

Aufgabe 1

- 1 Bereits seit 1900 gibt es für Fertigmahlzeiten speziell konstruierte Konservendosen, die durch eine chemische Reaktion erwärmt werden können.

Eine in der Praxis erprobte Version einer Hot-Can®-Konservendose ist im nebenstehenden Schaubild schematisch dargestellt. Hierbei wird die bei der Reaktion von Calciumoxid mit Wasser zu Calciumhydroxid freigesetzte Energie zur Erwärmung der Fertigmahlzeit genutzt.



Funktionsweise:

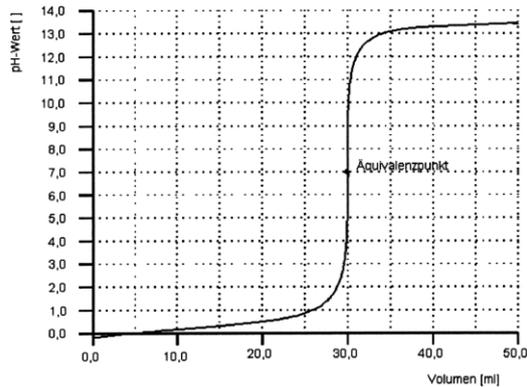
Die Trennschicht wird an mehreren Stellen mit einem Lochdorn durchstoßen, wodurch das Wasser in die Calciumoxid-Schicht gelangt.

Die exotherme Reaktion beginnt und der Doseninhalt erwärmt sich innerhalb weniger Minuten.

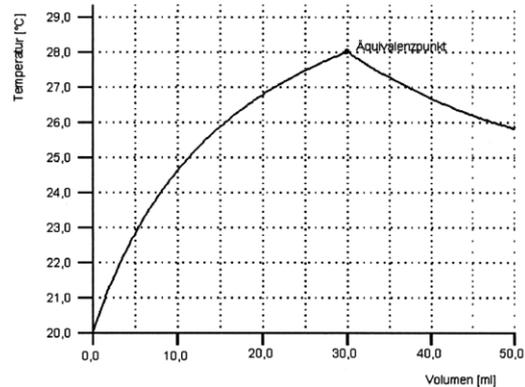
- 1.1 Formulieren Sie eine Reaktionsgleichung für die ablaufende Reaktion und berechnen Sie hierfür die Standardreaktionsenthalpie $\Delta_r H^\circ$.
(Hydratationseffekte bleiben unberücksichtigt) **3 VP**
- 1.2 Berechnen Sie die Massen an Calciumoxid und Wasser in der Außendose, die erforderlich sind, um 400 mL Kaffee um 75 K zu erwärmen.
Hinweise / Vereinfachungen:
Das System kann als isoliert betrachtet werden.
Für Kaffee können näherungsweise die Dichte und die spezifische Wärmekapazität des Wassers ($c_W = 4,18 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$) verwendet werden.
Wärmekapazität der Hot-Can® (inklusive Wasser und Calciumoxid):
 $C = 449 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$ **4 VP**
- 1.3 Calciumhydroxid bildet mit Wasser eine stark alkalische Lösung.
- Berechnen Sie den pH-Wert einer gesättigten Calciumhydroxid-Lösung, bei der in einem Liter Lösung 1,7 g Calciumhydroxid gelöst sind.
 - Zeigen Sie mit Hilfe einer Reaktionsgleichung, dass durch Umsetzung der Lösung mit Kohlenstoffdioxid unbedenkliche Produkte entstehen. Benennen Sie diese und beurteilen Sie, ob dadurch eine weggeworfene Dose unbedenklich ist. **5 VP**

- 2 Zur exakten Bestimmung der Stoffmengenkonzentration c von Salzsäure wird eine Titration durchgeführt. Hierbei wird bei 20 °C zu 20 mL Salzsäure unbekannter Konzentration Natronlauge der Stoffmengenkonzentration $c = 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ zugetropft. Dabei werden sowohl der pH-Wert als auch die Temperatur der Lösung fortlaufend gemessen.

Die Messergebnisse werden in Abhängigkeit vom Volumen der zugetropften Natronlauge dargestellt.



Titration mit pH-Messung



Titration mit Temperatur-Messung

- 2.1 Begründen Sie, warum der Äquivalenzpunkt bei $\text{pH} = 7$ liegt und berechnen Sie die Stoffmengenkonzentration der Salzsäure.

Erläutern Sie, welcher pH-Wert sich näherungsweise einstellt, wenn zu der Lösung weiterhin Natronlauge zugetropft wird. **4 VP**

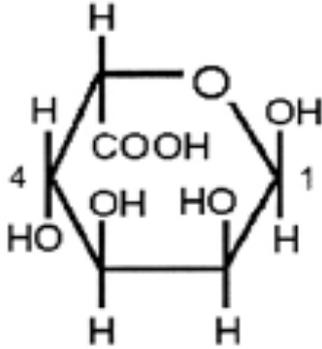
- 2.2 Erklären Sie, weshalb der Äquivalenzpunkt auch über die Temperaturkurve bestimmt werden kann.

Beurteilen Sie den Einfluss der Konzentrationen der Lösungen auf die Eignung der Temperatur-Methode zur Äquivalenzpunktbestimmung. **4 VP**

20 VP

Aufgabe 2

- 1 Alginsäure kommt in den Zellwänden von Algen vor. Sie verleiht ihnen als interzelluläre Gelmatrix sowohl Flexibilität als auch Stabilität. Alginsäure ist ein Polysaccharid, in dem die beiden Uronsäuren L-Guluronsäure und D-Mannuronsäure abwechselnd zu linearen Ketten verbunden sind.



L-Guluronsäure

- 1.1 Die β -D-Mannuronsäure unterscheidet sich von der β -D-Glucose in der Stellung der OH-Gruppe am C-Atom Nr. 2 und das C-Atom Nr. 6 ist zur Carboxylgruppe oxidiert.

Zeichnen Sie die Strukturformel der β -D-Mannuronsäure in der HAWORTH-Projektion.

2 VP

- 1.2 Die beiden Uronsäuren sollen 1,4-glykosidisch zu einem Disaccharid verbunden werden.

- Formulieren Sie die vollständige Reaktionsgleichung in HAWORTH-Projektion und benennen Sie den Reaktionstyp.
- Begründen Sie, ob das von Ihnen gezeichnete Disaccharid reduzierend wirkt. Beschreiben Sie ein Experiment, mit dem Sie Ihre Aussage überprüfen können.
- Zeigen Sie mit Hilfe von Oxidationszahlen, dass die beschriebene Nachweisreaktion eine Redoxreaktion ist.

7 VP

- 2 Die Salze der Alginsäure, die sogenannten Alginate, werden bei der Lebensmittelherstellung als Gelier- und Verdickungsmittel eingesetzt.

- 2.1 Die in Wasser unlösliche Alginsäure kann durch Reaktion mit Natronlauge in wasserlösliches Natriumalginat überführt werden.

Zeichnen Sie einen typischen Strukturformelausschnitt in HAWORTH-Projektion und erläutern Sie die gute Wasserlöslichkeit des Natriumalginats im Vergleich zur Alginsäure.

3 VP

- 2.2 Bei der Verwendung von Alginaten als Geliermittel ersetzt man die Natrium-Ionen durch Calcium-Ionen. Die Beweglichkeit der Polymerketten wird dadurch erheblich verringert.

Erklären Sie dieses Phänomen.

2 VP

- 3 Für Soßen und Süßspeisen wird häufig die aus Knochen und Knorpel von Schlachttierabfällen gewonnene Gelatine als Verdickungsmittel verwendet. Gelatinepulver wird in heißem Wasser gelöst, beim Abkühlen beginnt die Verdickung. Bei Zugabe von Ninhydrin-Lösung färbt sich das Gel violett. Auch die BIURET-Probe verläuft positiv.

- Benennen Sie die Stoffklasse, die mit diesen Reaktionen nachgewiesen werden kann.
- Vergleichen Sie die Monomere dieser Stoffklasse mit den Monomeren der oben beschriebenen Alginsäure (drei Angaben).

Das Geliervermögen der Gelatine hängt von der Zusammensetzung der Makromoleküle ab.

- Charakterisieren Sie die Monomere, die hierfür besonders geeignet sind, und begründen Sie.

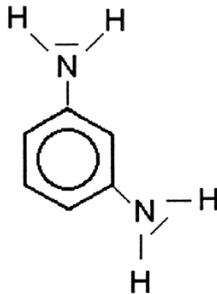
6 VP

20 VP

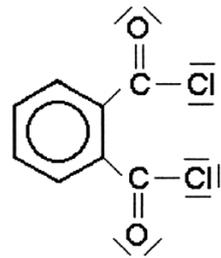
Aufgabe 3

Aromatische Dicarbonsäuren wie Phthalsäure und Terephthalsäure und deren Derivate sind wichtige Bausteine moderner Kunststoffe.

- 1.1 Sie finden Verwendung in Aramiden (aromatischen Polyamiden), die sich zur Herstellung hitzefester Kunstfasern wie z.B. NOMEX® in Brandschutzkleidung eignen. Bei der NOMEX®-Synthese verwendet man 1,3-Diaminobenzol und Phthaloyldichlorid (Phthalsäuredichlorid).



1,3-Diaminobenzol

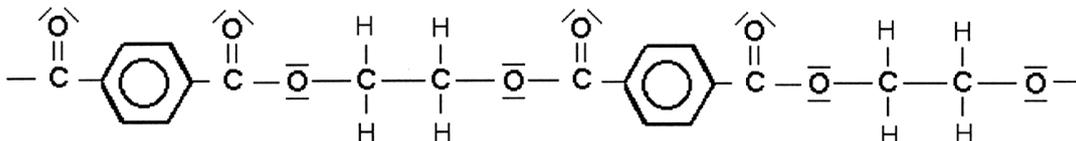


Phthaloyldichlorid

Zeichnen Sie einen Strukturformelausschnitt von NOMEX®, der drei Monomer-Bausteine umfasst und benennen Sie den Reaktionstyp der NOMEX®-Synthese.

3 VP

- 1.2 Getränkeflaschen bestehen häufig aus PET (Polyethylenterephthalat):



Zeichnen Sie die Strukturformeln der Monomere und benennen Sie die Stoffklassen der Monomere und des Polymers.

4 VP

- 1.3 Obwohl es sich bei NOMEX® als auch bei PET um lineare Makromoleküle handelt, zeigen sie unterschiedliches thermisches Verhalten. PET schmilzt ab etwa 235 °C, NOMEX® hingegen zersetzt sich ab ca. 400 °C unter Verkohlung ohne zu schmelzen.

- Erklären Sie das unterschiedliche Verhalten beim Erwärmen.

Durch Abwandlung eines Monomers von PET könnte das thermische Verhalten des Kunststoffs an das von NOMEX® angeglichen werden.

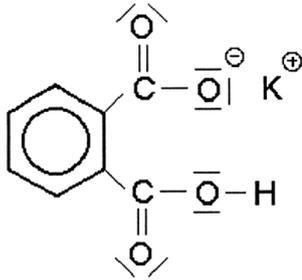
- Geben Sie eine Strukturformel eines geeigneten Monomers an und begründen Sie Ihre Wahl.

5 VP

- 1.4 Moderne Kunststoffe sollen nach Möglichkeit wiederverwertbar sein. Beschreiben Sie für NOMEX® und PET zwei unterschiedliche Verwertungsverfahren.

3 VP

- 2 Die Salze der Phthalsäure werden Phthalate genannt. Kaliumhydrogenphthalat findet zum Beispiel Verwendung in Pufferlösungen.



Kaliumhydrogenphthalat

- Erläutern Sie anhand der Molekülstruktur, dass Kaliumhydrogenphthalat zur Herstellung von Pufferlösung geeignet ist.
- Berechnen Sie die Stoffmengenkonzentration c einer Lösung, bei der ein Liter Lösung 50 g Kaliumhydrogenphthalat enthält. **5 VP**

20 VP

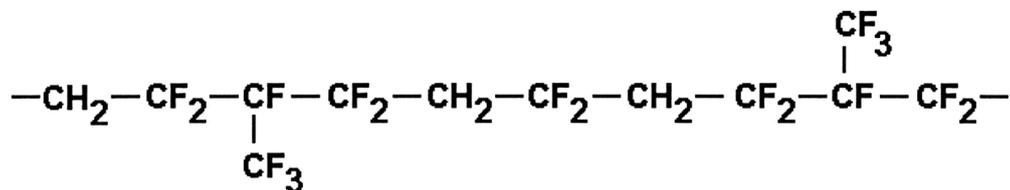
Aufgabe 4

- 1 Umweltfreundliche, elektrisch betriebene Automobile gewinnen zunehmend Marktanteile. In diesem Zusammenhang werden geeignete Akkumulatoren, vorwiegend auf Lithiumbasis, ständig weiter entwickelt. Lithium kommt in der Natur nur in Verbindungen vor. Elementares Lithium wird durch Elektrolyse einer Schmelze von Lithiumchlorid, dem zur Senkung der Schmelztemperatur Kaliumchlorid beigemischt wurde, bei etwa 360 °C hergestellt.

- Zeichnen Sie eine beschriftete Skizze einer Elektrolysezelle zur Herstellung von Lithium aus einer Lithiumchloridschmelze. Geben Sie Reaktionsgleichungen für die Elektrodenreaktionen und für die Gesamtreaktion ein.
- Begründen Sie mit Hilfe der Standardelektrodenpotenziale, welchen Vorteil Lithium für den Einsatz in Batterien und Akkumulatoren bietet.
- Erklären Sie anhand je eines selbst gewählten Beispiels den wesentlichen Unterschied zwischen einer Batterie und einem Akkumulator. **8 VP**

- 2 Moderne Lithiumakkumulatoren arbeiten mit einer Polymermembran, in der ein Lithiumsalz gelöst ist. Diese Membran dient als Elektrolyt zwischen Pluspol und Minuspol.

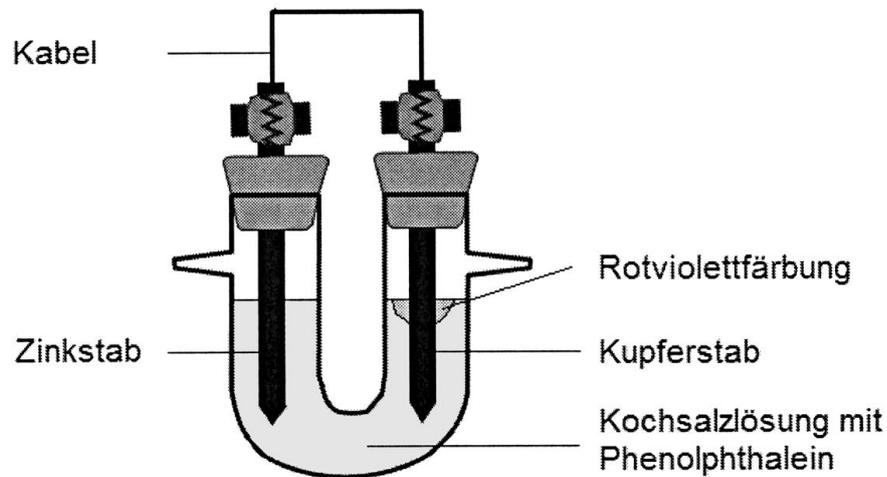
Ein Formelausschnitt des Polymermoleküls ist in der folgenden Abbildung dargestellt:



- Zeichnen Sie die Strukturformeln der beiden unterschiedlichen Monomere mit allen bindenden und nichtbindenden Elektronenpaaren und benennen Sie die Ausgangsstoffe.
 - Geben Sie den Reaktionstyp der Polyreaktion an und formulieren Sie einen Reaktionsmechanismus. **6 VP**
- 3 Neuerdings wird für eine umweltfreundliche, ausschließlich mittels „Wasserenergie“ betriebene Uhr geworben, die sogenannte *water powered clock*. Zur Bedienung und Funktionsweise der Uhr gibt der Hersteller folgende Angaben:

„Das erforderliche Wasser wird über einen Einfüllstutzen an der Oberseite der Uhr eingefüllt, dabei darf der Tank nur maximal zwei Drittel gefüllt werden. Die Energie einer Tankfüllung reicht ungefähr zwei Wochen, dann muss das Wasser erneuert werden. Als zusätzlicher Treibstoff wird eine Prise Kochsalz ins Wasser gegeben. Das Uhrwerk zieht die Energie über Zink- und Kupferelektroden, die in den Wassertank reichen, aus dem Salzwasser.“

Zur Überprüfung der Herstellerangaben wird der abgebildete Modellversuch durchgeführt:



Bereits nach kurzer Zeit tritt im oberen Bereich der Kochsalzlösung um den Kupferstab eine Rotviolett färbung auf.

- Werten Sie die Beobachtung aus dem Modellversuch aus und erklären Sie mit Hilfe der experimentell gewonnenen Erkenntnisse die wirkliche Funktionsweise der Uhr.
 Formulieren Sie die entsprechenden Reaktionsgleichungen.
- Vergleichen Sie Ihre Ergebnisse mit den Aussagen des Herstellers. **6 VP**

20 VP

Säurekonstanten bei 25° C

Säure	K_s in mol · L ⁻¹	p <i>K_s</i>
HI	10 ⁸	- 8
HBr	10 ⁶	- 6
HCl	10 ⁶	- 6
H ₂ SO ₄	1000	- 3
H ₃ O ⁺	54,95	- 1,74
HNO ₃	19,95	- 1,30
HSO ₄ ⁻	1,02 · 10 ⁻²	1,99
H ₂ SO ₃	1,38 · 10 ⁻²	1,86
H ₃ PO ₄	7,08 · 10 ⁻³	2,15
HNO ₂	7,08 · 10 ⁻⁴	3,15
HF	6,76 · 10 ⁻⁴	3,17
HCOOH	1,82 · 10 ⁻⁴	3,74
C ₆ H ₅ COOH	6,31 · 10 ⁻⁵	4,20
CH ₃ COOH	1,74 · 10 ⁻⁵	4,76
H ₂ CO ₃ (CO ₂ + H ₂ O)	4,47 · 10 ⁻⁷	6,35
H ₂ S	9,55 · 10 ⁻⁸	7,02
HSO ₃ ⁻	6,46 · 10 ⁻⁸	7,19
H ₂ PO ₄ ⁻	6,31 · 10 ⁻⁸	7,20
HCN	6,17 · 10 ⁻¹⁰	9,21
NH ₄ ⁺	5,75 · 10 ⁻¹⁰	9,24
C ₆ H ₅ OH	1,05 · 10 ⁻¹⁰	9,98
HCO ₃ ⁻	4,68 · 10 ⁻¹¹	10,33
HPO ₄ ²⁻	4,17 · 10 ⁻¹³	12,38
HS ⁻	1,26 · 10 ⁻¹⁴	13,90
H ₂ O	1,80 · 10 ⁻¹⁶	15,74
NH ₃	1,00 · 10 ⁻²³	23,00
OH ⁻	1,00 · 10 ⁻²⁴	24,00

Elektrodenpotenziale bei 25° C in wässrigen Lösungen ^{*)}

Reduzierte Form	Oxidierter Form	Potenzial in Volt
Li	Li ⁺	- 3,04
K	K ⁺	- 2,94
Ca	Ca ²⁺	- 2,87
Na	Na ⁺	- 2,71
Mg	Mg ²⁺	- 2,36
Al	Al ³⁺	- 1,68
Mn	Mn ²⁺	- 1,18
H ₂ + 2 OH ⁻	2 H ₂ O	- 0,83
Zn	Zn ²⁺	- 0,76
Cr	Cr ³⁺	- 0,74
S ²⁻	S (s)	- 0,45
Fe	Fe ²⁺	- 0,44
H ₂ + 2 OH ⁻	2 H ₂ O	- 0,41 (bei pH = 7)
Pb + SO ₄ ²⁻	PbSO ₄ (s)	- 0,36
Co	Co ²⁺	- 0,28
Ni	Ni ²⁺	- 0,24
Pb	Pb ²⁺	- 0,13
H ₂	2 H ⁺	0,00
Cu	Cu ²⁺	+ 0,34
4 OH ⁻	O ₂ + 2 H ₂ O	+ 0,40
2 I ⁻	I ₂	+ 0,54
H ₂ O ₂	O ₂ + 2 H ⁺	+ 0,68
Ag	Ag ⁺	+ 0,80
2 H ₂ O	O ₂ + 4 H ⁺	+ 0,83 (bei pH = 7)
2 Br ⁻	Br ₂	+ 1,10
Pt	Pt ²⁺	+ 1,18
2 H ₂ O	O ₂ + 4 H ⁺	+ 1,23
2 Cl ⁻	Cl ₂	+ 1,36
Au	Au ³⁺	+ 1,42
Pb ²⁺ + 2 H ₂ O	PbO ₂ (s) + 4 H ⁺	+ 1,47
PbSO ₄ (s) + 2 H ₂ O	PbO ₂ (s) + SO ₄ ²⁻ + 4 H ⁺	+ 1,68
2 H ₂ O	H ₂ O ₂ + 2 H ⁺	+ 1,76
2 F ⁻	F ₂	+ 2,89

^{*)} Wenn nicht anders angegeben, liegen Standardbedingungen vor.

Thermodynamische Daten bei Standardbedingungen

	$\Delta_f H^0$ in $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$	S^0 in $\text{J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$		$\Delta_f H^0$ in $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$	S^0 in $\text{J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
$\text{H}_2(\text{g})$	0	131	$\text{CH}_4(\text{g})$	-74	186
$\text{H}^+(\text{aq})$	0	0	$\text{C}_2\text{H}_6(\text{g})$	-84	230
$\text{O}_2(\text{g})$	0	205	$\text{C}_3\text{H}_8(\text{g})$	-105	270
$\text{H}_2\text{O}(\text{l})$	-286	70	$\text{C}_4\text{H}_{10}(\text{g})$	-126	310
$\text{H}_2\text{O}(\text{g})$	-242	189	$\text{C}_8\text{H}_{18}(\text{l})$	-250	361
$\text{C}(\text{s})$ Graphit	0	6			
$\text{CO}(\text{g})$	-111	198	$\text{C}_2\text{H}_4(\text{g})$	52	220
$\text{CO}_2(\text{g})$	-394	214			
			$\text{C}_2\text{H}_2(\text{g})$	228	201
$\text{N}_2(\text{g})$	0	192			
$\text{N}_2\text{O}(\text{g})$	82	220			
$\text{NO}(\text{g})$	90	211			
$\text{NO}_2(\text{g})$	33	240	$\text{CH}_3\text{OH}(\text{l})$	-238	127
$\text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$	9	304	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(\text{l})$	-277	161
$\text{HNO}_3(\text{l})$	-174	156			
$\text{NH}_3(\text{g})$	-46	193	$\text{HCHO}(\text{g})$	-109	219
			$\text{CH}_3\text{CHO}(\text{g})$	-166	264
$\text{S}(\text{s})$	0	32	$\text{CH}_3\text{COCH}_3(\text{l})$	-248	200
$\text{SO}_2(\text{g})$	-297	248			
$\text{SO}_3(\text{g})$	-396	257	$\text{HCOOH}(\text{l})$	-409	128
$\text{H}_2\text{SO}_4(\text{l})$	-814	157	$\text{CH}_3\text{COOH}(\text{l})$	-487	160
			$\text{C}_6\text{H}_6(\text{l})$	49	173
			$\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3(\text{l})$	12	220
			$\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}(\text{s})$	-155	142
			$\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2(\text{l})$	35	192
			$\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}=\text{CH}_2(\text{l})$	104	180
			Glucose (s)	-1273	212
			Saccharose (s)	-2222	360