

Beispielklausuraufgabe für einen LK 13

Teilaufgabe I

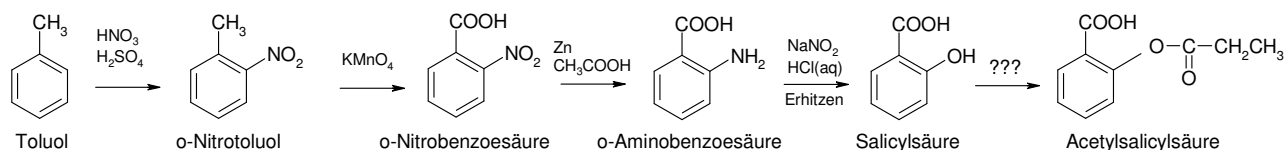
Thema: Synthese von Acetylsalicylsäure und Benzocain

Aufgabenstellung:

1. Ermitteln Sie die Reaktionsgleichung für die Synthese von Acetylsalicylsäure aus Salicylsäure und beliebigen weiteren Ausgangsstoffen mit Strukturformeln und Namen und erläutern Sie, warum Acetylsalicylsäure im Magen wieder Salicylsäure bilden kann.
2. Bei der Umsetzung von Toluol mit einem Gemisch aus Salpetersäure und Schwefelsäure zu Nitrotoluol handelt es sich um eine elektrophile aromatische Substitution. Das elektrophile Agens ist ein NO_2^+ -Ion. Stellen Sie den Mechanismus dieser Reaktion auf und erklären Sie die zu erwartende mengenmäßige Verteilung von o-, m- und p-Nitrotoluol. Ermitteln Sie die Reaktionsgleichung für die Bildung des NO_2^+ -Ions.
3. Stellen Sie ähnlich wie im Informationstext einen Syntheseweg auf, bei dem aus Toluol in mehreren Schritten Benzocain gewonnen wird. Geben Sie dabei über den Reaktionspfeilen die Formeln der benötigten Stoffe an und benennen Sie alle Zwischenprodukte und Produkte.
4. Das beim u.a. Syntheseweg für Acetylsalicylsäure auftretende o-Nitrotoluol ist krebserzeugend. Erläutern Sie, ob man Acetylsalicylsäure nicht auch ausgehend von Benzoesäure, die leicht verfügbar ist, herstellen kann.

Informationstext:

Ein gängiges Schmerzmittel ist Aspirin®, sein Wirkstoff ist die Acetylsalicylsäure. Sie wird aus Salicylsäure hergestellt. Die Salicylsäure wiederum kann aus Pflanzen gewonnen oder synthetisch hergestellt werden. Neben der üblichen Kolbe-Synthese sieht ein anderer möglicher Syntheseweg so aus:



Als Nebenwirkung von Acetylsalicylsäure findet man auf dem Beipackzettel den Hinweis auf Magen-Darm-Beschwerden wie Magenschmerzen und geringfügige Blutverluste aus dem Magen-Darm-Bereich. Dies kann man darauf zurückführen, dass Acetylsalicylsäure im Magen zum Teil wieder Salicylsäure bildet, die mit einem pK_S -Wert von 2,97 stärker sauer ist als Acetylsalicylsäure mit einem pK_S -Wert von 3,5.

In Haltabletten wie Dorithricin® oder Dolo-Dobendan® kommt ein Lokalanästhetikum namens Benzocain vor, das ganz ähnlich hergestellt werden kann wie für Acetylsalicylsäure oben beschrieben.

Zusatzinformationen:

Salicylsäure heißt auch 2-Hydroxybenzoesäure oder o-Hydroxybenzoesäure.

Benzocain heißt auch 4-Aminobenzoessäureethylester oder p-Aminobenzoessäureethylester.

Im Magen liegt wegen der Magensäure ein schwach saures Milieu vor.

Hilfsmittel:

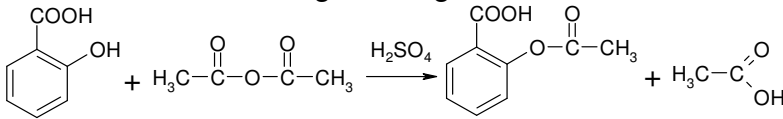
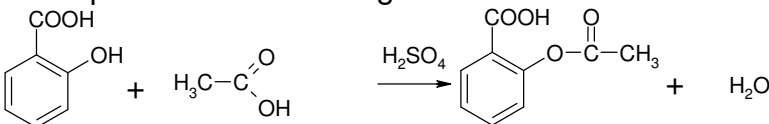
- Liste der Operatoren Chemie
- Wissenschaftlicher Taschenrechner
- Periodensystem
- Deutsches Wörterbuch zur Rechtschreibung

Bearbeitungszeit: 120 Minuten

Vorgaben für die Bewertung der Schülerleistungen

Teilleistungen – Kriterien I. Aufgabe

a) Inhaltliche Leistung

Teil- auf- gabe	Anforderung	Lösungsqualität			
		Anforderungs- bereich			
		I	II	III	
Teilaufgabe I.1	Der Prüfling				
	1	<ul style="list-style-type: none"> ermittelt die Reaktionsgleichung 		6	
		<ul style="list-style-type: none"> gibt die Schwefelsäure über dem Reaktionspfeil an: Akzeptiert wird auch Essigsäure als Edukt: 	1		
	2	<ul style="list-style-type: none"> benennt die Reaktionspartner: Salicylsäure + Essigsäureanhydrid → Acetylsalicylsäure + Essigsäure bzw: Salicylsäure + Essigsäure → Acetylsalicylsäure + Wasser 	3		
	3	<ul style="list-style-type: none"> erläutert, dass es sich bei der o.g. Synthese um eine Veresterung handelt, 	2		
	4	<ul style="list-style-type: none"> deren Umkehrreaktion - die Hydrolyse - zu Salicylsäure und Essigsäure führt. Veresterung und Hydrolyse werden durch Säuren katalysiert, so dass die Magensäure die Hydrolyse begünstigt. 		4	
Summe Teilaufgabe I.1		6	10	0	

Teil- auf- gabe	Anforderung	Lösungsqualität			
		Anforderungs- bereich			
		I	II	III	
Teilaufgabe I.2	Der Prüfling				
	1	<ul style="list-style-type: none"> stellt den Mechanismus auf: <p>The mechanism shows toluene reacting with NO_2^+ via an electrophilic attack to form a π-complex. This is followed by the formation of a σ-complex, with three resonance structures shown in brackets. The final product is o-nitrotoluene and H^+.</p>			8
	2	<ul style="list-style-type: none"> erklärt die mengenmäßige Verteilung: Rein rechnerisch gibt es zwei o-Positionen, zwei m-Positionen und eine p-Position. Es wäre also 40% o-Produkt, 40% m-Produkt und 20% p-Produkt zu erwarten. 		6	
	3	<ul style="list-style-type: none"> Die Methylgruppe des Toluols hat einen +I-Effekt. Dieser wirkt aktivierend für die Zweitsubstitution und o- und p-dirigierend. Daher ist praktisch kein m-Produkt zu erwarten, sondern etwa 2/3 o-Produkt und etwa 1/3 p-Produkt. 		8	
	4	<ul style="list-style-type: none"> ermittelt die Reaktionsgleichung: $\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{H}_2\text{NO}_3^+ + \text{HSO}_4^-$ $\text{H}_2\text{NO}_3^+ \longrightarrow \text{NO}_2^+ + \text{H}_2\text{O}$		4	
		<ul style="list-style-type: none"> ggf.: erfüllt weiteres aufgabenspezifisches Kriterium (4) 			
Summe Teilaufgabe I.2		0	18	8	

Teil- auf- gabe	Anforderung	Lösungsqualität		
		Anforderungs- bereich		
		I	II	III
Teilaufgabe I.3	Der Prüfling			
	1	<ul style="list-style-type: none"> stellt den Syntheseweg auf: 	5	
	2			3
	3	<ul style="list-style-type: none"> macht Angaben über den Reaktionspfeilen 	5	
	4	<ul style="list-style-type: none"> benennt die Zwischenprodukte: Toluol → p-Nitrotoluol → p-Nitrobenzoesäure → p-Aminobenzoensäure → p-Aminobenzoensäureethylester (Benzocain) 	4	
	4	<ul style="list-style-type: none"> stellt die Reaktionsgleichung auf: 		3
Summe Teilaufgabe I.3		9	5	3

Teilaufgabe I.4	Der Prüfling				
	1	<ul style="list-style-type: none"> • erläutert: Die Carboxylgruppe der Benzoesäure hat einen –M-Effekt. 		2	
	2	<ul style="list-style-type: none"> • Daher wirkt sie hinsichtlich der Zweitsubstitution de-saktivierend und m-dirigierend. 	2		
	3	<ul style="list-style-type: none"> • Das Nitrieren ginge erstens schlechter als bei Toluol 		2	
	4	<ul style="list-style-type: none"> • und zweites würde m-Nitrobenzoesäure, nicht aber o-Nitrobenzoesäure entstehen. Es ist daher beim dem o.g. Reaktionsweg nicht möglich, für die Synthese von ASS von Benzoesäure auszugehen. 			3
		<ul style="list-style-type: none"> • Die Möglichkeit, Benzoesäure zu Phenol zu reduzieren, um dann mit der Kolbesynthese Salicylsäure herzustellen, wird nicht erwartet. Sie würde die o.g. Lösung von Teilaufgabe 4 bei voller Punktzahl ersetzen können (9). 			
	Summe Teilaufgabe I.4			2	4
Summe Teilaufgaben I.1, I.2, I.3 und I.4			17	37	14

b) Darstellungsleistung

Teil-auf-gabe	Anforderung	Lösungsqualität
Teilaufg. I.1, I.2, I.3, I.4	Der Prüfling	
	<ul style="list-style-type: none"> • führt seine Gedanken schlüssig, stringent und klar aus. • 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. 	7
	Summe Darstellungsleistung	7

Zwischensumme:

75 Punkte

Notenfindung:

Die Notenvergabe erfolgt wie im Abitur.

Dies ist nur eine Teilaufgabe. Exemplarisch soll die Notenvergabe unter der Annahme verdeutlicht werden, dass in der gesamte Klausur maximal 75 Punkte möglich wären:

Note	Punkte	Erreichte Punktzahl in Prozent	Erreichte Punktzahl in Punkten
1+	15	≥ 95	≥ 71
1	14	≥ 90	≥ 67
1-	13	≥ 85	≥ 64
2+	12	≥ 80	≥ 60
2	11	≥ 75	≥ 56
2-	10	≥ 70	≥ 52
3+	9	≥ 65	≥ 49
3	8	≥ 60	≥ 45
3-	7	≥ 55	≥ 41
4+	6	≥ 50	≥ 37
4	5	≥ 45	≥ 34
4-	4	$\geq 38,75$	≥ 29
5+	3	$\geq 32,5$	≥ 24
5	2	$\geq 26,25$	≥ 20
5-	1	≥ 20	≥ 15
6	0	≥ 0	≥ 0