

Preparatory Problems (Practical)



55TH INTERNATIONAL
CHEMISTRY OLYMPIAD
SWITZERLAND 2023

Q1-1

KOR (Republic of Korea)

필수 의약품

시약

시약	유해성	GHS 유해성 문구
고체 1/2/3/4	없음	없음
고체 1/2/3/4	해로움	H302, H315, H319; P264, P270, P280, P301+P312, P302+P352, P305+P351+P338
고체 1/2/3/4	산화성 부식성 해로움 건강에 유해함 환경에 유해함	H272, H302, H314, H361d, H373, H410; P210, P260, P273, P280, P303+P361+P353, P305+P351+P338
고체 1/2/3/4	해로움 건강에 유해함 환경에 유해함	H302+H312+H332, H315, H319, H335, H372, H400; P273, P280, P301+P312, P302+P352+P312, P304+P340+P312, P314
Petroleum ether	발화성 해로움 건강에 유해함 환경에 유해함	H224, H304, H315, H336, H411; P210, P233, P273, P301+P310, P331, P403+P233
Sulfuric acid, H ₂ SO ₄ , 1 M	부식성	H290, H315, H319; P234, P264, P280, P302+P352, P305+P351+P338, P332+P313
용액 I/II/III/IV/V	부식성 환경에 유해함	H314, H410; P273, P280, P303+P361+P353, P304+P340+P310, P305+P351+P338, P363
용액 I/II/III/IV/V	없음	없음
용액 I/II/III/IV/V	독성	H301, H315, H319; P264, P270, P280, P301+P310, P302+P352, P305+P351+P338
Solution I/II/III/IV/V	산화성 독성 환경에 유해함	H272, H301, H319, H400; P210, P220, P264, P273, P301+P310, P305+P351+P338
용액 I/II/III/IV/V	없음	없음
용액 A/B/C	부식성 해로움 환경에 해로움	H302, H318, H410; P264, P270, P273, P280, P301+P312, P305+P351+P338
용액 A/B/C	해로움 건강에 유해함	H302, H319, H372; P260, P264, P270, P280, P301+P312, P305+P351+P338, P314, P337+P313, P501
용액 A/B/C	해로움	H319; P264, P280, P305+P351+P338, P337+P313

각 고체의 질량은 약 200 mg이다. 각 용액의 부피는 약 20 ml이다. 미지 용액의 농도는 약 1 wt%.

Preparatory Problems (Practical)



55TH INTERNATIONAL
CHEMISTRY OLYMPIAD
SWITZERLAND 2023

Q1-2

KOR (Republic of Korea)

초자 및 장치

항목	수량
시험관 받침대	1
네임펜	1
고체 1-4가 담긴 밀폐형 바이알	4
용액 I-V가 담긴 밀폐형 바이알	5
용액 A-C가 담긴 밀폐형 바이알	3
석유 에테르와 H ₂ SO ₄ 용액이 담긴 밀폐형 바이알	2
시험관	적어도 15
플라스틱 파스퇴르 피펫	12
증류수가 담긴 세척병	1

스위스는 세계적으로 유명한 제약 산업의 중심지이다. 바젤 지역에 있는 노바티스나 호프만-라로슈와 같은 매우 큰 회사들이 스위스에 있다. 스위스의 수출 제품 중 화학제품이 선두를 차지하고 있다. 스위스에는 또한 제네바에 본부가 있는 유엔 전문기관인 세계보건기구 (WHO)가 있다.

1977에 WHO는 필수약품 목록 (EML)을 발표하였고 이후 2년마다 업데이트되고 있다. 현재 목록에는 약 500개의 약을 포함하고 있으며 이들은 보건 시스템의 주요 요구 사항을 만족시키기 위해 가장 효율적이고 안전한 것으로 간주된다. 이번 실험에서는 이 목록에서 성분을 확인하고 EML에 포함된 특성을 확인할 것이다.

참고: 화학물의 의학적 사용에 대한 지식은 필요하지 않다. 여기서 의학적 사용에 대한 질문은 단지 학식을 향상시키기 위한 것이다.

파트 A

- 1.1 각각의 바이알 1-4에는 목록에 있는 단 한가지 고체만 존재한다 :
BaSO₄, FeSO₄·7H₂O, [Ag(NH₃)₂]F, KMnO₄, Fe₄[Fe(CN)₆]₃, C, As₂O₃, I₂,
Na₂[Fe(CN)₅(NO)]·2H₂O.
표에 해당하는 의약품의 식을 쓰시오.

화학식	상호 (예)	의학적 용도
	CharcoAid	독 (비특이적 해독제)
	방사성 물질 분해 효소	탈륨 및 방사성 세슘 중독
	Trisenox	암
	Feosol	철분 결핍증
	Nipride	고혈압성 위험(고혈압)
	Permitabs	피부과 감염
	Varibar	X-선 영상촬영 (방사선 조영제)
	Iodosorb	아이오딘 결핍, 방부제
	Saforide	충치 예방, 항균제

Preparatory Problems (Practical)



55TH INTERNATIONAL
CHEMISTRY OLYMPIAD
SWITZERLAND 2023

Q1-3

KOR (Republic of Korea)

- 1.2 외관이나, 물과 석유 에테르에 대한 용해도 용액의 색상등을 이용하여 바이알 1-4 에 있는 화합물을 식별하시오.

바이알	화합물	이유
1		
2		
3		
4		

- 1.3 1-4 중 수용액에서 서로 반응할 수 있는 화합물을 찾으시오. 산을 첨가하지 않은 조건과 첨가한 조건으로 각각 이 실험을 수행하시오. 관측 결과를 구체화하고 반응식을 쓰시오. 침전의 경우 “↓”, 기체의 경우 “↑”로 표시하시오.

조건	관찰 결과 반응식
H ₂ SO ₄ 첨가하지 않음	
H ₂ SO ₄ 첨가함	

파트 B

바이알 I-V 에는 EML 목록에 있는 소듐 염 5종이 있다.:

fluoride, hypochlorite, nitrite, hydrogen carbonate and thiosulfate.

- 1.4 해당 의학적 용도에 해당하는 화합물을 문자로 쓰시오.

- A - 심각한 대사성 산증
- B - 충치 예방
- C - 시안화물 중독
- D - 시안화물 중독 및 진균성 피부 감염
- E - 소독제

화학식	문자
NaNO ₂	
NaHCO ₃	
Na ₂ S ₂ O ₃	
NaF	
NaClO	

Preparatory Problems (Practical)



55TH INTERNATIONAL
CHEMISTRY OLYMPIAD
SWITZERLAND 2023

Q1-4

KOR (Republic of Korea)

- 1.5** 화합물 I-V를 구별하시오. H_2SO_4 용액과 화합물 1-4를 사용할 수 있다. 각 화합물에 대해 화합물을 식별할 때 도움이 되는 적어도 1개 이상의 화학반응식을 쓰시오. 관찰 결과를 구체적으로 쓰시오. 침전의 경우 “↓”, 기체의 경우 “↑”로 표시하시오.

화합물	화학식	관찰 결과 반응식
I		
II		
III		
IV		
V		

파트 C

다음 화합물 중 2개의 화합물을 선택해 혼합한 3개의 용액이 바이알 A-C에 있다.

Li_2CO_3 , $ZnSO_4$, KI , CH_3COOH , $MgSO_4$, $CaCl_2$

이 화합물들은 EML에도 중요한 의약품으로 등재되어 있다. 각각의 화합물들은 혼합물을 준비할 때 사용되며 한 번만 사용된다.

- 1.6** 세가지 혼합물이 가능한 조합을 찾으시오. 화합물들의 의약적 용도에 맞게 배열하시오.

화합물	의학적 용도
	조울증
	갑상선 기능 항진증, 방사선 사고, 곰팡이 감염

혼합물 1

화합물	의학적 용도
	항경련제
	설사

혼합물 2

화합물	의학적 용도
	해당 금속 보충제
	귓구멍 감염증

혼합물 3

Preparatory Problems (Practical)



55TH INTERNATIONAL
CHEMISTRY OLYMPIAD
SWITZERLAND 2023

Q1-5

KOR (Republic of Korea)

- 1.7** 혼합물 A-C 사이의 교차 반응을 수행하고 다음 표에 관찰 경과를 작성하시오. 침전의 경우 “↓”, 기체의 경우 “↑”, 가시적인 관찰 결과가 없으면 “-”로 표시하시오. 일부 반응의 경우 사용된 시약의 비율에 따라 달라질 수 있다.

혼합물	A	B	C
A			
B			
C			

- 1.8** 관찰 결과를 이용하여 각 혼합물의 조성을 결정하시오. 이온방정식을 쓰시오. 침전의 경우 “↓”, 기체의 경우 “↑”로 표시하시오.

--	--

혼합물 A

--	--

혼합물 B

--	--

혼합물 C

조합	이온 방정식
A+B	
A+C	
B+C	

Preparatory Problems (Practical)



55TH INTERNATIONAL
CHEMISTRY OLYMPIAD
SWITZERLAND 2023

Q2-1

KOR (Republic of Korea)

스위스의 주들

시약

시약	유해성	GHS 유해성 문구
용액 1/2/3/4/5	해로움, 환경에 유해함	H302, H319, H410; P264, P280, P301+P330+P331, P312, P337+P313
용액 1/2/3/4/5	해로움	H302; P280, P301+P312, P303+P361+P353, P305+P351+P338
용액 1/2/3/4/5	부식성	H314; P280, P301+P330+P331, P303+P361+P353, P305+P351+P338, P310
용액 1/2/3/4/5	유독성 부식성 환경에 유해함	H290, H301, H314, H332, H400; P260, P273, P280, P303+P361+P353, P304+P340+P310, P305+P351+P338
용액 1/2/3/4/5	부식성	H314; P260, P280, P301+P330+P331, P303+P361+P353, P304+P340+P310, P305+P351+P338
1 M NH ₃ 용액	부식성 환경에 유해함	H315, H318, H410; P264, P273, P280, P302+P352, P305+P351+P338, P332+P313
1 M H ₂ SO ₄ 용액	부식성	H290, H315, H319; P234, P264, P280, P302+P352, P305+P351+P338, P332+P313
용액 CH-1/CH-2/CH-3	해로움 건강에 유해함	H302, H319, H371, H373; P301+P312+P330, P305+P351+P338, P308+P311
용액 CH-1/CH-2/CH-3	유독성 건강에 유해함 환경에 유해함	H301+H331, H351, H373, H410; P202, P260, P264, P273, P301+P310, P304+P340+P311
용액 CH-1/CH-2/CH-3	부식성	H318; P280, P305+P351+P338+P310
아연(Zn) 분말	환경에 유해함	H410; P273, P391, P501
용액 A/B	해로움 부식성 환경에 유해함	H302, H315, H318, H335, H410 P280, P301+P330+P331, P302+P352, P304+P340, P305+P351+P338, P310, P332+P313
용액 A/B	유독성 환경에 유해함	H301, H411 P264, P270, P273, P301+P310, P391, P405
1 wt% KMnO ₄ 용액	산화성 부식성 해로움 건강에 유해함 환경에 유해함	H272, H302, H314, H361d, H373, H410; P210, P260, P273, P280, P303+P361+P353, P305+P351+P338

각 용액의 부피는 20 ml이다. 암호화된(encoded) 용액의 농도는 1-5wt%이다. 식별 반응(identification reaction)에 참여하지 않는 일부 이온들은 비활성 이온으로 대체되어 있을 수 있다. 일부 암호화된 화합물 용액은 표적 이온과 비활성 상대이온(counterion) 화합물의 혼합물을 사용하여 시뮬레이션 할 수 있다. 이러한 변경 사항이 이루어졌는지는 멘토에게 문의하라.

Preparatory Problems (Practical)



55TH INTERNATIONAL
CHEMISTRY OLYMPIAD
SWITZERLAND 2023

Q2-2

KOR (Republic of Korea)

초자 및 장치

항목	수량
시험관 받침대	1
네임펜	1
1-5 용액이 담긴 밀폐형 바이알	5
CH-1, CH-2, CH-3 용액이 담긴 밀폐형 바이알	3
A와 B 용액이 담긴 밀폐형 바이알	2
NH ₃ , H ₂ SO ₄ , KMnO ₄ 용액이 담긴 밀폐형 바이알	3
Zn 분말이 담긴 밀폐형 바이알	1
시험관	적어도 20
플라스틱 파스퇴르 피펫	13
증류수가 담긴 세척병	1
Zn 분말용 약수저	1

공식적으로 스위스 연방인 스위스는 26개 주로 이루어진 연방 공화국이다. 흥미롭게도 베른에 의회가 있지만 공식적인 수도는 없다. “연방 도시”임에도 불구하고 베른은 스위스에서 가장 인구가 많은 곳이 아니며, 인구가 가장 많은 1위 도시는 취리히다.

스위스는 로마 시대 이 지역의 이름인 ‘Confœderatio Helvetica’에서 축약된 코드인 **CH**를 사용한다. 스위스 웹사이트의 최상위 도메인으로 “.ch”를 흔히 볼 수 있다. 또한 각 주에는 아래에 나열된 두 글자 약어 코드들이 부여되어 있다. 예를 들어 이들 약어 코드들은 자동차 번호판에 사용된다.



Preparatory Problems (Practical)



55TH INTERNATIONAL
CHEMISTRY OLYMPIAD
SWITZERLAND 2023

Q2-3

KOR (Republic of Korea)

문장(Coat of arms)	코드	지역명	문장(Coat of arms)	코드	지역명
	ZH	Zurich		SH	Schaffhausen
	BE	Bern		AR	Appenzell Ausserrhoden
	LU	Lucerne		AI	Appenzell Innerrhoden
	UR	Uri		SG	St. Gallen
	SZ	Schwyz		GR	Graubünden
	OW	Obwalden		AG	Aargau
	NW	Nidwalden		TG	Thurgau
	GL	Glarus		TI	Ticino
	ZG	Zug		VD	Vaud
	FR	Fribourg		VS	Valais
	SO	Solothurn		NE	Neuchâtel
	BS	Basel-Stadt		GE	Geneva
	BL	Basel-Landschaft		JU	Jura

파트 A

1-5 바이알에는 5가지 이온 화합물 각각의 무색 용액이 담겨있다. 각 화합물은 코드에 따라 스위스의 주들 중 하나에 해당한다. 코드의 첫 번째 문자는 금속 양이온 화학식의 시작 문자이고 코드의 두 번째 문자는 음이온 화학식의 시작 문자이다. 예를 들어, **SH**(Schaffhausen)는 SrHPO_4 에 해당할 수 있으며, **BS**(Basel-Stadt)는 BaSO_3 에 해당할 수 있다. 용액 1-5에는 포름산 염 이온(HCOO^-), 수산화 이온(OH^-), 아이오딘화 이온(I^-), 황화 이온(S^{2-}) 및 텅스텐산 염 이온(WO_4^{2-})과 같은 음이온이 존재하는 화합물이 포함되어 있다.

주석: 텅스텐(W)과 타이타늄(Ti)에 대한 화학이 이 실험 시험의 일부가 아닐 수 있다. 텅스텐산 염(WO_4^{2-})은 멘토에 의해 인산염(PO_4^{3-})으로 대체되었을 수 있다. 이러한 경우 주에 해당하는 코드의 두 번째 문자를 **W**에 해당하는 것으로 여기고 실험을 진행하라.

Preparatory Problems (Practical)



55TH INTERNATIONAL
CHEMISTRY OLYMPIAD
SWITZERLAND 2023

Q2-4

KOR (Republic of Korea)

- 2.1 화합물 1-5의 각각의 음이온에 대해 가능한 주 코드와 이에 해당할 수 있는 수용성 화합물을 **특정하라**. 일부 주 코드에는 수용성 화합물의 예가 없을 수 있음을 명심하라. f-구역 원소 화합물은 고려하지 않는다.

음이온	주 코드	화합물의 예
포름산 염 이온 (HCOO^-)		
수산화 이온 (OH^-)		
아이오딘화 이온 (I^-)		
황화 이온 (S^{2-})		
텅스텐산 염 이온 (WO_4^{2-}) 또는 인산 염 이온 (PO_4^{3-} , 문자 W)		

- 2.2 용액 1-5 사이의 교차 반응과 NH_3 및 H_2SO_4 용액과의 반응을 **수행하고** 아래 관찰 결과표를 **기호로 채워 작성하라**. “↓”는 침전, “↑”는 기체 발생, “-”는 눈에 보이는 변화가 없음을 뜻하다. 침전물의 색깔을 언급하라.

용액	1	2	3	4	5
1					
2					
3					
4					
5					
NH_3					
H_2SO_4					

- 2.3 관찰된 결과와 앞에서 언급한 정보들을 바탕으로 화합물 1-5를 **식별하라**.

1	2	3	4	5

Preparatory Problems (Practical)



55TH INTERNATIONAL
CHEMISTRY OLYMPIAD
SWITZERLAND 2023

Q2-5

KOR (Republic of Korea)

2.4 일어난 반응의 이온 반응식을 기록하라. 침전의 경우 “↓”로 표시하고, 기체 발생의 경우 “↑”로 표시하라.

조합	이온 반응식
1+2	
1+3	
1+4	
1+5	
2+3	
2+4	
2+5	
3+4	
3+5	
4+5	
1+NH ₃	
1+H ₂ SO ₄	
2+NH ₃	
2+H ₂ SO ₄	
3+NH ₃	
3+H ₂ SO ₄	
4+NH ₃	
4+H ₂ SO ₄	
5+NH ₃	
5+H ₂ SO ₄	

파트 B

CH-1, CH-2 및 CH-3 바이알에는 앞에서 설명한 규칙에 따라 스위스 CH 코드에 해당하는 서로 다른 포름산 염 이온 (HCOO⁻)이 녹아 있는 세 가지 무색 용액이 들어있다.

2.5 무색 또는 색깔을 띠는 용액을 형성하는 각 포름산 염의 예를 3가지 제시하라. 이때, f-구역 원소 화합물은 고려하지 않는다.

색깔 없음			
색깔 띰			

Preparatory Problems (Practical)



55TH INTERNATIONAL
CHEMISTRY OLYMPIAD
SWITZERLAND 2023

Q2-6

KOR (Republic of Korea)

- 2.6 NH_3 및 H_2SO_4 와 반응시켜 시험관 속 **CH-1**, **CH-2** 및 **CH-3** 화합물을 식별하라. 아래 표에 이온 반응식을 쓰고 관찰된 사항을 작성하라. 침전물 형성(↓) 및 침전물 색깔, 기체 발생(↑) 또는 기타 현상. 눈에 띄는 변화가 없으면 “-”로 표시하라.

바이알	화합물	이온 반응식과 관찰된 현상
CH-1		
CH-2		
CH-3		

- 2.7 화합물 **CH-1**, **CH-2** 및 **CH-3**의 양이온을 식별하는 데 사용할 수 있는 화합물 **1-5**의 두 가지 음이온 조합을 선택하라. 가능하면 선택한 음이온으로 반응을 수행하여 자신의 제안 결과를 확인하라. 해당하는 이온 반응식을 쓰고 관찰 내용을 작성하라. 침전물 형성(↓) 및 침전물 색깔, 기체 발생(↑) 또는 기타 현상. 눈에 띄는 변화가 없으면 “-”로 표시하라.

선택한 음이온들

바이알	이온 반응식과 관찰된 현상
CH-1	
CH-2	
CH-3	

파트 C

바이알 **A**와 **B**에는 서로 다른 명암의 파란색을 띠는 두 가지 염 용액이 들어있다. 위에서 설명한 규칙에 따라 각 염의 화학식은 스위스 또는 주 코드에 해당한다.

Preparatory Problems (Practical)



55TH INTERNATIONAL
CHEMISTRY OLYMPIAD
SWITZERLAND 2023

Q2-7

KOR (Republic of Korea)

- 2.8** 다음 각 조건에서 **A**와 **B**의 반응을 수행하라. a) 다양한 양의 NH_3 용액; b) Zn를 첨가한 H_2SO_4 용액. 관찰된 결과를 바탕으로 주어진 염의 양이온을 **식별하고** 스위스 또는 주와 가능한 관련된 코드로 **지정하여 나타내라**. 침전물(↓), 기체 방출(↑) 또는 색 변화를 포함한 기타 현상들이 나타나는 관련 반응의 이온 반응식을 **작성하라**.

바이알	양이온	관련 코드
A		
B		

조합	이온 반응식
A+ NH_3	
A+Zn(H^+)	
B+ NH_3	
B+Zn(H^+)	

- 2.9** 화합물 **A**와 **B**의 음이온을 **제안하라**. 임의의 시약 또는 암호화된 용액으로 반응을 수행하여 자신의 제안 결과를 **확인하라**. 해당 화학 반응식을 **적고** 관찰된 사항을 **작성하라**. 침전물 형성(↓) 및 침전물 색깔, 기체 발생(↑) 또는 기타 현상 등.

바이알	음이온	반응식과 관찰된 현상
A		
B		

- 2.10** 보너스 문제: 과량의 암모니아에서 염 중 하나에 의해 형성된 착화합물을 슈바이처 시약(Schweizer's reagent)이라고 한다. 특정 물질을 녹일 수 있는 특성을 지닌 이 착화합물을 발견한 스위스 화학자 Matthias Eduard Schweizer(1818-1860)의 이름을 따서 명명되었다. 여기서 특정 물질은 무엇인지 **선택하라**.

- 폴리에틸렌
- 단백질
- 지방
- 전분
- 셀룰로오스

Preparatory Problems (Practical)



55TH INTERNATIONAL
CHEMISTRY OLYMPIAD
SWITZERLAND 2023

Q3-1

KOR (Republic of Korea)

간단한 알돌 축합 반응

시약:

시약	상태와 물리적 성질	주의사항	GHS 유해성 문구
아세톤	액체, 끓는점 56.08 °C, 분자량 58.08 g/mol, ρ 0.784 g/mL	가연성	H225, H319, H336; P210, P240, P241, P242, P305+P351+P338
신남알데하이드	액체, 분자량 132.16 g/ mol, ρ 1.05 g/mL		H315, H315, H317, H319, H335; P261, P264, P271, P280, P302+P352, P305+P351+P338
에탄올 (EtOH)	액체, 끓는점 78.2 °C, 분자량 46.07 g/mol	가연성	H225, H319; P210, P233, P240, P241, P242, P305, P351+P338
에틸 아세테이트 (EtOAc)	액체, 끓는점 77.1 °C, 분자량 88.11 g/mol	가연성	H225, H319, H336; P210, P233, P240, P305+P351+P338, P403+P235
헥세인	액체, 끓는점 68.73 °C, 분자량 86.18 g/mol	가연성	H225, H304, H315, H336, H361f, H373, H411; P201, P210, P273, P301+P310, P303+P361+P353, P331
수산화나트륨 (NaOH)	고체, 화학식 량 40.00 g/mol	부식성	H290, H314; P234, P260, P280, P303+P361+P355, P304+P340+P310, P305+P351+P338
물 (이온이 제거된)	액체, 끓는점 100 °C, 분 자량 18.02 g/mol		규정 (EC) No. 1272/2008에 따라 유해 물질이나 그 혼합물 이 아님

Preparatory Problems (Practical)



55TH INTERNATIONAL
CHEMISTRY OLYMPIAD
SWITZERLAND 2023

Q3-2

KOR (Republic of Korea)

초자 및 장치:

항목	수량
얼음물 수조	1
둥근바닥 플라스크, 100 mL	2
실험용 스탠드	1
클램프	3
코르크 받침대 (둥근바닥 플라스크 용)	2
자석 교반용 젓개	2
메스실린더, 20 mL	2
메스실린더, 50 mL	1
유리 파스퇴르 피펫	5
파스퇴르 피펫용 고무 밸브	1
유리 막대	1
부피 피펫, 5 mL	1
부피 피펫, 1 mL	1
피펫 별론	1
자석바 제거기	1
부흐너 깔때기	1
여과지	2
고무 어댑터가 있는 여과 플라스크와 진공 호스	1
냉각수 호스가 양쪽 모두 연결된 환류 콘덴서	1
자석 교반용 핫플레이트	1
수조	1
TLC 챔버	1
샘플 바이알	3
TLC 모세관	2
TLC 판 (ca. 10 cm x 4 cm)	1
핀셋	1
연필	1
싸인펜 (방수)	1
자	1
약수저	1
온도계	1
UV 램프	1 (학생들 사이 공유)

Preparatory Problems (Practical)



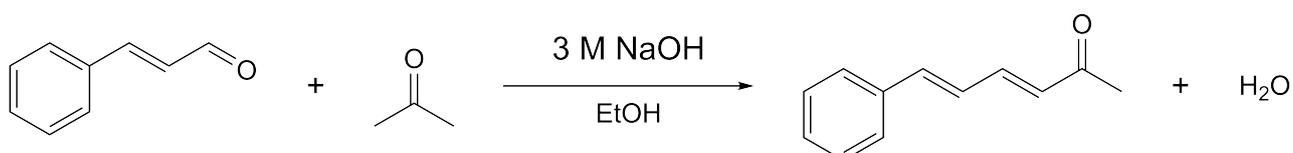
55TH INTERNATIONAL
CHEMISTRY OLYMPIAD
SWITZERLAND 2023

Q3-3

KOR (Republic of Korea)

소개:

알돌 축합 반응은 탄소-탄소 결합을 형성할 수 있는 반응으로 유기화학에서 매우 중요한 반응이다. 반응 생성물인 β -수산화기를 포함한 알데하이드나 케톤 (반응 이름이 알데하이드와 알코올 작용기에서 딴 것), 그리고 α, β -불포화된 알데하이드 및 케톤 화합물은 다양한 천연물 및 의약품 내 발견되며 추가적인 반응을 통해 구조적으로 복잡한 화합물을 합성할 수 있다. 이번 과제에서 두 단순한 화합물의 알돌 축합 반응을 수행한다.



과정:

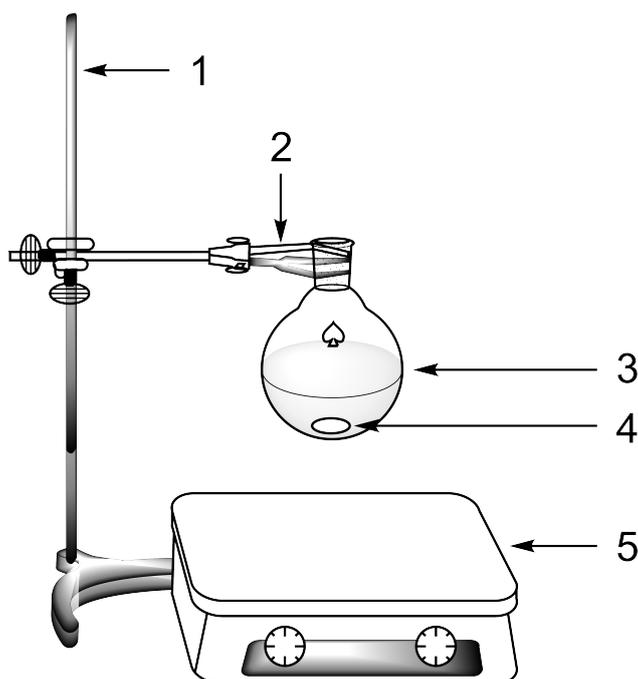


Figure 1: 1 = 실험용 스탠드, 2 = 클램프, 3 = 둥근바닥 플라스크, 4 = 자석 교반용 젓개, 5 = 자석 교반용 핫플레이트.

1. 스탠드에 100 mL 둥근바닥 플라스크를 클램프로 **고정하고** 교반용 젓개를 넣는다.
2. 본 플라스크에 신남알데하이드 (1.3 mL)를 넣고 20 mL 에탄올로 **용해한다**.
3. 신남알데하이드 소량 (한 방울)을 TLC 분석 (나중에 수행)을 위해 바이알에 **떨어둔다**.
4. 에탄올 병을 얼음물 수조에 담겨 **온도를 낮추고** 실험 준비 과정 내내 수조에 **둔다**.
5. 신남알데하이드 용액을 교반하면서 아세톤 (0.74 mL)를 **첨가한다**.
6. 수산화나트륨 수용액 (20 mL, 3 M)를 메스실린더를 이용해 **첨가한다**.
7. 상온에서 20분 **교반하여** 생성물이 완전히 침전되도록 한다.

Preparatory Problems (Practical)



55TH INTERNATIONAL
CHEMISTRY OLYMPIAD
SWITZERLAND 2023

Q3-4

KOR (Republic of Korea)

8. 위 과정 중, 차가운 에탄올과 증류수가 1:2의 비율로 섞인 혼합물 (50 mL)을 준비한다.
9. 위 용액을 반응 혼합물에 첨가하여 반응을 종결한다.
10. 교반을 멈추고 자석바 제거기로 교반용 젓개를 제거한다.
11. 부록 (A 섹션)에 제공된 과정을 따라 진공 여과 장치를 준비하고 조생성물 (crude product)를 여과한다.
12. 차가운 에탄올 (대략 10 mL) 사용하여 부흐너 깔때기 위의 고체를 세척한다.
13. 생성물 건조를 위해 3분동안 침전물에 공기 여과를 진행한다. 깔때기와 진공원 사이 연결을 해제한다. 약수저를 이용해 조생성물을 100 mL 둥근바닥 플라스크에 옮긴다.
14. 여과 플라스크와 부흐너 깔때기를 우선 에탄올과 물로 세척한다.
15. TLC로 조생성물을 분석한다:
 - (ㄱ) 실험 과정 3에 1 방울의 신남알데하이드가 떨어진 바이알을 준비하고, 1 mL EtOAc를 첨가하여 신남알데하이드 묽은 용액을 만든다. 또 다른 바이알 (조생성물 소량이 묻은 약수저에 1 mL EtOAc 세척)에 조생성물 묽은 용액을 준비한다.
 - (ㄴ) 부록의 섹션 B (“출발 물질” = 신남알데하이드)에 제공된 과정에 따라 hexane:EtOAc = 97:3 비율의 전개액을 사용하여 TLC 분석을 수행한다.
 - (ㄷ) TLC 전개 및 TLC 판을 건조 후, UV lamp에 TLC를 비춘다. 연필을 이용해 눈에 보이는 점들을 모두 원으로 그린다.

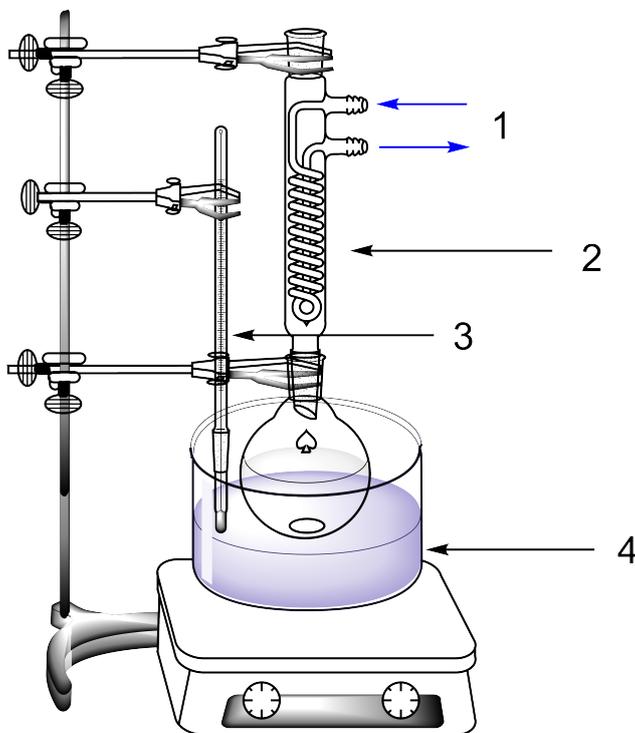


Figure 2: 1 = 냉각수, 2 = 환류 콘덴서, 3 = 온도계, 4 = 수조.

- 1.
16. 조생성물이 들어 있는 플라스크에 교반용 젓개와 에탄올 (40 mL)을 **넣어** 교반한다.
17. 둥근바닥 플라스크에 환류 콘덴서를 **장착한다**.
18. 호스로 수도와 콘덴서를 **연결하고** 수도 꼭지를 연다.
19. 수조를 이용해 에탄올 (78도)의 끓는점으로 혼합물을 **가열한다**. 온도계를 수조 **담귀** 온도를 조절한다.
20. 고체가 전부 녹을 때까지 에탄올을 천천히 넣어준다. (참고: 화합물 용해에 약간의 시간이 걸릴 수도 있다; 따라서 소량의 용매를 첨가하고 혼합된 용액이 끓을 때까지 기다린다.) 고체가 전부 녹으면 파스퇴르 피펫을 이용해 침전물이 생길 때까지 물을 천천히 첨가하시오. 물을 첨가하는 사이에도 혼합 용액이 다시 끓을 때까지 기다린다. 침전이 지속되면 충분한 에탄올 (대략 5 mL)을 첨가하여 다시 녹인다.
21. 교반을 **멈추고** 클램프 위치를 조절하여 물 욕조 위로 플라스크를 **두고** 수도를 **잠근다**.
22. 플라스크가 실온이 되도록 **둔다**. 생성물이 고체화되는 것을 관찰할 수 있다. 그렇지 않다면 고체 형성을 유발하기 위해 유리 막대를 이용해 플라스크 벽을 긁는다.
23. 결정 혼탁액이 상온에 도달하면, 환류 콘덴서를 **제거하고** 플라스크를 수조에 **담귀** 결정화를 완료한다 (이 과정에서 스탠드에 플라스크를 **클램프로 고정**하는 것을 명심하시오).
24. 자석바 제거기를 이용해 교반용 젓개를 **제거한다**.
25. 부록 (A 섹션)에 제공된 과정을 따라 흡인 여과를 통해 재결정 생성물을 **여과하고** 부흐너 깔때기에 모아진 고체화합물을 소량의 차가운 에탄올로 **세척한다**.
26. 2 3분동안 생성물에 대해 결정을 공기 **흡인한다**. 진공원과 연결을 해제한다. 적어도 15분동안 정제된 생성물을 **공기 건조한다**.
27. 재결정 생성물로 과정 15에 묘사된 TLC 분석을 **반복한다**.

Preparatory Problems (Practical)



55TH INTERNATIONAL
CHEMISTRY OLYMPIAD
SWITZERLAND 2023

Q3-6

KOR (Republic of Korea)

28. 약수저로 바이알에 재결정 생성물을 옮겨 넣고 바이알에 ‘최종 생성물’이라 표기한다.

Questions:

1. 조생성물의 TLC 분석에서 불순물이 존재하는가? 올바른 답을 고르시오.
 예
 아니오
2. 재결정 생성물의 TLC 분석에서 불순물이 존재하는가? 올바른 답을 고르시오. 예
 아니오
3. 실험에 사용한 신남알데하이드 양에 근거하여 생성물 수율(질량, gram 단위)을 계산하시오.
4. 위 반응에서 6 당량의 수산화나트륨이 신남알데하이드와 아세톤에 첨가되었다. 3 당량의 NaOH가 사용되어도 원리적으로 반응이 진행하겠는가? 올바른 답을 고르시오. 예
 아니오
5. 위 알돌 축합 반응에서 초기 탄소-탄소 결합 형성 단계 즉 알돌 생성물을 만드는 단계 이후 탈수 과정이 진행되어 최종 생성물이 얻어진다. 베타-수산화 케톤 중간물질의 구조를 그리시오.

Preparatory Problems (Practical)



55TH INTERNATIONAL
CHEMISTRY OLYMPIAD
SWITZERLAND 2023

Q4-1

KOR (Republic of Korea)

올레산의 이수산화반응

시약:

시약	상태와 물리적 성질	주의사항	GHS 유해성 문구
에탄올 (EtOH)	액체, 끓는점 78.2 °C, 분자량 46.07 g/mol	가연성	H225, H319; P210, P233, P240, P241, P242, P305+P351+P338
에틸 아세테이트 (EtOAc)	액체, 끓는점 77.1 °C, 분자량 88.11 g/mol	가연성	H225, H319, H336; P210, P233, P240, P305+P351+P338, P403+P235
헥세인	액체, 끓는점 68.73 °C, 분자량 86.18 g/mol	가연성	H225, H304, H315, H336, H361f, H373, H411; P201, P210, P273, P301+P310, P303+P361+P353, P331
염산 (HCl, 6 M in H ₂ O)	액체	부식성	H290, H314, H335; P260, P280, P303+P361+P353, P305+P351+P338
올레산 (공업용, 85%순도)	액체, 녹는점 16.3 °C, 분자량 282.49 g/mol, ρ 0.887 g/mL	상업적 올레산의 순도 및 밀도는 다양하다.	규정 (EC) No. 1272/2008에 따라 유해 물질이나 그 혼합물 이 아님
과망간산칼륨 (KMnO ₄)	고체, 화학식 량 158.03 g/mol	강한 산화제	H272, H302, H314, H361d, H373, H410; P210, P220, P280, P301+P330+P331, P303+P361+P353, P305+P351+P338, P310
수산화나트륨 (NaOH)	고체, 화학식 량 40.00 g/mol	부식성	H290, H314; P234, P260, P280, P303+P361+P355, P304+P340+P310, P305+P351+P338
소듐 설파이트 (Na ₂ SO ₃)	고체, 화학식 량 126.04 g/mol		규정 (EC) No. 1272/2008에 따라 유해 물질이나 그 혼합물 이 아님
물 (이온이 제거된)	액체, 끓는점 100 °C, 분 자량 18.02 g/mol		규정 (EC) No. 1272/2008에 따라 유해 물질이나 그 혼합물 이 아님

Preparatory Problems (Practical)



55TH INTERNATIONAL
CHEMISTRY OLYMPIAD
SWITZERLAND 2023

Q4-2

KOR (Republic of Korea)

초자 및 장치:

항목	수량
얼음물 수조	1
비커, 500 mL	2
삼각 플라스크, 250 mL	1
부피 플라스크, 250 mL	1
자석 교반용 젓개	1
자석바 제거기	1
자석 교반용 핫플레이트	1
실험용 스탠드	1
클램프	1
메스실린더, 50 mL	2
메스실린더, 25 mL	1
부피 피펫, 1 mL	1
피펫 벌룬	1
온도계	1
유리 파스퇴르 피펫	5
파스퇴르 피펫용 고무 밸브	1
약수저	2
부흐너 깔때기	1
여과지	1
고무 어댑터가 있는 여과 플라스크와 진공 호스	1
TLC 챔버	1
샘플 바이알	3
TLC 모세관	2
TLC 판 (대략 10 cm x 4 cm)	1
계량지	2
핀셋	1
연필	1
싸인펜 (방수)	1
자	1
히건	1 (학생들 사이 공유)
계량 저울	1 (학생들 사이 공유)

Preparatory Problems (Practical)



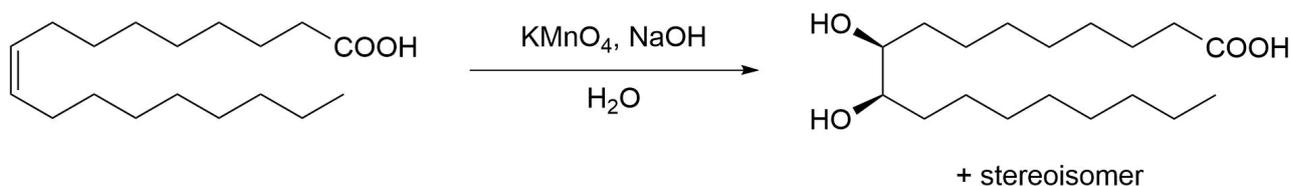
55TH INTERNATIONAL
CHEMISTRY OLYMPIAD
SWITZERLAND 2023

Q4-3

KOR (Republic of Korea)

소개:

촉매 반응을 통해 화합물 내 카이랄 중심 도입 조절은 합성에서 매우 중요하여 2001년과 2021년 노벨화학상이 이 분야에 대해 수여되었다. 입체화학의 절대 배치에 관한 완전한 제어는 매우 어렵지만, 생성된 카이랄 중심들 사이 상대적 구성은 많은 경우 반응 메커니즘의 직접적인 산물이다. 이번 문제에서는 올레산의 *cis*-이수산화반응을 수행한다.



Scheme 1: 두 입체이성질체가 생성되는 올레산의 *cis*-이수산화반응

과정:

1. 올레산 소량 (한 방울)을 TLC 분석 (나중에 수행)을 위해 바이알에 떨어둔다.
2. 500 mL 비커에 250 mL 증류수를 넣고 얼음물 수조에 담겨 온도를 낮춘다.
3. 새로운 500 mL 비커 (2번)에 교반용 젓개를 넣고 가열판 위에 비커를 둔다.
4. 2번 비커에 증류수 32 mL를 넣는다.
5. 교반하며 NaOH (0.32 g)을 2번 비커에 넣는다.
6. 2번 비커에 올레산 (0.37 mL, 85% 순도)을 첨가한다.

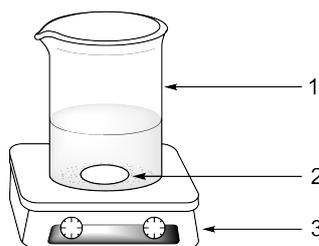


Figure 1: 1 = 비커, 2 = 자석 교반용 젓개, 3 = 자석 교반용 핫플레이트.

- 1.
7. 용액이 맑아질 때까지 혼합물을 서서히 가열한다.
8. 2번 비커를 가열판에서 제거하고 1번 비커에 있던 차가운 250 mL 증류수를 첨가한다.
9. 온도계로 용액의 온도를 측정한다. 10도 이상이라면 2번 비커를 얼음물 수조에 담겨 10도로 낮춘다 (교반기가 뜨거운 상태에 얼음물 수조를 그 위에 두지 마시오.)

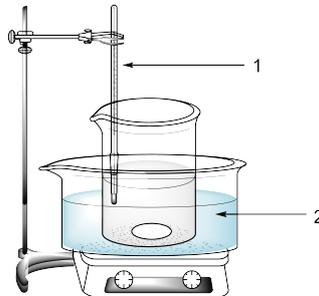


Figure 2: 1 = 온도계, 2 = 얼음물 수조.

- 1.
10. 교반하며, 과망간산칼륨 수용액 (1%, 25 mL)을 1분의 시간동안 **첨가한다**.
11. 10도에서 5분동안 **교반한다**.
12. 고체 상태의 소듐 설파이트 (1.26 g)을 **넣는다**.
13. 6 M HCl 수용액 (19 mL)를 천천히 **넣는다**. 이후 용액이 여전히 색을 띤다면 무색이 될 때까지 적은 양의 6 M HCl 수용액을 **계속 첨가한다**.
14. 무색의 숨털 형태의 침전물을 부록 (A 섹션)에 제공된 과정을 따라 흡인 **여과를 수행**하고 찬물 (20 mL)로 **세척한다**.
15. 부흐너 깔때기에 포집된 생성물을 헥세인 (30 mL)로 **세척하고** 3분동안 공기 흡인으로 **건조시킨다**. 진공원과 연결을 **해제한다**.
16. 건조된 생성물을 이용해 TLC 분석을 **수행한다**:
 - (ㄱ) 실험 과정 1에 소량 (1 방울) 올레산이 떨어진 바이알에 EtOAc (1 mL)을 넣어 묽은 용액을 **준비한다**.
 - (ㄴ) 부흐너 깔때기에서 얻어진 생성물 소량 (1 작은 약수저 덜음)을 새로운 바이알에 **넣고** EtOAc (1 mL)를 이용해 **녹인다**.
 - (ㄷ) 부록 섹션 B에 제공된 방식대로 EtOAc를 전개액으로 사용하여 TLC 분석을 **수행한다**. (“출발 물질” = 올레산이며 “생성물” = 부흐너 깔때기에 포집된 생성물)
 - (ㄹ) TLC 전개 및 TLC판 건조 후, 집계를 **이용해** TLC 판을 과망간산칼륨 발색 용액에 시작선까지 **담그시오**. (주의: 발색 용액은 실험 과정 10에서 사용한 과망간산칼륨 수용액과 같지 않다.) TLC 판을 **발색하고** 용액으로부터 **빼내시오**.
 - (ㅁ) TLC 판을 핫건으로 **가열하시오**. (주의: 항상 핫건을 본인이나 상대방으로부터 떨어져 후후드 방향으로 사용하시오. 사용하기 전 휘발성 물질이나 화합물을 **제거하시오**.) 연필을 이용해 눈에 보이는 모든 점을 연필로 **원을 나타내시오**.
17. 부흐너 깔때기에 건조된 생성물을 손가락을 이용해 바이알로 **옮긴다**. 바이알에 “최종 생성물”이라 **표기한다**.

Preparatory Problems (Practical)



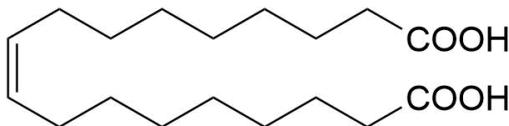
55TH INTERNATIONAL
CHEMISTRY OLYMPIAD
SWITZERLAND 2023

Q4-5

KOR (Republic of Korea)

질문:

1. 생성물의 TLC 분석에서 불순물이 있는가? 올바른 답을 선택하십시오.
 예
 아니오
2. UV 램프에서는 눈에 보이지 않던 것이 발색 시약으로 눈에 보이는 이유를 제시하십시오.
3. 위 실험 과정에서 소듐 설파이트(Na_2SO_3)를 첨가하는 이유를 제시하십시오.
4. 위 반응에서 생성물은 두 입체이성질체 형태로 얻어진다. 입체화학적 관계는 무엇인가? 올바른 답을 고르시오.
 거울상의
 부분입체이성질체의
5. 아래 그려진 이카르복시산 화합물의 cis-이수산화반응에서는 몇 개의 입체 이성질체가 생성되는가? 올바른 답을 고르시오. 1
 2
 4



Preparatory Problems (Practical)



55TH INTERNATIONAL
CHEMISTRY OLYMPIAD
SWITZERLAND 2023

Q5-1

KOR (Republic of Korea)

리도카인 합성

시약:

시약	상태와 물리적 성질	주의사항	GHS 유해성 문구
다이에틸아민	액체, 끓는점 55.5 °C, ρ 0.706 g/mL, 분자 량 73.14 g/mol	가연성, 부식성	H225, H302+H332, H311, H314, H335; P210, P280, P301+P312, P303+P361+P353, P304+P340+P310, P305+P351+P338
에탄올 (EtOH)	액체, 끓는점 78.2 °C, 분자량 46.07 g/mol	가연성	H225, H319; P210, P233, P240, P241, P242, P305, P351+P338
에틸 아세이트 (EtOAc)	액체, 끓는점 77.1 °C, 분자량 88.11 g/mol	가연성	H225, H319, H336; P210, P233, P240, P305+P351+P338, P403+P235
헥세인	액체, 끓는점 68.73 °C, 분자량 86.18 g/mol	가연성	H225, H304, H315, H336, H361f, H373, H411; P201, P210, P273, P301+P310, P303+P361+P353, P331
염산 (HCl, 3 M in H ₂ O)	액체	부식성	H290, H314, H335, P260, P280, P303+P361+P353, P305+P351+P338
N-(2,6-다이메틸페닐)- 클로로아세트아마이드	고체, 분자량 197.66 g/ mol		H315, H319, H335; P261, P264, P271, P280, P302+P352, P305+P351+P338
수산화나트륨 (NaOH)	고체, 화학식 량 40.00 g/mol	부식성	H290, H314; P234, P260, P280, P303+P361+P355, P304+P340+P310, P305+P351+P338
톨루엔 (PhMe)	액체, 끓는점 110.6 °C, 분자량 92.14 g/mol	가연성	H225, H304, H315, H336, H361d, H373, H412; P202, P210, P273, P301+P310, P303+P361+P353, P331
물 (이온이 제거된)	액체, 끓는점 100 °C, 분 자량 18.02 g/mol		규정 (EC) No. 1272/2008에 따라 유해 물질이나 그 혼합물 이 아님

Preparatory Problems (Practical)



55TH INTERNATIONAL
CHEMISTRY OLYMPIAD
SWITZERLAND 2023

Q5-2

KOR (Republic of Korea)

초자 및 장치:

항목	수량
등근바닥 플라스크, 50 mL	1
등근바닥 플라스크, 25 mL	1
자석 교반용 젓개	2
자석바 제거기	1
pH 종이	unspecified
부피 피펫, 2.5 mL	2
피펫 벌룬	1
메스실린더, 15 mL	1
메스실린더, 10 mL	3
약수저	1
계량 저울	1 (학생들 사이 공유)
계량지	1
냉각수 호스가 양쪽 모두 연결된 환류 콘덴서	1
오일조	1
온도계	1
자석 교반용 핫플레이트	1
실험용 스탠드	1
클램프	3
마개가 있는 분별깔때기, 100 mL	1
유리 깔대기	1
삼각 플라스크, 250 mL	2
유리 파스퇴르 피펫	4
파스퇴르 피펫용 고무 밸브	1
부흐너 깔대기	1
여과지	1
고무 어댑터가 있는 여과 플라스크와 진공 호스	1
얼음물 수조	1
TLC 챔버	1
샘플 바이알	4
TLC 모세관	2
TLC 판 (대략 10 cm x 4 cm)	4
핀셋	1
연필	1
싸인펜 (방수)	1
자	1
UV 램프	1 (학생들 사이 공유)

Preparatory Problems (Practical)



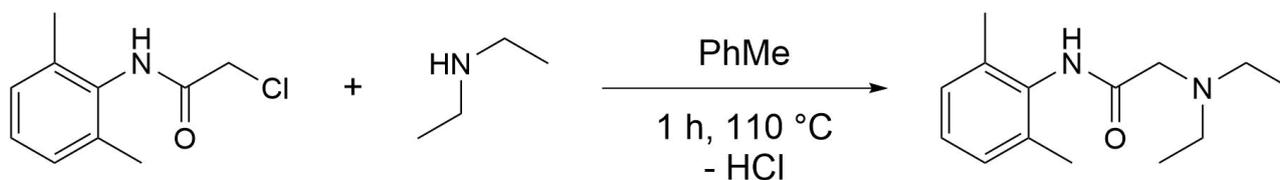
55TH INTERNATIONAL
CHEMISTRY OLYMPIAD
SWITZERLAND 2023

Q5-3

KOR (Republic of Korea)

소개:

리도카인은 부분 마취제로 세계보건기구에 의해 '필수 의약품 리스트'에 선정되었다. 이번 과제에서 리도카인 합성의 마지막 단계를 진행하고 반응 모니터링을 수행한다.



과정:

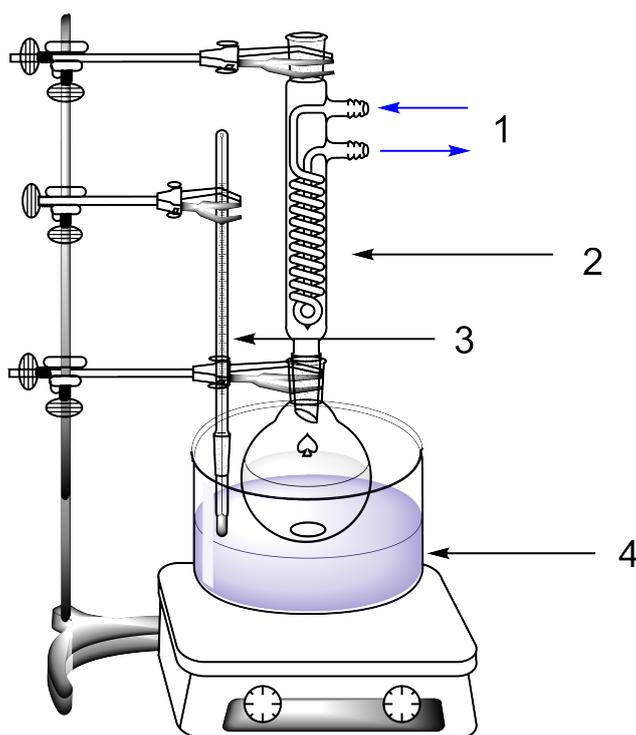


Figure 1: 1 = 냉각수, 2 = 환류 콘덴서, 3 = 온도계, 4 = 오일조.

1. 에탄올 병을 얼음물 수조에 담겨 온도를 낮추고 준비 과정 내내 수조에 둔다.
2. *N*-(2,6-다이메틸페닐)클로로아세트아마이드 소량 (1 작은 약수저 덜음)을 TLC 분석 (나중에 수행)을 위해 바이알에 떨어둔다.
3. 스탠드에 50 mL 둥근바닥 플라스크를 클램프로 고정하고 교반용 젓개를 넣는다.
4. 플라스크에 다이에틸아민 (2.1 mL)을 톨루엔 (13 mL)을 넣어 교반하며 용해시킨다. 다음으로 *N*-(2,6-다이메틸페닐)클로로아세트아마이드 (1.0 g)을 첨가한다.
5. 플라스크에 환류 콘덴서를 연결한다. 호스로 수도에 연결 후 수도꼭지를 연다.

Preparatory Problems (Practical)



55TH INTERNATIONAL
CHEMISTRY OLYMPIAD
SWITZERLAND 2023

Q5-4

KOR (Republic of Korea)

- 오일조에 플라스크를 **담고** 가열판을 **켜서** 1시간동안 혼합물을 **가열**하며 환류한다 (그림 1을 보고, 온도계로 오일조의 온도가 대략 110도가 되게끔). 이후 클램프를 조절하여 플라스크를 오일조에서 **들어 올린다**.
- TLC를 통해 반응 진행을 **파악**한다.
 - 실험 과정 2에 소량 준비된 *N*-(2,6-다이메틸페닐)클로로아세트아마이드이 떨어진 바이알에 EtOAc 1 mL을 첨가하여 묽은 용액을 **준비**한다.
 - 반응 혼합물로부터 조생성물 샘플을 취한다: 끓음을 멈춘 후, 잠시 환류 컨덴서를 **들어 올리고** 파스퇴르 피펫을 이용해 몇 방울의 반응 혼합물을 **떨어** 새로운 바이알에 **넣는다**.
 - 부록 섹션 B “출발 물질” = *N*-(2,6-다이메틸페닐)클로로아세트아마이드, “생성물” = 반응 혼합물에서 취한 샘플 **수행**한다.
 - TLC 전개 및 TLC 판을 건조 후, UV 램프를 이용해 **보이는** 점들을 모두 **원으로** 그린다.
- 반응이 완료되었다면, 실험 과정 11을 **수행**한다. 반응이 아직 완료되지 않았다면 반응 혼합물을 추가로 30분 더 환류위해 **가열**한다.
- 실험 과정 7의 TLC 분석을 **수행**하여 반응이 완료되었는지 확인한다.
- 반응이 완료되었다면 실험 과정 11을 **수행**한다. 여전히 완료되지 않았다면 추가로 30분 더 환류를 위해 **가열**하고, 이후 실험 단계 7의 TLC 분석을 **수행**한다.
- 반응을 종결하기 위해 오일조로부터 클램프 위치를 조절하여 플라스크를 오일조 위로 **들어 올려** 상온으로 식힌다. 환류 컨덴서를 **제거**하고 물을 **잠근다**.
- 스탠드에 100 mL 분별깔때기를 클램프를 이용해 고정하고 유리 깔때기를 **둔다**.
- 반응 혼합물을 분별깔때기로 **옮긴다**. 증류수 (20 mL)를 **첨가**하고 마개를 **막는다**. 분별깔때기를 잠시 격렬히 **흔들어 주고**, 흔드는 걸 멈추고 깔때기 주둥이가 후드를 향한 채로 **환기**를 **진행**한다. 흔드는 걸 멈추고 한 번 더 환기하고, 스탠드에 고정한다. 마개를 **제거**하고 아래층 (물층)과 위층 (유기층)이 완전히 분리될 때까지 **기다린다**. 아래 밸브를 통해 수용액 층을 삼각플라스크 (세척수는 바로 버려서는 안된다)에 **받고**, 위 유기층은 분별깔대기에 그대로 **둔다**. 증류수 (20 mL)로 유기층에 대한 세척 과정을 세 번 **반복**한다.
- 3M HCl 수용액 (7 mL)를 이용해 위의 과정과 동일하게 **세척**한다. 산성 용액 추출물은 새로운 삼각플라스크 (2번)에 따로 받는다. 증류수 (10 mL)로 한 번 더 유기층을 **세척**하고 수용액층을 2번 삼각 플라스크에 함께 **모은다**.
- 교반용 젓개를 2번 삼각 플라스크에 **넣고** 스탠드에 클램프로 고정한다. 교반기 위에 얼음물 수조를 **놓고** 클램프를 조절해 삼각 플라스크를 욕조에 **담근다**. 5분동안 교반하며 플라스크 내 물질들을 **냉각**시킨다.
- 교반하면서, 파스퇴르 피펫을 이용해 침전물이 발견될 때까지 3M NaOH 수용액을 천천히 **첨가**한다. 이 과정에서 온도는 계속 낮게 유지되어야 함을 **명심**한다. 일정한 간격으로 NaOH 수용액 첨가를 **멈추고** pH 종이를 통해 pH를 확인하고 이 과정은 수용액의 pH가 10이 될 때까지 진행한다. pH 확인을 위해 파스퇴르 피펫을 **통해** 적은 양의 용액을 떨어내어 pH 종이에 **떨어뜨리며**, 절대 pH 종이를 수용액에 직접 **담가**서는 **안된다**. pH 10에서 생성물은 흰색 고체로 분리되며 진공 여과로 분리한다.
- 자석바 제거제로 교반용 젓개를 **제거**한다.
- 부록 (A 섹션)에 제공된 과정을 따라 흡인 여과를 통해 고체를 **여과**하고 부호너 깔때기에 모아진 고체들을 증류수와 에탄올을 1:1 혼합 비율 냉각된 10 mL로 **세척**한다.
- 2 3분 정도 여과된 생성물을 공기 흡인한다. 진공원과 **연결**을 **해제**한다. 생성물을 최소 15분동안 공기 건조한다.
- 건조된 생성물을 실험 과정 7을 참고하여 TLC 분석을 **반복**한다.
- 약수저를 이용해 바이알에 생성물을 모두 **옮겨 넣고** ‘최종 생성물’이라 **표기**한다.

질문:

- 반응은 1시간에 완료되었는가? 보기에서 **고르시오**.

예

Preparatory Problems (Practical)



55TH INTERNATIONAL
CHEMISTRY OLYMPIAD
SWITZERLAND 2023

Q5-5

KOR (Republic of Korea)

- 아니오
2. 반응은 1시간 반에 완료되었는가(해당되면)? 보기에서 고르시오. 예
 아니오
3. 반응이 2시간에 완료되었는가(해당되면)? 보기에서 고르시오. 예
 아니오
4. 반응 완료된 후 순수한 증류수로 여러 번 세척을 해야하는 이유를 제공하십시오.
5. 위 과정에서 *N*-(2,6-다이메틸페닐)클로로아세트아마이드에 비해 과량의 다이에틸아민이 사용된다.
(ㄱ) 다이에틸아민의 당량을 계산하십시오.
(ㄴ) 이 반응에서 생성물의 높은 수율을 위해 다이에틸아민이 과량 필요한 이유를 제공하십시오.
6. 반응 후 분별 깔때기 내 용액을 3M HCl 수용액으로 세척하면서 생성물이 HCl 첨가된다. 해당 생성물 염의 구조 (양성자가 붙은 리도카인 분자와 상응하는 이온)를 그리시오.

Preparatory Problems (Practical)



55TH INTERNATIONAL
CHEMISTRY OLYMPIAD
SWITZERLAND 2023

Q6-1

KOR (Republic of Korea)

바닐린의 바닐릴 알코올로의 변화

시약

시약	상태와 물리적 성질	주의사항	GHS 유해성 문구
다이에틸 에테르 (Et ₂ O)	액체, 끓는점 34.6 °C, 분자량 74.12 g/mol	가연성	H224, H302, H336; P210, P233, P240, P241, P242, P243, P261, P264, P270, P271, P280, P301+P312, P303+P361+P353, P304+P340, P312, P330, P370+P378, P403+P233, P403+P235, P405, P501
에탄올 (EtOH)	액체, 끓는점 78.2 °C, 분자량 46.07 g/mol	가연성	H225, H319; P210, P233, P240, P241, P242, P305, P351+P338
에틸 아세테이트 (EtOAc)	액체, 끓는점 77.1 °C, 분자량 88.11 g/mol	가연성	H225, H319, H336; P210, P233, P240, P305+P351+P338, P403+P235
헥세인	액체, 끓는점 68.73 °C, 분자량 86.18 g/mol	가연성	H225, H304, H315, H336, H361f, H373, H411; P201, P210, P273, P301+P310, P303+P361+P353, P331
염산 (HCl, 6 M in H ₂ O)	액체	부식성	H290, H314, H335; P260, P280, P303+P361+P353, P305+P351+P338
황산마그네슘 (MgSO ₄)	고체	흡습성	규정 (EC) No. 1221/2021에 따라 유해 물질이나 그 혼합물이 아님
소듐 보로하이드라이드 (NaBH ₄)	고체, 화학식량 37.84 g/mol	가연성, 부식성	H260, H301, H311, H314; P223, P231, P232, P280, P301+P310, P370+P378, P422
염화나트륨 (염화나트륨 포화수용액)	액체		규정 (EC) No. 1221/2021에 따라 유해 물질이나 그 혼합물이 아님
수산화나트륨 (NaOH)	고체, 화학식량 40.00 g/mol	부식성	H290, H314; P234, P260, P280, P303+P361+P355, P304+P340+P310, P305+P351+P338
바닐린	고체, 분자량 152.15 g/mol		H302, H317, H319; P280, P305+P351+P338
물 (이온이 제거된)	액체, 끓는점 100 °C, 분자량 18.02 g/mol		규정 (EC) No. 1221/2021에 따라 유해 물질이나 그 혼합물이 아님

Preparatory Problems (Practical)



55TH INTERNATIONAL
CHEMISTRY OLYMPIAD
SWITZERLAND 2023

Q6-2

KOR (Republic of Korea)

Preparatory Problems (Practical)



55TH INTERNATIONAL
CHEMISTRY OLYMPIAD
SWITZERLAND 2023

Q6-3

KOR (Republic of Korea)

초자 및 장치:

항목	수량
뚜껑을 갖춘 분별깔대기, 100 mL	1
등근바닥 플라스크, 25 mL	1
등근바닥 플라스크, 100 mL	1
교반용 젓개	2
자석바 제거기	1
pH 종이	unspecified
유리 깔대기	2
솜마개	2
메스실린더, 10 mL	3
약수저	3
계량 저울	1 (학생들 사이 공유)
계량지	2
비커, 25 mL	1
자석 교반용 핫플레이트	1
실험용 스탠드	1
클램프	1
코르크 받침대 (25 mL 등근바닥 플라스크 용)	1
유리 파스퇴르 피펫	4
파스퇴르 피펫용 고무 밸브	1
부호너 깔때기	1
여과지	1
고무 어댑터가 있는 여과 플라스크와 진공 호스	1
얼음물 수조	1
TLC 챔버	1
샘플 바이알	3
TLC 모세관	2
TLC 판 (대략 10 cm x 4 cm)	1
핀셋	1
연필	1
싸인펜 (방수)	1
자	1
UV 램프	1 (학생들 사이 공유)

Preparatory Problems (Practical)



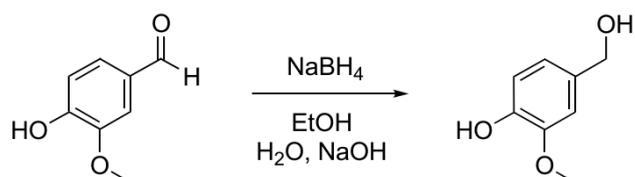
55TH INTERNATIONAL
CHEMISTRY OLYMPIAD
SWITZERLAND 2023

Q6-4

KOR (Republic of Korea)

소개:

향신료인 바닐린은 *Vanilla planifolia*라는 캡슐 과일에서 존재하며, 이번 반응의 생성물인 바닐릴 알코올 또한 난초에서 발생한다. 이번 과제에서는 소듐 보로하이드라이드를 사용하여 바닐린 내 알데하이드 작용기를 알코올 작용기로 전환한다.



과정:

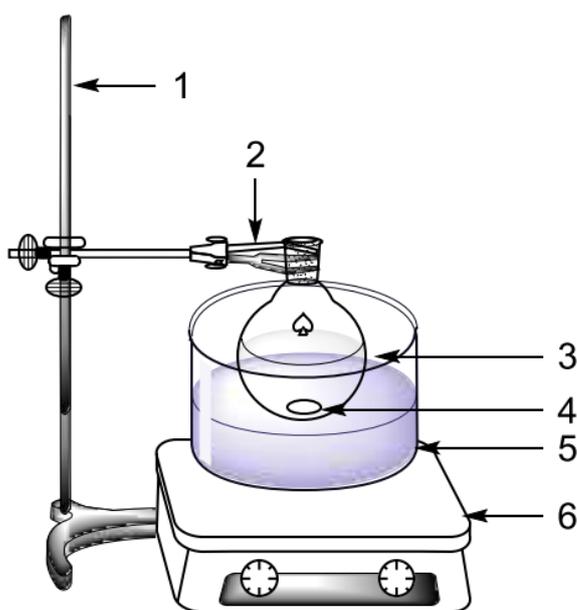


Figure 1: 1 = 실험용 스탠드, 2 = 클램프, 3 = 둥근바닥 플라스크, 4 = 교반용 찻개, 5 = 얼음물 수조, 6 = 자석 교반용 핫플레이트.

1. 바닐린 소량 (1 작은 약수저 덜음) TLC 분석 (나중에 수행)을 위해 바이알에 **떨어둔다**.
2. 25 mL 둥근바닥 플라스크를 스탠드에 **클램프로 고정**하고 교반용 찻개를 **넣는다**.
3. 바닐린 (2.0 g)을 넣고 에탄올 (8 mL)을 **첨가한다**.
4. 바닐린이 완전히 용해될 때까지 **교반한다**. 이 과정은 수 분이 소요될 수 있다.
5. 클램프 위치를 조절하여 플라스크를 **들어 올리고**, 얼음물 수조를 아래에 **둔** 뒤 플라스크를 수조에 담귀 용액 **온도를 낮춘다** (클램프의 위치를 **조정**).
6. 25 mL 비커에 파스퇴르 피펫을 이용하여 1M NaOH 수용액 4 mL를 **넣는다**.
7. NaBH₄ (0.5 g) **첨가하고** 부드럽게 교반하여 **녹인다**.

Preparatory Problems (Practical)



55TH INTERNATIONAL
CHEMISTRY OLYMPIAD
SWITZERLAND 2023

Q6-5

KOR (Republic of Korea)

8. 파스퇴르 피펫을 이용해 NaBH_4 용액을 바닐린 용액에 10분동안 방울로 **첨가한다**.
9. 반응 플라스크로부터 얼음물 수조를 **제거하고** 10분동안 반응물을 **교반한다**.
10. 얼음물 수조에 **다시 담귀** 반응 혼합물의 **온도를 낮춘다**.
11. 교반하면서 6M HCl 수용액을 기체 발생이 멈출 때 (대략 5 mL)까지 파스퇴르 피펫을 이용해 천천히 **첨가한다**.
12. 파스퇴르 피펫을 이용해 혼합물 샘플을 조금 **덜어** pH 종이에 **떨어뜨려** pH를 확인한다. 만약 pH 7 미만일 경우 HCl 첨가를 멈춘다. 여전히 염기성일 경우 HCl 첨가를 약산성이 될 때까지 **계속 진행한다**.
13. 증류수 (20 mL) **첨가하고** 1분동안 교반한다.
14. 100 mL 분결 깔때기를 스탠드에 고정하고 유리 깔때기를 둔다. 깔때기 좁아지는 부분에 흡착 솜마개를 **둔다**.
15. 깔때기에 반응 혼합물을 **부어** 여과액을 분결깔때기에 받아낸다.
16. 둥근바닥 플라스크를 EtOAc (20 mL)로 **세척**하고 유리 깔때기에 **씻어 내린다**.
17. 분결깔때기를 마개로 **막고** 격렬히 **흔든다**. 가끔 흔드는 걸 멈추고 깔때기 주둥이가 후드를 향하게하여 환기해야 함을 **명심한다**.
18. 흔드는 걸 **멈추고** 한 번 더 **환기** 후, 스탠드에 고정한다. 마개를 **제거하고** 층 분리가 되도록 둔다. 이 과정은 시간이 걸릴 수 있다.
19. 아래층(물층)을 사용했던 둥근바닥 플라스크로 **빠어 내고** 유기층은 50 mL 비커로 **받아낸다**.
20. 실험 과정 15-19를 각 EtOAc 5 mL(최초 20 mL 대신)를 사용하여 두 번 **반복한다**.
21. 합쳐진 EtOAc 층은 분결깔때기에 다시 **붓고** 포화된 염화나트륨 수용액 (20 mL)를 **첨가한다**. 실험 과정 17-19를 **반복하고** 나서 실험 과정 22를 **진행한다**.
22. 생성물이 내포된 모아진 EtOAc 추출물들이 담긴 비커에 MgSO_4 를 약수저로 2-3 스푼 **첨가한다**. 교반용 젓개를 **넣고** 5분동안 교반한다. 이후 자석바 제거기로 교반용 젓개를 **제거한다**.
23. 스탠드에 100 mL 둥근바닥 플라스크를 클램프로 고정하고 새로운 유리 깔때기를 **둔다**. 깔때기의 좁아지는 부분에 흡착 솜마개를 **둔다**.
24. 생성물이 포함된 EtOAc 용액을 둥근바닥 플라스크로 **여과한다**. 추가로 EtOAc(5 mL)를 사용하여 비커를 씻고 유리 깔때기에 **씻어 내린다**.
25. 회전증발장치를 이용해 용매 (EtOAc와 EtOH)를 **제거한다**.
26. 용매가 증발된 후 조생성물을 포함하는 둥근바닥 플라스크를 얼음물 수조 **담고** 결정화한다.
27. 결정화된 생성물에 5 mL 다이에틸 에테르를 **첨가하고** 약수저로 **trituration**한다. 부록 (섹션 A)에 제공된 과정을 따라 흡인 여과로 생성물을 여과한다.
28. 부흐너 깔때기에 모아진 생성물을 Et_2O 5 mL로 세 번 **세척**하고 2-3분동안 고체 화합물을 공기 흡인한다. 진공원과 **연결을 해제**한다.
29. 건조된 생성물을 이용해 TLC 분석을 **수행한다**:
 - (ㄱ) 실험 과정 1에서 소량 바닐린이 떨어진 바이알에 EtOAc (1 mL)를 넣어 묽은 용액을 **준비한다**.
 - (ㄴ) 부흐너 깔때기 내 생성물 소량 (1작은 약수저 덜음)을 새로운 바이알에 **넣고** EtOAc (1 mL)를 이용해 **녹인다**.
 - (ㄷ) 부록 섹션 B에 제공된 TLC 분석("출발 물질" = 바닐린, '생성물' = 부흐너 깔때기에 포집된 생성물)을 핵세인:EtOAc = 2:1 용액을 이동상으로 사용하여 **수행한다**.
 - (ㄹ) TLC 전개 및 TLC 판 건조 후, UV 램프를 **비춘다**. 연필을 이용해 보이는 모든 점을 **원을 그린다**.
30. 부흐너 깔때기에 포집된 건조된 생성물을 약수저를 통해 바이알에 **옮긴다**. 싸인펜으로 바이알에 "최종생성물"이라 **표기한다**.

Questions:

Preparatory Problems (Practical)



55TH INTERNATIONAL
CHEMISTRY OLYMPIAD
SWITZERLAND 2023

Q6-6

KOR (Republic of Korea)

1. 생성물 TLC 분석에서 불순물들이 있는가? 보기에서 고르시오.
 예
 아니오
2. 위 실험에서 바닐린은 산화, 환원 또는 산화/환원과 관련이 없는가? 아래 보기에서 고르시오.
 산화됨
 환원됨
 산화/환원반응이 아님
3. 반응이 완료된 후 HCl이 첨가되며 기체가 발생한다. 생성된 기체의 분자식을 나타내시오.
4. 위 과정에서 동일한 양의 바닐린과 NaBH_4 가 사용되었다. 만약 바닐린에 대해 0.5 당량의 NaBH_4 가 사용된다면 반응이 완결되었는가? 아래 보기에서 고르시오.
 예
 아니오

Preparatory Problems (Practical)



55TH INTERNATIONAL
CHEMISTRY OLYMPIAD
SWITZERLAND 2023

Q7-1

KOR (Republic of Korea)

다채로운 색깔의 구리 화합물

시약:

시약	상태	주의사항	GHS 유해성 문구
고체 X	고체	무수 Cu(II) 무기 염	H302-H312, H315, H318, H410; P264, P273, P280, P301+P3012, P320+P352+P312, P305+P315+P338
1.0 M NH ₃ 용액	액체		H314, H318, H410; P264, P273, P280, P302+P352, P305+P351+P338, P332+P313
K ₂ C ₂ O ₄ ·H ₂ O	고체		H302+H312, H319; P264, P270, P280, P301+P312, P302+P352+P312, P305+P351+P338
아세틸아세톤	액체	인화성	H226, H302, H311+H331; P210, P233, P280, P301+P312, P303+P361+P353, P304+P340+P311
2.0 M AcOH 용액	액체		H315, H319; P264, P280, P302+P352, P305+P351+P338
살 리 실 알 독 심 (Salicylaldoxime)	고체		H302, H315, H319, H335; P301+P312+P330, P302+P352, P305+P351+P338
0.010 M EDTA 표준 용액	액체		H332, H373, H412; P260, P271, P273, P304+P340+P312, P314, P501
1.0 M NH ₄ Cl 용액	액체		H302, H319; P264, P270, P280, P301+P312, P305+P351+P338, P337+P313
뮤렉사이드(murexide) 지시약 (NaCl 내 1 wt%)	고체		규정 (EC) No 1272/2008에 따라 유해 물질이나 그 혼합물이 아님
증류수	액체		규정 (EC) No 1272/2008에 따라 유해 물질이나 그 혼합물이 아님

Preparatory Problems (Practical)



55TH INTERNATIONAL
CHEMISTRY OLYMPIAD
SWITZERLAND 2023

Q7-2

KOR (Republic of Korea)

초자 및 장치:

항목	수량
비커, 25 mL	1
비커, 50 mL	1
교반용 젓개	1
약수저	1
유산지	2
플라스틱 피펫	3
눈금 실린더, 10 mL	1
시계 접시	1
자석 교반용 핫플레이트	1
얼음물 수조	1
유리 막대	1
주사기, 1 mL	1
소결 유리 깔때기	1
고무 어댑터가 있는 여과 플라스크	1
부피 플라스크, 500 mL	1
삼각 플라스크, 250 mL	3
뷰렛, 25 mL	1
뷰렛 홀더가 장착된 실험실용 스탠드	1
뷰렛에 맞는 깔때기	1
부피 피펫, 25.00 mL	1
피펫 벌브	1
증류수용 세척병	1
pH-시험지	1
오븐	1 (다른 학생들과 공유)
저울	1 (다른 학생들과 공유)

소개:

일반적으로 산화 상태가 +1 또는 +2인 구리는 다양한 색깔의 화합물을 형성할 수 있다. 이러한 구리 착화합물들은 화학 및 생물학 과정에서 다양한 반응에 촉매로 작용한다. 이 실험에서는 무수 무기 Cu(II) 염 **X**의 금속 함량을 두 가지 방법으로 확인하고 일련의 Cu(II) 착화합물들을 합성할 것이다. 이러한 착화합물들은 한번에 바로 합성할 수 있기 때문에 최소량의 구리 염만 필요하다.

과정:

I. 착화합물 A와 B 합성:

- 25 mL 비커에 약수저로 약 225 mg의 **X**를 넣고 교반용 젓개를 넣는다. 아래에 정확한 무게 m_{prep} 를 기록한다.
- 눈금 실린더로 증류수 2.0 mL를 첨가하고 교반한다.
- 완전히 녹으면 형성된 착화합물 **A**의 색깔을 색션 VI의 표에 기록한다.

Preparatory Problems (Practical)



55TH INTERNATIONAL
CHEMISTRY OLYMPIAD
SWITZERLAND 2023

Q7-3

KOR (Republic of Korea)

- 교반하면서 눈금 실린더로 1.0 M NH_3 용액 8.0 mL를 첨가한다. 새로운 색깔을 띠는 투명한 용액을 얻는다. 필요한 경우 플라스틱 피펫으로 1.0 M NH_3 용액 몇 방울을 더 첨가한다.
- 섹션 VI의 표에 형성된 착화합물 B의 색깔을 기록한다.

시료 질량, m_{prep} / mg	
-------------------------------	--

II. 착화합물 C 합성:

- 유산지에 $\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 를 650 mg을 재서 용액에 교반하면서 첨가한다.
- 시계 접시로 비커를 덮는다.
- 핫플레이트를 120 °C로 맞추고 가열을 시작한다.
- 혼합물을 1분간 저으면서 끓인다.
- 교반과 가열을 멈춘다. 혼합물을 상온에서 켜.
- 비커를 얼음물 수조에 30분 동안 담근다. 필요한 경우 유리 막대를 사용하여 결정화를 유도한다.
- 섹션 VI의 표에 형성된 고체 착화합물 C의 색깔을 기록한다.

III. 착화합물 D 제조:

- 혼합물이 실온이 되도록 방치한다.
- 식은 핫플레이트에서 저으면서 1 mL 주사기로 470 μL 의 아세틸아세톤을 비커에 첨가한다.
- 10분간 계속 교반한다.
- 섹션 VI의 표에 형성된 고체 착화합물 D의 색깔을 기록한다.

IV. 착화합물 E의 합성과 분리:

- 비커를 계속 교반하면서 눈금 실린더로 2 M AcOH 15 mL를 첨가한다. 이때 pH는 3에서 5사이이어야 한다. pH-시험지로 용액의 pH를 확인하고 필요에 따라 플라스틱 피펫으로 AcOH를 더 첨가한다.
- 비커를 계속 교반하면서 유산지로 살리실알독심(salicylaldoxime) 700 mg를 재서 첨가한다.
- 30분간 계속 교반한다.
- 형성된 고체 착화합물 E의 색깔을 섹션 VI의 표에 기록한다.
- 소결 유리 깔때기의 무게를 잰다. 아래에 정확한 무게 m_{tared} 를 기록한다.
- 현탁액을 고무 어댑터가 있는 감압 플라스크에 장착된 깔때기에 붓고 진공을 건다.
- 비커를 증류수로 세척하여 모든 고체를 깔때기로 옮긴다.
- 최소 3x10 mL의 증류수로 고체를 세척한다. 감압하여 깔때기의 고체를 건조한다. 깔때기에서 건조가 끝나면 진공을 끈다.
- 100°C의 오븐에서 2시간 동안 또는 무게가 일정하게 유지될 때까지 고체를 추가로 건조한다.
- 고체를 포함한 소결 유리 깔때기의 최종 무게 m_{total} 를 기록하고 아래에서 고체만의 정확한 질량 m_{isol} 을 계산한다.

Preparatory Problems (Practical)



55TH INTERNATIONAL
CHEMISTRY OLYMPIAD
SWITZERLAND 2023

Q7-4

KOR (Republic of Korea)

항목	무게 / mg
소결 유리 깔때기, m_{tared}	
고체 시료 E가 담긴 소결 유리 깔때기, m_{total}	
고체 시료 E, m_{isol}	

V. X 적정:

- 500 mL 부피 플라스크에 약 100 mg의 X를 첨가한다. 아래에 정확한 무게 m_{titr} 을 기록한다.
- 화합물을 증류수로 **녹이고** 증류수로 플라스크 표시선까지 **채운다**.
- 깔때기와 50 mL 비커를 사용하여 뷰렛에 0.010 M EDTA 표준 용액을 **채운다**.
- 250 mL 삼각 플라스크에 X가 포함된 시료 용액 50.00 mL를 부피 피펫으로 **첨가하고**, 눈금 실린더로 1.0 M NH_4Cl 용액 10.0 mL를 **첨가한 후**, 플라스틱 피펫으로 1.0 M NH_3 용액 한 방울 **넣는다**. 마지막으로 약수저로 소량의 뮤렉사이드(murexide) 지시약을 **첨가하여** 노란색 용액을 얻는다.
- 계속 흔들어주면서 용액을 **적정한다**. 색깔이 보라색으로 변하면 당량점에 도달한 것이다. 적정량 V_{titr} 를 **기록한다**.
- 필요에 따라 적정(3-6단계)을 **반복한다**.

시료 질량, m_{titr} / mg

분석 No.	V_{titr} / mL
1	
2	
3	
보고된 값 V_{titr} / mL	

VI. 질문:

착화합물	A	B	C	D	E
색깔					
분자식	$[\text{CuH}_{12}\text{O}_6]^{2+}$	$[\text{CuH}_{16}\text{N}_4\text{O}_2]^{2+}$	$\text{K}_2[\text{CuC}_4\text{H}_4\text{O}_{10}]$	$[\text{CuC}_{10}\text{H}_{18}\text{O}_6]$	$[\text{CuC}_{14}\text{H}_{12}\text{N}_2\text{O}_4]$

합성에 사용되는 유기 리간드의 구조를 아래에 양성자화된 형태로 나타내었다:

Preparatory Problems (Practical)



55TH INTERNATIONAL
CHEMISTRY OLYMPIAD
SWITZERLAND 2023

Q7-5

KOR (Republic of Korea)

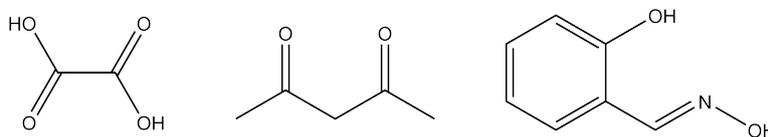


그림 1, 왼쪽에서 오른쪽순으로: 옥살산(C₂H₂O₄), 아세틸아세톤(C₅H₈O₂) 및 살리실알독심(C₇H₇NO₂)의 구조.

7.1 착화합물 A - E의 구조를 그려라.

7.2 A로부터 B를 합성하는 동안 어떤 현상이 발생하나? 정답을 선택하라.

- Cu(OH)₂ 침전
- Cu(II)가 불용성의 Cu(0)로 환원
- NH₃와 반응하여 X로부터 음이온 침전

7.3 얻은 고체 E를 바탕으로 X의 금속 함량을 계산하라.

7.4 적정 결과를 바탕으로 X의 금속 함량을 계산하라.

7.5 X의 화학식을 써라. 고체의 이론적 금속 함량은 47.3%이다.

7.6 어떤 방법이 더 정확한 결과를 얻었는가? 답을 선택하라.

- 무게법(Gravimetry)
- 적정법(Titration)

Preparatory Problems (Practical)



55TH INTERNATIONAL
CHEMISTRY OLYMPIAD
SWITZERLAND 2023

Q8-1

KOR (Republic of Korea)

경수 (센물, Hard Water) - 쉬운 적정

시약:

시약	상태	설명	GHS 유해성 문구
물 시료 W	액체	Ca ²⁺ , Mg ²⁺ , HCO ₃ ⁻ , Cl ⁻ 포함한 500 mL 부피 플라스크	H319; P264, P280, P305+P351+P338, P337+P313
0.010 M HCl 표준용액	액체	100 mL 병	(EC) No 1272/2008 규정에 따르면 위험물질 또는 혼합물 아님.
1.0 M HCl 용액	액체	부식성 50 mL 병	H290; P234, P390
메틸오렌지 (10 g/L in EtOH)	액체	인화성 10 mL 바이알	H225, H301, H319; P210, P233, P240, P241, P242, P264, P270, P301+P310, P305+P351+P338, P405, P501
0.010 M EDTA 표준 용액		200 mL 병	H332, H373, H412; P260, P271, P273, P304+P340+P312, P314, P501
1.0 M NaOH	액체	부식성 50 mL 병	H290; P234, P390
완충 용액 (pH = 10, C _{HB⁺} + C _B = 8.8 M)	액체	NH ₄ Cl 와 NH ₃ 함유 50 mL 병	H302, H314, H319, H335, H410; P261, P264, P270, P271, P273, P280, P303+P361+P353, P305+P351+P338, P310+P312, P337+P313
Eriochrome® Black T (1 wt% in NaCl)	고체	10 mL 바이알	H319, H441; P264, P273, P280, P305+P351+P338, P337+P313, P391
Murexide (1 wt% in NaCl)	고체	10 mL 바이알	(EC) No 1272/2008 규정에 따르면 위험물질 또는 혼합물 아님..

Preparatory Problems (Practical)



55TH INTERNATIONAL
CHEMISTRY OLYMPIAD
SWITZERLAND 2023

Q8-2

KOR (Republic of Korea)

항목	수량
비이커, 50 mL	1
pH-표시 용지	10
뷰렛, 25 mL	1
뷰렛 홀더가 있는 실험실 받침대	1
뷰렛에 맞는 깔때기	1
삼각 플라스크, 250 mL	3
부피 피펫, 25.00 mL	1
피펫 벌브	1
플라스틱 피펫	3
가열기	1
온도계	1
주걱	1
H ₂ O 세척병	1

서론:

스위스의 식수는 높은 기준을 충족하며 당국에서 정기적으로 분석한다. 따라서 스위스의 모든 수돗물은 마실 수 있으며 생수보다 생태학적 균형이 더 좋다.

대부분의 스위스 식수는 Alpine 강과 호수에서 오며 다양한 용해염을 함유하고 있습니다. 그 중에서 Ca²⁺ 와 Mg²⁺는 가장 많이 있는 양이온이다. 이 염들은 인간에게는 독성이 없지만 수산화물이나 탄산염으로 침전되어 기반 시설에 문제를 일으킬 수 있다. 따라서 수돗물의 총 경도(즉, Ca²⁺와 Mg²⁺의 몰 농도의 합)와 탄산염 경도(즉, HCO₃⁻와 CO₃²⁻로 균형을 맞춘 Ca²⁺와 Mg²⁺의 비율)를 확인하는 것이 의미가 있다.

적정법을 이용한 물 경도 분석은 최초의 착물 적정법 중 하나이며 스위스 화학자이자 ETH 교수였던 G. Schwarzenbach(1904 - 1978)에 의해 잘 확립되었다. 이 실험에서는 취리히의 수도에서 직접 채취한 물과 유사하게 제조된 물 시료를 분석할 것이다.

실험 과정:

I. 탄산염 경도

1. **W**로 표시된 500mL의 "취리히 수돗물" 시료가 제공된다. 샘플이 제공됩니다. 공기에서 CO₂가 흡수되는 것을 피하기 위해 잘 닫아두고 가능한 한 빨리 이 분석을 수행한다!
2. 50mL 비커에서 pH 표시용지를 이용하여 **W**의 pH를 확인한다.
3. 깔때기와 50mL 비커를 사용하여 25mL 뷰렛에 0.010M HCl 표준 용액을 **채운다**.
4. 250 mL의 삼각 플라스크에 부피 피펫을 이용하여 50.00 mL의 **W** 용액을 넣은 후, 플라스틱 피펫으로 메틸오렌지 3-4 방울을 첨가한다.
5. 용액을 계속 저어주면서 적정한다. 당량점에서 용액은 노란색에서 오렌지색으로 변한다. 적정 부피 V_1 을 **기록한다**.
6. 필요하다면 적정 (3-5 과정)을 **반복한다**.

Preparatory Problems (Practical)



55TH INTERNATIONAL
CHEMISTRY OLYMPIAD
SWITZERLAND 2023

Q8-3

KOR (Republic of Korea)

분석 번호.	V_1 / mL
1	
2	
3	
보고된 부피 V_1 / mL	

II. 칼슘과 마그네슘 총량 결정 :

1. 깔때기와 50mL 비커를 사용하여 25mL 뷰렛에 0.010M EDTA 표준 용액을 **채운다**.
2. 250 mL의 삼각 플라스크에 부피 피펫을 이용하여 50.00 mL의 **W** 용액을 넣은 후, 플라스틱 피펫으로 1.0 M HCl 용액 3.0 mL을 첨가한다.
3. 가열기의 온도를 90°C로 맞추고, 용액을 10분간 **가열한다**.
4. 용액을 상온으로 **냉각시킨다**. 플라스틱 피펫으로 약 3.0 mL의 1.0 M NaOH 용액을 넣어 시료 용액을 중화시킨다. 마지막 몇 방울은 천천히 첨가하면서 즉시 pH 지시용지를 이용하여 용액의 pH가 7이 되는지 주기적으로 확인한다.
5. 플라스틱 피펫으로 1.0 mL의 pH 완충용액을 넣고 주걱으로 소량의 Eriochrome Black T를 추가한다.
6. 용액을 계속 저어주면서 적정한다. 용액이 빨간색에서 파란색으로 변한다. 빨간색이 마지막으로 사라질 때가 당량점이다. 적정 부피 V_2 를 **기록한다**.
7. 필요하다면 적정 (1-6 과정)을 **반복한다**.

분석 번호.	V_2 / mL
1	
2	
3	
기록한 부피 V_2 / mL	

III. 칼슘 함량 분석:

1. 깔때기와 50mL 비커를 사용하여 25mL 뷰렛에 0.010M EDTA 표준 용액을 **채운다**.
2. 250 mL의 삼각 플라스크에 부피 피펫을 이용하여 50.00 mL의 **W** 용액을 넣은 후, 플라스틱 피펫으로 1.0 M NaOH 용액 5.0 mL을 첨가한다. 마그네슘 염의 침전을 방지하기 위해 다음 과정은 신속히 진행한다.
3. 지시용지를 이용하여 용액의 pH를 확인한다. 만일 pH가 12 미만이면, pH \geq 12가 될 때까지 1.0 M NaOH 용액을 방울방울 첨가한다.
4. 주걱으로 murexide 지시약을 소량 첨가한다.
5. 용액을 계속 저어주면서 적정한다. 용액이 빨간색에서 보라색으로 변한다. 빨간색이 마지막으로 사라질 때가 당량점이다. 적정 부피 V_3 를 **기록한다**.
6. 필요하다면 적정 (1-5 과정)을 **반복한다**.

Preparatory Problems (Practical)



55TH INTERNATIONAL
CHEMISTRY OLYMPIAD
SWITZERLAND 2023

Q8-4

KOR (Republic of Korea)

분석 번호.	V_3 / mL
1	
2	
3	
기록한 부피 V_3 / mL	

문제:

8.1 과정 I의 적정에 대한 균형 화학 반응식을 작성하시오. 탄산(HCO_3^-)의 $\text{pK}_{a,1}$ 과 $\text{pK}_{a,2}$ 는 각각 3.5와 10.5이다.

8.2 시료 W의 탄산염 경도 (mM)를 계산하시오.

8.3 시료 W의 총 경도 (mM)를 계산하시오.

8.4 시료 W의 Ca^{2+} 과 Mg^{2+} 의 비를 계산하시오.

8.5 총 경도를 어떻게 낮출 수 있을까? 정답을 모두 고르시오.

- $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 첨가
- 이온교환수지 통과 (NaCl-재생)
- 자기장 걸기
- HCl 첨가
- 가열

부록

A. 진공 여과

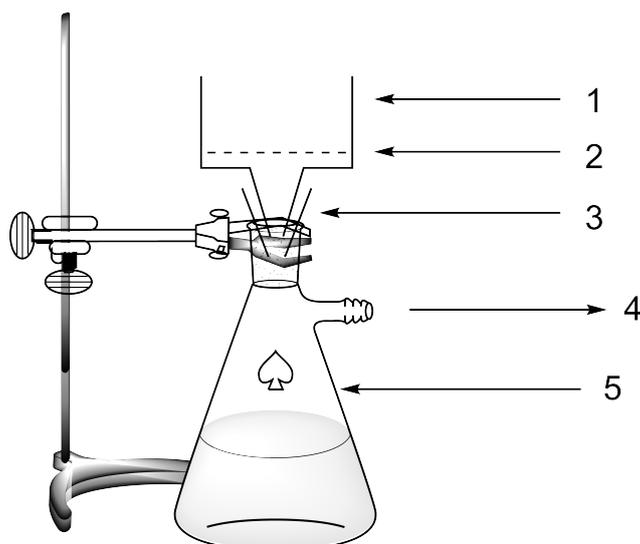


그림 1: 1 = Büchner 깔때기, 2 = 여과지, 3 = 고무 어댑터, 4 = 진공 연결, 5 = 흡입 플라스크.

과정:

1. Büchner 깔때기, 여과지, 흡입플라스크를 클램프를 이용하여 실험실 스탠드에 고정하여 진공 여과 장치를 **설치한다**. (그림 참고).
2. 흡입 플라스크를 진공호스를 이용하여 진공 장치에 **연결한다**.
3. 적절한 용매 (보통 현탁액에 있는 용매)를 이용하여 여과지를 **적시고** Büchner 깔때기의 구멍을 모두 덮어준다.
4. **진공을 걸어주면서 여과할 현탁액을** Büchner 깔때기에 부어 여과한다.
5. 여과를 마친 후 진공장치를 **끈다**.

Preparatory Problems (Practical)



55TH INTERNATIONAL
CHEMISTRY OLYMPIAD
SWITZERLAND 2023

Q9-2

KOR (Republic of Korea)

B. 얇은층 크로마토그래피 (TLC) 분석

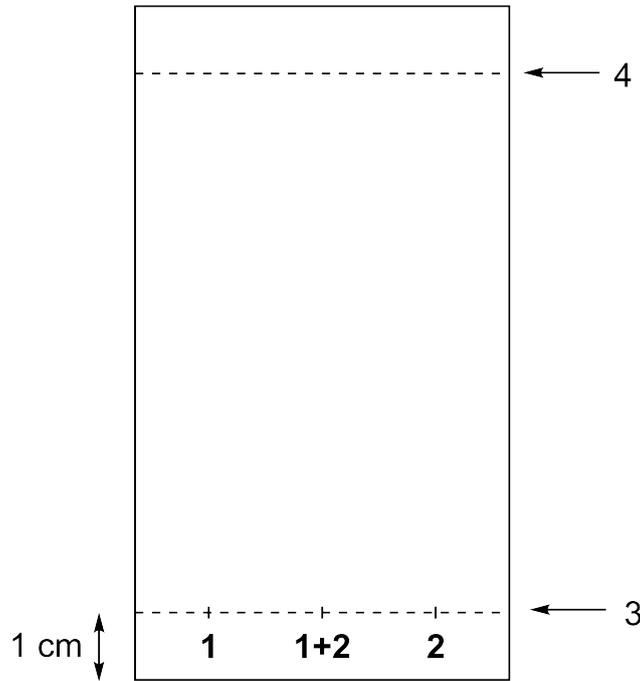


그림 2: 1 = 반응물, 2 = 생성물, 1+2 = 반응물과 생성물의 혼합물, 3 = 시작 선, 4 = 용리액 앞.

- 혼합물을 분리할 용리 병을 **준비한다.**: 용리 병을 0.5 cm 높이까지 용리액으로 채우고 뚜껑을 덮는다.
- 연필로 TLC 판 밑에서 약 1 cm 위에 시작 선을 그린다.
- TLC 판 시작 선 위에 반응물(왼쪽), 생성물(오른쪽), 두 물질의 혼합물(중간)을 **찍어준다.** (그림 참고)
- TLC 판 전개**: 핀셋을 이용하여 TLC 판을 용리 병에 넣어주고 뚜껑을 **덮어준다.** 용리액이 판 위 1cm 밑까지 전개시킨다. 핀셋을 이용하여 TLC 판을 **꺼낸 뒤**, 용리액 앞단을 연필로 **선을 그린 후**, 자연 **건조시킨다.**