.)</p>	6
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

b) Darstellungsleistung

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

7. Bewertungsbogen zur Prüfungsarbeit

Name des Prüflings: _____ Kursbezeichnung: _____

Schule: _____

Teilaufgabe 1

Anforderungen		Lösungsqualität			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl	EK ²	ZK	DK
1	gibt eine Reaktionsgleichung ...	4			
2	berechnet die Masse ...	8			
3	bewertet den Vanillingehalt ...	2			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
Summe 1. Teilaufgabe		14			

Teilaufgabe 2

Anforderungen		Lösungsqualität			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
1	analysiert den Verlauf ...	6			
2	bestimmt den pKs-Wert ...	4			
3a	nennt einen geeigneten ...	2			
3b	begründet die Wahl ...	4			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
Summe 2. Teilaufgabe		16			

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

Teilaufgabe 3

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	stellt die Säure-Base-Theorie ...	6			
2a	erläutert, warum Vanillin ...	4			
2b	gibt entsprechende Strukturformeln ...	4			
3	begründet anhand seiner ...	6			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe 3. Teilaufgabe	20			

Teilaufgabe 4

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1a	erläutert unter Angabe ...	6			
1b	erläutert unter Angabe ...	4			
2	erläutert den Ort ...	6			
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe 4. Teilaufgabe	16			
	Summe der 1., 2., 3. und 4. Teilaufgabe	66			

Darstellungsleistung

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

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

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

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

Berechnung der Endnote nach Anlage 4 der Abiturverordnung auf der Grundlage von § 34 APO-GOST

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

Unterschrift, Datum:

Grundsätze für die Bewertung (Notenfindung)

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

Note	Punkte	Erreichte Punktzahl
sehr gut plus	15	150 – 143
sehr gut	14	142 – 135
sehr gut minus	13	134 – 128
gut plus	12	127 – 120
gut	11	119 – 113
gut minus	10	112 – 105
befriedigend plus	9	104 – 98
befriedigend	8	97 – 90
befriedigend minus	7	89 – 83
ausreichend plus	6	82 – 75
ausreichend	5	74 – 68
ausreichend minus	4	67 – 60
mangelhaft plus	3	59 – 50
mangelhaft	2	49 – 41
mangelhaft minus	1	40 – 30
ungenügend	0	29 – 0



Name: _____

Abiturprüfung 2018

Chemie, Leistungskurs

Aufgabenstellung:

Breaking Bad: Selbstbaubatterie zum Starten eines Motors

1. Skizzieren Sie einen beschrifteten Aufbau eines Elementes der beschriebenen Selbstbaubatterie. Ermitteln Sie die beim Entladen der Selbstbaubatterie an den Elektroden einer Zelle ablaufenden Reaktionen und die Gesamtreaktion. Berechnen Sie die Spannung einer Zelle der Selbstbaubatterie unter Annahme von Standardbedingungen. (16 Punkte)
2. Erklären Sie unter Angabe einer Reaktionsgleichung die beobachtete Gasentwicklung im ersten Modellexperiment. Bestätigen Sie mithilfe der Nernst-Gleichung, dass sich das Potential der Zink-Halbzelle in Abhängigkeit von der Hydroxid-Ionen-Konzentration des Elektrolyten ändert. Beurteilen Sie, inwieweit die Selbstbaubatterie geeignet ist, die Autobatterie beim Startvorgang zu ersetzen. (20 Punkte)
3. Berechnen Sie die Masse des beim zweiten Modellexperiment im Kathodenraum entstehenden elementaren Quecksilbers unter Vernachlässigung möglicher Nebenreaktionen. Bewerten Sie die durchgeführten Experimente eins und zwei in Bezug auf ihr Gefährdungspotential. Stellen Sie eine Hypothese zur potentiellen Eignung der Zink-Quecksilberoxid-Zelle als Akkumulator auf. (14 Punkte)
4. Erläutern Sie anhand einer skizzierten Leitfähigkeitstitrationskurve der Kaliumhydroxid-Lösung mit Salzsäure die Grundlagen des Verfahrens unter Berücksichtigung von Tabelle 2. Berechnen Sie die Hydroxid-Ionen-Konzentration der im Modellexperiment eingesetzten Kaliumhydroxid-Lösung. (16 Punkte)

Zugelassene Hilfsmittel:

- Taschenrechner (graphikfähiger Taschenrechner / CAS-Taschenrechner)
- Periodensystem
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung



Name: _____

Fachspezifische Vorgaben:

„Breaking Bad“ (deutsch: vom rechten Weg abkommen) ist der Titel einer Fernsehserie, die den Lebensweg eines Chemielehrers beschreibt. Chemisches Grundlagenwissen und dessen technische Bedeutsamkeit im Alltag sind an vielen Stellen der Serie Gegenstände der Handlung.

In einer lebensbedrohlichen Situation in der Wüste Nevadas soll die entladene Autobatterie, ein aus sechs Zellen bestehender 12 V-Blei-Akkumulator, provisorisch durch eine aus verfügbaren Gegenständen selbst hergestellte Batterie (**Selbstbaubatterie**) ersetzt werden. Der Chemielehrer wählt gezielt folgende Gegenstände aus: Zinkschrauben, Schwämme, Kaliumhydroxid-Lösung, Bremsklötze (Graphitblöcke mit Quecksilber(II)-oxid (HgO)), Kunststoffschalen und isolierte Kupferkabelstücke.

Sechs Schalen werden jeweils mit ca. 100 mL Kaliumhydroxid-Lösung gefüllt. In die Mitte der Schale wird ein Schwamm eingesetzt, so dass zwei getrennte Bereiche entstehen. Die linke Seite der Schale wird jeweils mit Zink-Schrauben gefüllt, die rechte Seite enthält jeweils Bremsklötze. Die einzelnen Bestandteile der Schalen werden der Reihe nach durch Kupferdrähte leitend verbunden (Reihenschaltung) und an die Stromversorgung des Fahrzeugs angeschlossen.

Die so hergestellte Selbstbaubatterie soll die Autobatterie beim Startvorgang ersetzen.

Die Frage, ob die im Film hergestellte Selbstbaubatterie wirklich den 12 V-Blei-Akkumulator ersetzen könnte, stand im Mittelpunkt einer experimentellen Untersuchung. Dabei wurden in einer Versuchsreihe die Zink-Quecksilber(II)-oxid-Elemente und die eingesetzte Kaliumhydroxid-Lösung untersucht.

Erstes Modellexperiment:

Ein galvanisches Element aus Zink und Quecksilber(II)-oxid mit einer Kaliumhydroxid-Lösung als Elektrolyt wurde entsprechend der im Film beschriebenen Selbstbaubatterie aufgebaut. Das Experiment wurde abgebrochen, da eine Gasentwicklung an der Zinkelektrode zu beobachten war. Aufgrund einer positiven Knallgasprobe wurde das Gas als Wasserstoff identifiziert.

Zur Unterdrückung der Wasserstoffbildung an der Zinkelektrode wurden der Kaliumhydroxid-Lösung einige Tropfen Spülmittel hinzugefügt. Die Gasentwicklung blieb nahezu aus und die gemessene Zellspannung betrug nun 1,2 V.

Zweites Modellexperiment:

Als Langzeitexperiment wurde das galvanische Element aus dem ersten Modellexperiment mit einer Leuchtdiode leitend verbunden. Der Stromfluss betrug konstant 20 mA. Das Experiment wurde erfolgreich nach zwei Betriebsstunden beendet.



Name: _____

Aufgrund der bestehenden pH-Abhängigkeit des Potentials der Halbzellen wurde die Konzentration der verwendeten Kaliumhydroxid-Lösung durch eine Leitfähigkeitstitration bestimmt. Hierzu wurden 20,0 mL Kaliumhydroxid-Lösung mit einer Salzsäure-Maßlösung ($c(\text{HCl}) = 0,1 \text{ mol/L}$) titriert und die Leitfähigkeit der Lösung kontinuierlich verfolgt. Der Äquivalenzpunkt wurde bei $V(\text{Maßlösung}) = 18,5 \text{ mL}$ zeichnerisch bestimmt.

Zusatzinformationen:

Tabelle 1: Standardpotentiale (E°) bei $\text{pH} = 14$

Stoff	Reaktionsgleichung	Standardpotential (E°)
Sauerstoff	$4 \text{ OH}^- \rightleftharpoons \text{O}_2 + 2 \text{ H}_2\text{O} + 4 \text{ e}^-$	+0,4 V
Quecksilber	$\text{Hg} + 2 \text{ OH}^- \rightleftharpoons \text{HgO} + \text{H}_2\text{O} + 2 \text{ e}^-$	+0,1 V
Wasserstoff	$\text{H}_2 + 2 \text{ OH}^- \rightleftharpoons 2 \text{ H}_2\text{O} + 2 \text{ e}^-$	-0,83 V
Zink	$\text{Zn} + 4 \text{ OH}^- \rightleftharpoons [\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-} + 2 \text{ e}^-$	-1,2 V

Tabelle 2: Relative Ionenleitfähigkeiten

Ion	Relative Ionenleitfähigkeit
Oxonium-Ion (H_3O^+)	100
Hydroxid-Ion (OH^-)	57
Chlorid-Ion (Cl^-)	21
Kalium-Ion (K^+)	21

Faraday Gesetz:

$$I \cdot t = n \cdot F \cdot z$$

Faraday Konstante:

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

Nernst-Gleichung:

$$E = E^0 + \frac{0,059 \text{ V}}{z} \cdot \lg \frac{c_{\text{ox}}}{c_{\text{red}}}$$



Molare Masse:

$$M(\text{Hg}) = 200,6 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$



Name: _____

Gefahrstoffinformationen

	Quecksilber(II)-oxid	Quecksilber
Aggregatzustand	fest	flüssig
Kennzeichnung		
Gefahrenhinweise	Die Aufnahme von Quecksilber(II)-oxid erfolgt über das Einatmen von Stäuben.	Durch Verdunsten des Quecksilbers bei Raumtemperatur können gefährliche Konzentrationen in der Atemluft entstehen.
LC₅₀ (Krustentiere) (Tödliche Konzentration für 50 % der Versuchstiere)	$4 \cdot 10^{-6}$ mg/L	$2 \cdot 10^{-2}$ mg/L

Unterlagen für die Lehrkraft**Abiturprüfung 2018****Chemie, Leistungskurs****1. Aufgabenart**

Bearbeitung einer Aufgabe, die auf fachspezifischen Vorgaben basiert

2. Aufgabenstellung¹**Breaking Bad: Selbstbaubatterie zum Starten eines Motors**

1. Skizzieren Sie einen beschrifteten Aufbau eines Elementes der beschriebenen Selbstbaubatterie. Ermitteln Sie die beim Entladen der Selbstbaubatterie an den Elektroden einer Zelle ablaufenden Reaktionen und die Gesamtreaktion. Berechnen Sie die Spannung einer Zelle der Selbstbaubatterie unter Annahme von Standardbedingungen. (16 Punkte)
2. Erklären Sie unter Angabe einer Reaktionsgleichung die beobachtete Gasentwicklung im ersten Modellexperiment. Bestätigen Sie mithilfe der Nernst-Gleichung, dass sich das Potential der Zink-Halbzelle in Abhängigkeit von der Hydroxid-Ionen-Konzentration des Elektrolyten ändert. Beurteilen Sie, inwieweit die Selbstbaubatterie geeignet ist, die Autobatterie beim Startvorgang zu ersetzen. (20 Punkte)
3. Berechnen Sie die Masse des beim zweiten Modellexperiment im Kathodenraum entstehenden elementaren Quecksilbers unter Vernachlässigung möglicher Nebenreaktionen. Bewerten Sie die durchgeführten Experimente eins und zwei in Bezug auf ihr Gefährdungspotential. Stellen Sie eine Hypothese zur potentiellen Eignung der Zink-Quecksilberoxid-Zelle als Akkumulator auf. (14 Punkte)
4. Erläutern Sie anhand einer skizzierten Leitfähigkeitstitrationskurve der Kaliumhydroxid-Lösung mit Salzsäure die Grundlagen des Verfahrens unter Berücksichtigung von Tabelle 2. Berechnen Sie die Hydroxid-Ionen-Konzentration der im Modellexperiment eingesetzten Kaliumhydroxid-Lösung. (16 Punkte)

¹ Die Aufgabenstellung deckt inhaltlich alle drei Anforderungsbereiche ab.

3. Materialgrundlage

- Harnisch, Falk; Salthammer, Tunga: Die Chemie bei Breaking Bad. In: Chemie in unserer Zeit, 47 (2013) 4, S. 214 – 217
- Harris, Daniel C.: Quantitative Chemical Analysis, 7. Aufl., W. H. Freeman and Company, New York 2007
- Otto, Matthias: Analytische Chemie, 2., vollst. überarb. Aufl., WILEY-VCH-Verlag, Weinheim 2000
- Baumann, Werner; Muth, Anneliese: Batterien: Daten und Fakten zum Umweltschutz, Springer 1997
- Glaeser, Wolfgang: Batterien mit verringertem Wasserstoff-Partialdruck und Verfahren zur Herstellung derselben, Patentschrift DE 4221849 C1, Deutsches Patentamt 1994

4. Bezüge zum Kernlehrplan und zu den Vorgaben 2018

Die Aufgaben weisen vielfältige Bezüge zu den Kompetenzerwartungen und Inhaltsfeldern des Kernlehrplans bzw. zu den in den Vorgaben ausgewiesenen Fokussierungen auf. Im Folgenden wird auf Bezüge von zentraler Bedeutung hingewiesen.

1. Inhaltsfelder und inhaltliche Schwerpunkte

Säuren, Basen und analytische Verfahren

- Eigenschaften und Struktur von Säuren und Basen
- Konzentrationsbestimmung von Säuren und Basen
- Titrationsmethoden im Vergleich

Elektrochemie

- Elektrochemische Gewinnung von Stoffen
- Mobile Energiequellen
- Quantitative Aspekte elektrochemischer Prozesse
- Korrosion und Korrosionsschutz

2. Medien/Materialien

- entfällt

5. Zugelassene Hilfsmittel

- Taschenrechner (graphikfähiger Taschenrechner / CAS-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>skizziert einen beschrifteten Aufbau eines Elementes der beschriebenen Selbstbaubatterie.</p> <p><i>(Hinweis: Es wird erwartet, dass der Prüfling eine beschriftete Skizze der galvanischen Zelle mit Zink als Anode und Quecksilber(II)-oxid als Kathode, Kaliumhydroxid-Lösung als Elektrolyt und Schwämmen als Diaphragma anfertigt.)</i></p>	6
2	<p>ermittelt die beim Entladen der Selbstbaubatterie an den Elektroden einer Zelle ablaufenden Reaktionen und die Gesamtreaktion, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> Anode: $\text{Zn} + 4 \text{OH}^- \rightarrow [\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-} + 2 \text{e}^-$ Kathode: $\text{HgO} + \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Hg} + 2 \text{OH}^-$ Gesamtgleichung: $\text{Zn} + \text{HgO} + 2 \text{OH}^- + \text{H}_2\text{O} \rightarrow [\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-} + \text{Hg}$ <p><i>(Hinweis: Alternative Formulierungen, z. B. durch eine vereinfachte Ionenschreibweise oder mit $\text{Zn}(\text{OH})_2$, sind auch möglich.)</i></p>	6
3	<p>berechnet die Spannung einer Zelle der Selbstbaubatterie unter Annahme von Standardbedingungen, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> $U = E^0(\text{Hg}/\text{HgO}) - E^0(\text{Zn}/[\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}) = 0,1 \text{ V} - (-1,2 \text{ V}) = 1,3 \text{ V}$ 	4
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 2

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	<p>erklärt unter Angabe einer Reaktionsgleichung die beobachtete Gasentwicklung im ersten Modellexperiment, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> Das Potential der Zinkhalbzelle ist geringer als das der Wasserstoffhalbzelle. Zink wird oxidiert. Wassermoleküle werden reduziert. Wasserstoff wird freigesetzt. Reaktionsgleichung: $\text{Zn} + 2 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{OH}^- \rightarrow [\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-} + \text{H}_2$ <p><i>(Hinweis: Der Begriff Korrosion muss in diesem Zusammenhang nicht genannt werden.)</i></p>	6

2	<p>bestätigt mithilfe der Nernst-Gleichung, dass sich das Potential der Zink-Halbzelle in Abhängigkeit von der Hydroxid-Ionen-Konzentration des Elektrolyten ändert, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • $E(\text{Zn}/[\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}) = E^0(\text{Zn}/[\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}) + \frac{0,059 \text{ V}}{2} \cdot \lg \frac{c([\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-})}{(c(\text{OH}^-))^4}$ • $E(\text{Zn}/[\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}) = -1,2 \text{ V} + 0,0295 \text{ V} \cdot \lg c([\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}) - 0,118 \text{ V} \cdot \lg c(\text{OH}^-)$ • Das Potential der Zink-Halbzelle ist von der Konzentration der Hydroxid-Ionen des Elektrolyten stark abhängig. • Je niedriger die Konzentration der Hydroxid-Ionen des Elektrolyten ist, desto höher ist das Potential der Zink-Halbzelle. • Die Zellspannung der Batterie sinkt, wenn die Hydroxid-Ionen-Konzentration sinkt. (Hinweis: Alternative Darstellungen auch unter Angabe einer Beispielrechnung sind möglich.) 	8
3	<p>beurteilt, inwieweit die Selbstbaubatterie geeignet ist, die Autobatterie beim Startvorgang zu ersetzen, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die Selbstbaubatterie würde unter Standardbedingungen durch Reihenschaltung von sechs Zellen eine Gesamtspannung von maximal 7,8 V erreichen können. • Die Selbstbaubatterie kann den 12 V-Blei-Akkumulator daher nicht angemessen ersetzen. <p>(Hinweis: Auch andere sachgemessene Argumentationen wie die beobachtete Wasserstoffbildung und der Bezug auf die im Modellexperiment gemessene Spannung sind möglich.)</p>	6
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 3

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	<p>berechnet die Masse des beim zweiten Modellexperiment im Kathodenraum entstehenden elementaren Quecksilbers unter Vernachlässigung möglicher Nebenreaktionen, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • $n = \frac{I \cdot t}{z \cdot F}$ • $n(\text{Hg}) = \frac{0,020 \text{ A} \cdot 7200 \text{ s} \cdot \text{mol}}{2 \cdot 96485 \cdot \text{A} \cdot \text{s}} \approx 7,5 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$ • $m = n \cdot M$ • $m(\text{Hg}) = 7,5 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \cdot 200,6 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \approx 0,15 \text{ g}$ 	6
2	<p>bewertet die durchgeführten Experimente eins und zwei in Bezug auf ihr Gefährdungspotential, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Modellexperiment eins: Eine Gefährdung geht im Wesentlichen von den giftigen Quecksilber(II)-oxid-Stäuben aus. Die Entstehung von Stäuben während des Experiments ist durch den flüssigen Elektrolyten unwahrscheinlich. • Modellexperiment zwei: Die Gefährdungen gehen von den giftigen Quecksilber(II)-oxid-Stäuben und dem während des Experiments entstehenden flüssigen Quecksilber aus. Die tödliche Konzentration (LC_{50}) des Quecksilbers von 0,02 mg/L wird deutlich überschritten. Die Eigenschaft des Verdunstens bei Raumtemperatur stellt eine zusätzliche Gefährdung dar. <p>(Hinweis: Die Angabe des Gefährdungspotentials der verwendeten Kaliumhydroxid-Lösung und andere sinnvolle Argumentationen sind möglich.)</p>	4

3	<p>stellt eine Hypothese zur potentiellen Eignung der Zink-Quecksilberoxid-Zelle als Akkumulator auf, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kathode: Der Ladevorgang wird aufgrund des höheren Standardpotentials des Wasserstoffes zu einer Bildung von Wasserstoff in der Batterie führen. • Anode: Die Oxidation des Quecksilbers zu Quecksilber(II)-oxid ist aufgrund des geringeren Standardpotentials möglich. • Die potentielle Eignung als Akkumulator ist unwahrscheinlich. <p>(Hinweis: Die Aspekte der Überspannung können hier angewendet werden.)</p>	4
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 4

Anforderungen		maximal erreichbare Punktzahl
Der Prüfling		
1a	<p>erläutert anhand einer skizzierten Leitfähigkeitstitrationskurve der Kaliumhydroxid-Lösung mit Salzsäure die Grundlagen des Verfahrens unter Berücksichtigung von Tabelle 2.</p> <div style="text-align: center;"> <p>Leitfähigkeitstitrationskurve einer Kaliumhydroxid-Lösung mit Salzsäure</p> </div> <p>(Hinweis: Es wird erwartet, dass die Skizze den Verlauf einer Leitfähigkeitstitrationskurve einer starken Base mit einer starken Säure wiedergibt.)</p>	4
1b	<p>erläutert anhand einer skizzierten Leitfähigkeitstitrationskurve der Kaliumhydroxid-Lösung mit Salzsäure die Grundlagen des Verfahrens unter Berücksichtigung von Tabelle 2, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die Leitfähigkeit des Elektrolyten wird zu Beginn von dissoziierten Kalium-Ionen und Hydroxid-Ionen bestimmt. • Durch die Zugabe der Salzsäure-Maßlösung werden Hydroxid-Ionen durch Neutralisation entfernt und durch Chlorid-Ionen mit geringerer relativer Ionenleitfähigkeit (ca. 1/3) ersetzt. • Die Leitfähigkeit sinkt, bis der Äquivalenzpunkt erreicht wird. • Nach Erreichen des Äquivalenzpunktes steigt die Leitfähigkeit stark an, da die relative Ionenleitfähigkeit der Oxonium-Ionen höher ist (ca. Faktor 5) als die der Chlorid-Ionen. • Oxonium-Ionen bestimmen zum Ende wesentlich die Leitfähigkeit der Lösung. 	8

2	berechnet die Hydroxid-Ionen-Konzentration der im Modellexperiment eingesetzten Kaliumhydroxid-Lösung, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Vereinfachte Titrationsgleichung: $\text{OH}^- + \text{H}_3\text{O}^+ \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$ • Berechnung: $n(\text{OH}^-) = n(\text{H}_3\text{O}^+) = c(\text{HCl}) \cdot V(\text{HCl}) = 0,1 \text{ mol/L} \cdot 0,0185 \text{ L}$ $n(\text{OH}^-) = 0,00185 \text{ mol}$ $c(\text{OH}^-) = n(\text{OH}^-) / V(\text{Probe}) = 0,0925 \text{ mol/L}$ (Hinweis: Die korrekte Berechnung ist auch ohne die Angabe der Titrationsgleichung möglich.)	4
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

b) Darstellungsleistung

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

7. Bewertungsbogen zur Prüfungsarbeit

Name des Prüflings: _____ Kursbezeichnung: _____

Schule: _____

Teilaufgabe 1

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

Teilaufgabe 2

Anforderungen		Lösungsqualität			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
1	erklärt unter Angabe ...	6			
2	bestätigt mithilfe der ...	8			
3	beurteilt, inwieweit die ...	6			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
Summe 2. Teilaufgabe		20			

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

Teilaufgabe 3

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	berechnet die Masse ...	6			
2	bewertet die durchgeführten ...	4			
3	stellt eine Hypothese ...	4			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe 3. Teilaufgabe	14			

Teilaufgabe 4

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1a	erläutert anhand einer ...	4			
1b	erläutert anhand einer ...	8			
2	berechnet die Hydroxid-Ionen-Konzentration ...	4			
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe 4. Teilaufgabe	16			
	Summe der 1., 2., 3. und 4. Teilaufgabe	66			

Darstellungsleistung

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

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

Die Festlegung der Gesamtnote erfolgt auf dem Auswertungsbogen in LK HT 1.



Name: _____

Abiturprüfung 2018

Chemie, Leistungskurs

Aufgabenstellung:

γ -Hydroxybuttersäure: Ein Mittel gegen Narkolepsie

1. Geben Sie die systematischen Namen für γ -Hydroxybuttersäure (GHB) und Bernsteinsäure an. Begründen Sie mithilfe von Oxidationszahlen, dass es sich bei der Reaktion von GHB zu Bernsteinsäure um eine Oxidation handelt. Erklären Sie die schwere Nachweisbarkeit von verabreichter GHB im menschlichen Körper sowie die gute Wasserlöslichkeit von GHB. (14 Punkte)
2. Geben Sie den Reaktionstyp für die Umwandlung von γ -Butyrolacton (GBL) zum GHB-Anion unter dem Einfluss von Hydroxid-Anionen an. Erläutern Sie die einzelnen Reaktionsschritte der o. g. Reaktion mithilfe von vereinfachten Strukturformeln. (12 Punkte)
3. Skizzieren Sie eine mögliche Titrationskurve für die Leitfähigkeitstiteration von Salzsäure mit Natronlauge und erläutern Sie diese, auch anhand von Reaktionsgleichungen. Erläutern Sie den Verlauf der gegebenen Titrationskurve (Abbildung 1) im Vergleich zu Ihrer Skizze, auch anhand von Reaktionsgleichungen. Bestimmen Sie die Ausgangskonzentration $c_0(\text{GHB})$ (Abbildung 1). (30 Punkte)
4. Erklären Sie die thermoplastischen Eigenschaften von Polyhydroxybuttersäure (PHB), auch mithilfe einer Skizze. Begründen Sie die schlechte Eignung von PHB als Verpackungsmaterial für Zitronensaft. (10 Punkte)

Zugelassene Hilfsmittel:

- Taschenrechner (graphikfähiger Taschenrechner / CAS-Taschenrechner)
- Periodensystem
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung



Name: _____

Fachspezifische Vorgaben:

Patienten mit Narkolepsie leiden unter exzessiver Tagesschläfrigkeit, d. h. mehrmals am Tag schlafen sie aufgrund sogenannter Einschlafattacken unvermeidlich ein, weswegen die Krankheit auch als Schlafkrankheit oder Schlummersucht bezeichnet wird. Die Dauer der Einschlafattacken beträgt meist zwischen wenigen Sekunden und 20 Minuten.

Arzneimittel gegen Narkolepsie enthalten als Wirkstoff z. B. γ -Hydroxybuttersäure (GHB). GHB ist zudem ein körpereigenes Stoffwechselprodukt, weswegen Spuren von GHB in jedem Menschen vorhanden sind.

Die Konzentration der schwachen Säure GHB in einer wässrigen Lösung lässt sich mithilfe von Natronlauge durch Leitfähigkeitstiteration bestimmen. Als Maß für die Leitfähigkeit kann die Stromstärke dienen. In einem Experiment wurden 100 mL GHB-Lösung mit Natronlauge der Konzentration $c = 2,0 \text{ mol/L}$ titriert.

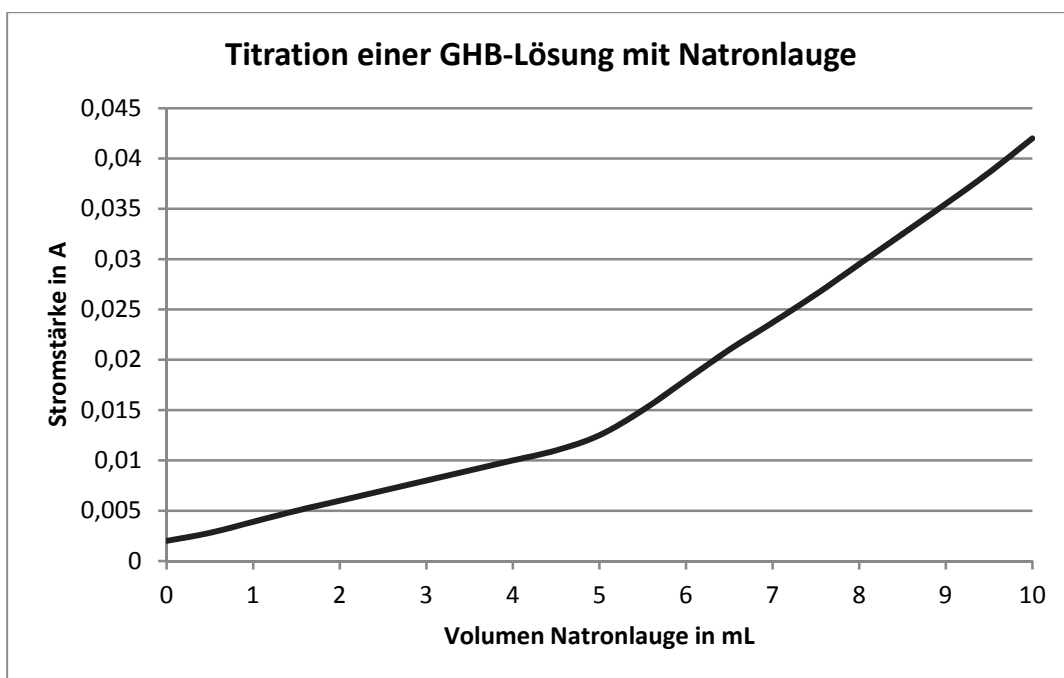


Abbildung 1: Titrationskurve einer Leitfähigkeitstiteration von GHB mit Natronlauge

Im Körper wird GHB enzymatisch sehr schnell zu Bernsteinsäure umgewandelt, die letztlich zu Kohlenstoffdioxid und Wasser abgebaut wird.



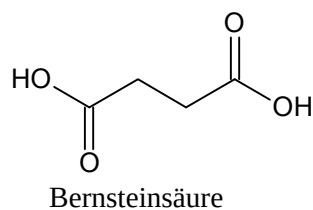
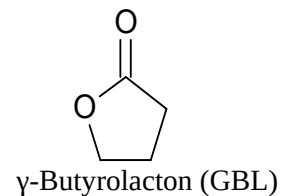
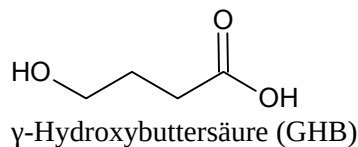
Name: _____

GHB steht im Gleichgewicht mit seinem „inneren Ester“, dem cyclischen γ -Butyrolacton (GBL):



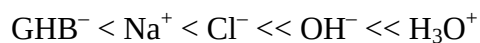
Aus Hydroxybuttersäuren lassen sich biologisch abbaubare Kunststoffe herstellen. Polyhydroxybuttersäure (PHB) wird z. B. für kompostierbare Lebensmittelverpackungen, Kosmetikflaschen, zum medizinischen Knochenaufbau oder für Implantate verwendet.

Zusatzinformationen:



Bei der Leitfähigkeitstiteration von GHB mit Natronlauge dissoziiert GHB als schwache Säure nur zu einem geringen Teil, dabei entstehen GHB^- -Ionen.

Ionen, geordnet nach ihrer Ionenäquivalentleitfähigkeit:



Innerer Ester: Ester, der sich bei Hydroxycarbonsäuren durch Reaktion der Hydroxygruppe mit der Carboxygruppe desselben Moleküls bildet (intramolekulare Esterbildung).

Unterlagen für die Lehrkraft**Abiturprüfung 2018****Chemie, Leistungskurs****1. Aufgabenart**

Bearbeitung einer Aufgabe, die auf fachspezifischen Vorgaben basiert

2. Aufgabenstellung¹ **γ -Hydroxybuttersäure: Ein Mittel gegen Narkolepsie**

1. Geben Sie die systematischen Namen für γ -Hydroxybuttersäure (GHB) und Bernsteinsäure an. Begründen Sie mithilfe von Oxidationszahlen, dass es sich bei der Reaktion von GHB zu Bernsteinsäure um eine Oxidation handelt. Erklären Sie die schwere Nachweisbarkeit von verabreichter GHB im menschlichen Körper sowie die gute Wasserlöslichkeit von GHB. (14 Punkte)
2. Geben Sie den Reaktionstyp für die Umwandlung von γ -Butyrolacton (GBL) zum GHB-Anion unter dem Einfluss von Hydroxid-Anionen an. Erläutern Sie die einzelnen Reaktionsschritte der o. g. Reaktion mithilfe von vereinfachten Strukturformeln. (12 Punkte)
3. Skizzieren Sie eine mögliche Titrationskurve für die Leitfähigkeitstitation von Salzsäure mit Natronlauge und erläutern Sie diese, auch anhand von Reaktionsgleichungen. Erläutern Sie den Verlauf der gegebenen Titrationskurve (Abbildung 1) im Vergleich zu Ihrer Skizze, auch anhand von Reaktionsgleichungen. Bestimmen Sie die Ausgangskonzentration $c_0(\text{GHB})$ (Abbildung 1). (30 Punkte)
4. Erklären Sie die thermoplastischen Eigenschaften von Polyhydroxybuttersäure (PHB), auch mithilfe einer Skizze. Begründen Sie die schlechte Eignung von PHB als Verpackungsmaterial für Zitronensaft. (10 Punkte)

¹ Die Aufgabenstellung deckt inhaltlich alle drei Anforderungsbereiche ab.

3. Materialgrundlage

- Andresen, H.; Stimpfl, T.; Sprys, N.; Schnitgerhans, T.; Müller, A.: Liquid Ecstasy – ein relevantes Drogenproblem. In: Dtsch. Ärztebl. 105 (2008) 36, S. 599 – 603
- Blume, R.; Wiechoczek, D.: <http://www.chemieunterricht.de/dc2/echemie/leitf-02.htm>. (Zugriff 20.09.2017)
- Römpf Enzyklopädie Online (2017), Stuttgart: Thieme Verl. <https://roempp.thieme.de/roempp4.0/do/Welcome.do> (Zugriff 13.10.2017)
- Hennessy, S. A. u. a.: The reactivity of gamma-hydroxybutyric acid (GHB) and gamma-butyrolactone (GBL) in alcoholic solutions. Journal of forensic sciences, 49 (2004) 6, S. 1220 – 1229

4. Bezüge zum Kernlehrplan und zu den Vorgaben 2018

Die Aufgaben weisen vielfältige Bezüge zu den Kompetenzerwartungen und Inhaltsfeldern des Kernlehrplans bzw. zu den in den Vorgaben ausgewiesenen Fokussierungen auf. Im Folgenden wird auf Bezüge von zentraler Bedeutung hingewiesen.

1. Inhaltsfelder und inhaltliche Schwerpunkte

Säuren, Basen und analytische Verfahren

- Eigenschaften und Struktur von Säuren und Basen
- Konzentrationsbestimmung von Säuren und Basen
- Titrationsmethoden im Vergleich

Organische Produkte – Werkstoffe und Farbstoffe

- Organische Verbindungen und Reaktionswege
- Reaktionsabläufe
- Organische Werkstoffe
- Farbstoffe und Farbigkeit
- Konzentrationsbestimmung durch Lichtabsorption

2. Medien/Materialien

- entfällt

5. Zugelassene Hilfsmittel

- Taschenrechner (graphikfähiger Taschenrechner / CAS-Taschenrechner)
- Periodensystem
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung

6. Vorgaben für die Bewertung der Schülerleistungen

Teilleistungen – Kriterien

a) inhaltliche Leistung

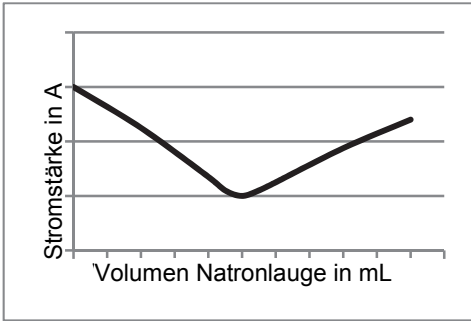
Teilaufgabe 1

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	gibt die systematischen Namen für γ -Hydroxybuttersäure (GHB) und Bernsteinsäure an: <ul style="list-style-type: none"> • 4-Hydroxybutansäure • 1,2-Ethandicarbonsäure (Butandisäure) 	2
2	begründet mithilfe von Oxidationszahlen, dass es sich bei der Reaktion von GHB zu Bernsteinsäure um eine Oxidation handelt, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Die Verbindungen unterscheiden sich lediglich in ihren funktionellen Gruppen: GHB besitzt eine Hydroxygruppe, Bernsteinsäure eine zweite Carboxygruppe. • Oxidationszahl am Kohlenstoffatom 4 bei GHB: $-I$ • Oxidationszahl am Kohlenstoffatom 4 bei der Bernsteinsäure: $+III$ • Begründung der Oxidation mit der Erhöhung der Oxidationszahl 	4
3a	erklärt die schwere Nachweisbarkeit von verabreichter GHB im menschlichen Körper, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Es sind deutlich höhere Konzentrationen nötig, um einen Unterschied zu der stoffwechselbedingten Konzentration zu erkennen. • Schneller Abbau von GHB zu Kohlenstoffdioxid und Wasser, dadurch ist GHB nicht lange nachweisbar. <i>(Hinweis: Alternative Lösungen sind entsprechend zu werten.)</i>	4
3b	erklärt die gute Wasserlöslichkeit von GHB. <i>(Hinweis: Es wird erwartet, dass der Prüfling darauf eingeht, dass die Hydroxy- und Carboxygruppe stark polar sind, dass sich H-Brücken zu Wassermolekülen ausbilden, dass die Alkylkette relativ kurz ist, dass GHB teilweise deprotoniert wird, wobei sich Carboxylat-Ionen und Oxonium-Ionen bilden. Alternative Lösungen sind entsprechend zu werten. Die Nennung von mindestens zwei Aspekten führt zur Vergabe der vollen Punktzahl.)</i>	4
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

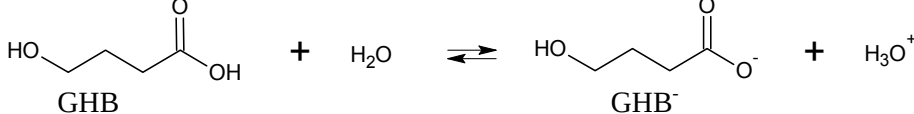
Teilaufgabe 2

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	gibt den Reaktionstyp für die Umwandlung von GBL zum GHB-Anion unter dem Einfluss von Hydroxid-Anionen an, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> Nukleophile Substitution bzw. Esterspaltung 	2
2a	erläutert die einzelnen Reaktionsschritte der o. g. Reaktion, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> Das nukleophile Hydroxid-Ion greift am partiell positiv geladenen Kohlenstoffatom der Estergruppe an. Das entstandene Anion reagiert weiter zu einem Alkoholat-Ion, unter Spaltung der Ringstruktur. Die Carboxygruppe wird deprotoniert und das Alkoholat-Ion zum Alkohol protoniert. Dabei entsteht das Carboxylat-Ion. 	6
2b	erläutert die einzelnen Reaktionsschritte der o. g. Reaktion mithilfe von vereinfachten Strukturformeln. (Hinweis: Es wird erwartet, dass der Prüfling entsprechende Reaktionsgleichungen und Strukturformeln angibt.)	4
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

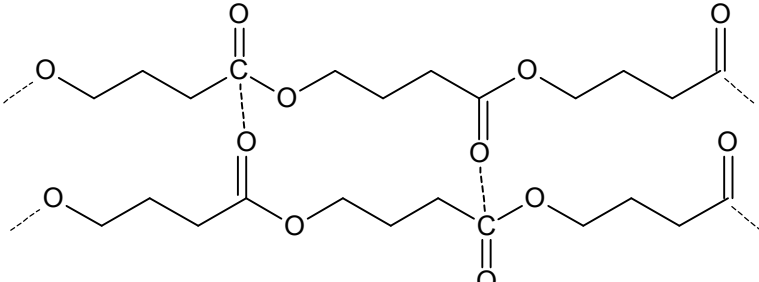
Teilaufgabe 3

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1a	skizziert eine mögliche Titrationskurve für die Leitfähigkeitstiteration von Salzsäure mit Natronlauge, z. B.: <div style="text-align: center;">  </div> (Hinweis: Es wird erwartet, dass der Prüfling die geringere Steigung der zweiten Geraden in seiner Zeichnung berücksichtigt.)	4

1b	<p>erläutert eine mögliche Titrationskurve für die Leitfähigkeitstiteration von Salzsäure mit Natronlauge, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Salzsäure protolysiert als starke Säure vollständig. • Vor der Titration wird die Gesamtleitfähigkeit ausschließlich durch Oxonium-Ionen und Chlorid-Ionen bestimmt. Durch Zugabe von Natronlauge nimmt die Leitfähigkeit ab, da die Oxonium-Ionenkonzentration durch die Neutralisation verringert wird. • In gleichem Maße steigt die Konzentration an Natrium-Ionen, die jedoch eine geringere Äquivalentleitfähigkeit besitzen als Oxonium-Ionen. • Am Äquivalenzpunkt erreicht die Leitfähigkeit ihr Minimum, da alle Oxonium-Ionen neutralisiert sind. Die Leitfähigkeit wird durch Natrium-Ionen und Chlorid-Ionen bestimmt. • Bei weiterer Zugabe von Natronlauge steigt sie wieder an. Nach dem Äquivalenzpunkt wird die Leitfähigkeit durch Natrium-, Hydroxid- und Chlorid-Ionen bestimmt. • Die Konzentration der Chlorid-Ionen während der Titration ist konstant. <p><i>(Hinweis: Alternative Lösungen sind entsprechend zu werten.)</i></p>	6
1c	<p>erläutert eine mögliche Titrationskurve für die Leitfähigkeitstiteration von Salzsäure mit Natronlauge, auch anhand von Reaktionsgleichungen, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Protolyse HCl: $\text{HCl} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+ + \text{Cl}^-$ • Neutralisation: $\text{H}_3\text{O}^+ + \text{Cl}^- + \text{Na}^+ + \text{OH}^- \rightarrow \text{Na}^+ + \text{Cl}^- + 2 \text{H}_2\text{O}$ <p><i>(Hinweise: Alternative Lösungen sind entsprechend zu werten. Für die Vergabe der vollen Punktzahl ist die Angabe der Zustandsformen nicht zwingend erforderlich.)</i></p>	4
2a	<p>erläutert den Verlauf der gegebenen Titrationskurve (Abbildung 1) im Vergleich zu seiner Skizze, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • GHB als schwache Säure dissoziiert nur zu einem sehr kleinen Teil. Vor der Laugenzugabe tragen somit lediglich sehr wenige Oxonium-Ionen und Säurerest-Ionen (GHB⁻) zur Leitfähigkeit bei. Daher ist im Vergleich zur Titration mit Salzsäure zu Beginn nur eine geringe Leitfähigkeit messbar. • Durch Zugabe von Natronlauge nimmt die Leitfähigkeit leicht zu, da gemäß der Neutralisationsgleichung die Konzentration sowohl an Natrium-Ionen als auch Säurerest-Ionen (GHB⁻) ansteigt. Im Vergleich zur Titration mit Salzsäure steigt die Leitfähigkeit, da bis zum Äquivalenzpunkt die Konzentration an Oxonium-Ionen aufgrund des Dissoziationsgleichgewichts etwa konstant bleibt. • Am Äquivalenzpunkt sind alle GHB-Moleküle bzw. nachdissoziierten Oxonium-Ionen neutralisiert. Die Leitfähigkeit wird durch Natrium-Ionen und Säurerest-Ionen (GHB⁻) bestimmt. • Die weitere Zugabe von Natronlauge lässt die Gerade steiler ansteigen, da die OH⁻-Ionen nicht mehr abgefangen/neutralisiert werden. Na⁺- und vor allem OH⁻-Ionen mit ihrer hohen Äquivalentleitfähigkeit bestimmen ab hier vorwiegend die Gesamtleitfähigkeit der Lösung. <p><i>(Hinweis: Alternative Lösungen sind entsprechend zu werten.)</i></p>	8

<p>2b</p>	<p>erläutert den Verlauf der gegebenen Titrationskurve (Abb. 1) im Vergleich zu seiner Skizze, auch anhand von Reaktionsgleichungen, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Protolyse GHB:  GHB GHB⁻ • Neutralisation GHB: $\text{GHB} + \text{Na}^+ + \text{OH}^- \rightarrow \text{GHB}^- + \text{Na}^+ + \text{H}_2\text{O}$ <p>(Hinweise: Alternative Lösungen sind entsprechend zu werten. Da GHB als schwache Säure nur sehr gering dissoziiert, reagieren die Hydroxid-Ionen zumeist direkt mit den GHB-Molekülen. Beide Lösungen sind zu akzeptieren.)</p>	<p>4</p>
<p>3</p>	<p>bestimmt die Ausgangskonzentration c_0, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ermittelt den Schnittpunkt der beiden Geraden bei $V(\text{NaOH}) = 5 \text{ mL}$ • berechnet die Stoffmenge an Hydroxid-Ionen am Äquivalenzpunkt: $n = c \cdot V$ $n(\text{OH}^-) = 2,0 \text{ mol/L} \cdot 0,005 \text{ L}$ $n(\text{OH}^-) = 0,01 \text{ mol}$ • Am ÄP gilt: $n(\text{OH}^-) = n(\text{GHB})$ $n(\text{GHB}) = 0,01 \text{ mol}$ • berechnet die Konzentration der GHB-Lösung: $c = n / V$ $c(\text{GHB}) = 0,01 \text{ mol} / 0,1 \text{ L}$ $c(\text{GHB}) = 0,1 \text{ mol/L}$ <p>(Hinweis: Alternative Lösungen sind entsprechend zu werten.)</p>	<p>4</p>
<p>4</p>	<p>erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)</p>	

Teilaufgabe 4

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
Der Prüfling		
<p>1a</p>	<p>erklärt die thermoplastischen Eigenschaften von PHB, auch mithilfe einer Skizze, z. B.:</p>  <p>(Hinweis: Alternative Lösungen sind entsprechend zu werten.)</p>	<p>4</p>

1b	erklärt die thermoplastischen Eigenschaften von PHB. <i>(Hinweis: Es wird erwartet, dass der Prüfling darauf eingeht, dass die Makromoleküle in PHB linear aufgebaut sind und keine Quervernetzungen aufweisen, dass zwischen den langkettigen Molekülen vor allem (schwächere) van-der-Waals-Kräfte und Dipol-Dipol-Kräfte wirken, die Ausbildung von H-Brücken außer an den Kettenenden kaum möglich ist. Die Nennung von mindestens drei Aspekten führt zur Vergabe der vollen Punktzahl.)</i>	4
2	begründet die schlechte Eignung von PHB als Verpackungsmaterial für Zitronensaft, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • PHB eignet sich nicht für diesen Zweck, weil es als Polyester säurekatalysiert hydrolysiert werden kann. • Eine beschleunigte Zersetzung des Verpackungsmaterials wäre die Folge. <i>(Hinweis: Alternative Lösungen sind entsprechend zu werten.)</i>	2
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

b) Darstellungsleistung

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

7. Bewertungsbogen zur Prüfungsarbeit

Name des Prüflings: _____ Kursbezeichnung: _____

Schule: _____

Teilaufgabe 1

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK ²	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	gibt die systematischen ...	2			
2	begründet mithilfe von ...	4			
3a	erklärt die schwere ...	4			
3b	erklärt die gute ...	4			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe 1. Teilaufgabe	14			

Teilaufgabe 2

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	gibt den Reaktionstyp ...	2			
2a	erläutert die einzelnen ...	6			
2b	erläutert die einzelnen ...	4			
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe 2. Teilaufgabe	12			

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

Teilaufgabe 3

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1a	skizziert eine mögliche ...	4			
1b	erläutert eine mögliche ...	6			
1c	erläutert eine mögliche ...	4			
2a	erläutert den Verlauf ...	8			
2b	erläutert den Verlauf ...	4			
3	bestimmt die Ausgangskonzentration ...	4			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe 3. Teilaufgabe	30			

Teilaufgabe 4

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1a	erklärt die thermoplastischen ...	4			
1b	erklärt die thermoplastischen ...	4			
2	begründet die schlechte ...	2			
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe 4. Teilaufgabe	10			
	Summe der 1., 2., 3. und 4. Teilaufgabe	66			

Darstellungsleistung

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

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

Die Festlegung der Gesamtnote erfolgt auf dem Auswertungsbogen in LK HT 1.