

KOR-1 P-0 C-1

**KOR-1
Practical
HCI J198-2**

Practical Cover sheet

Please return this cover sheet together with all the related question sheets.

지시 사항

- 이 시험은 **3개의 문제**로 이루어져 있다.
- 이 실험 시험을 시작하기 전에 **”READ”** 신호가 주어지는데, 이 신호가 주어지면 15분 동안 시험지를 읽어라. 이 시간 동안에는 시험지를 읽는 것만 허용된다. 쓰거나 계산기를 사용해서는 안된다. 또한, 실험을 수행해도 안되고, 실험 기구를 만져도 안된다.
- **”START”** 신호가 주어지면 실험을 시작할 수 있다. 이 실험 시험은 **5시간**이며 주어진 시간 내에 실험 시험을 끝내야 한다.
- 각 신호는 종을 울리면서 준다.
- **P3 실험을 우선적으로 수행하여 60분 안에 끝내야 한다.** P3 실험을 수행하는 동안에는 실험대 위에 있는 P3 실험을 위한 시약 및 실험 기구만 사용할 수 있다. 실험 시작 후, 50분과 60분 후에는 신호가 주어진다.
- P3 실험 시험이 끝나면, **”기술 도움 카드”**를 들어라. 감독관이 **P3 실험에 관한 모든 시약 및 실험 기구를 수거할 것이다.** P3 문제에 대한 질문지와 답안지는 가져가지 않을 것이다. 이후에는 P1과 P2 실험을 시작할 수 있다. P1과 P2 실험을 위한 시료와 실험 기구는 실험대 아래 서랍장 안에 들어 있다.
- 모든 실험 결과와 답안은 **답안지의 지정된 곳에** 펜으로 알기 쉽게 작성하라. 지정된 답란 밖의 답변은 채점하지 않는다. 시험지에 작성된 답안은 채점하지 않기 때문에, **모든 답변이 답안지에 제대로 작성되어 있는지 확인하라.**
- **객관식 질문에서 답을 바꾸고 싶으면** 선택했던 체크박스를 까맣게 칠하고, 옆에 새로운 빈 체크박스를 그려라. 그 후, 원하는 체크박스에 체크 표시를 하여라.
- **”P3”** 박스에 있는 펜과 제공된 계산기만 사용하라.
- 번역이 불분명할 경우에는 요청하여 공식 영문판 시험지를 볼 수 있다.
- 실험대 위쪽 선반은 실험하는 동안 **사용하지 않는다.**
- 실험대 아래의 **서랍장**은 사용하지 않는 시료 및 실험 기구를 보관하기 위해 사용할 수 있다. 이 서랍장은 P3 실험이 끝난 후부터 사용할 수 있다.
- IChO 규정이 정한 **안전 수칙을 따라야 한다.** 안전 수칙 위반 시에는 실험실에서 쫓겨나며 실험 시험 결과가 0점 처리된다.
- 다른 지시 사항이 없는 경우, 시약과 실험 기구의 리필 및 교체가 감점 없이 한 번만 가능하며 하나의 시약 또는 기구만 교체할 수 있다. 추가적인 리필 및 교체에 대해서는 40점의 전체 실험 점수에서 한 건당 1점씩 감점한다.

- 각 실험 문제의 목록에 있는 시약만 그 문제를 푸는데 사용되어야 한다. 이에 따르지 않으면 실험 시험 결과가 0점 처리될 것이다.
- 필요하거나 지시받은 경우, 실험대에서 유리 기구를 씻어라. 싱크대에서 유리 기구를 씻어서는 안된다.
- 감독관들이 "STOP" 신호를 주기 30분 전에 한 차례 공지를 할 것이다.
- "STOP" 신호가 주어지면 실험을 바로 중지하여야 한다. 실험하거나 답안 작성을 중지하지 않으면 실험 시험 결과가 0점으로 처리될 수 있다.
- "STOP" 신호 후, 실험실 감독관이 응시자의 답안지에 서명할 것이다.
- 응시자와 감독관이 모두 답안지에 서명한 후, 표지를 위로 하여 모든 답안지를 봉투 안에 넣어라. 봉투는 밀봉하지 말고, 생성물과 TLC 판과 함께 제출하라.
- 허락 없이는 실험실을 떠나서는 안된다. 도움이 필요하면 필요한 도움에 맞는 커뮤니케이션 카드를 들어라. (각 커뮤니케이션 카드의 뜻은 아래의 표를 참조하라.)
- QR 코드 근처에 어떤 것도 쓰거나 그리지 말라.

			
화장실에 가고 싶거나, 스낵을 먹고 싶거나 휴식이 필요하다.	기술적 도움이 필요하다.	의료적 응급상황이다.	공식 영문 문제지를 보고 싶다.

커뮤니케이션 카드의 뜻

GOOD LUCK!

Practical



55TH INTERNATIONAL
CHEMISTRY OLYMPIAD
SWITZERLAND 2023

KOR-1 P-0 G-3

G0-3
Korean (Republic of Korea)

문제 및 채점 정보

	제목	문제지 쪽수	답안지 쪽수	전체 점수	퍼센트
1	표백제, 카멜레온 같은 반응물	10	4	70	16
2	다양한 적정	4	4	90	13
3	단순함 속의 아름다움	2	4	59	11
				전체	40

물리 상수와 공식

상수

플랑크 상수	$h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$
볼츠만 상수	$k_B = 1.381 \cdot 10^{-23} \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-2} \text{ K}^{-1}$
빛의 속도	$c = 2,99792458 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$
전자 전하	$e = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
아보가드로 상수	$N_A = 6.022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
기체 상수	$R = 8.314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$
패러데이 상수	$F = 96485 \text{ C mol}^{-1}$
표준 압력	$p_0 = 1 \cdot 10^5 \text{ Pa}$
전자볼트	$1 \text{ eV} = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ J}$
전하량과 전류	$1 \text{ C} = 1 \text{ A} \cdot 1 \text{ s}$
절대 0도	$0 \text{ K} = -273.15 \text{ }^\circ\text{C}$
옹스트롬	$1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m}$
피코	$1 \text{ pm} = 10^{-12} \text{ m}$
나노	$1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$
마이크로	$1 \text{ }\mu\text{m} = 10^{-6} \text{ m}$
밀리	$1 \text{ mm} = 10^{-3} \text{ m}$
센티	$1 \text{ cm} = 10^{-2} \text{ m}$
데시	$1 \text{ dm} = 10^{-1} \text{ m}$
킬로	$1 \text{ km} = 10^3 \text{ m}$
메가	$1 \text{ Mm} = 10^6 \text{ m}$
기가	$1 \text{ Gm} = 10^9 \text{ m}$
테라	$1 \text{ Tm} = 10^{12} \text{ m}$
파이(π)	$\pi = 3.141592 \dots$
오일러 수	$e = 2.718281 \dots$

공식

이상 기체 법칙	$pV = nRT = Nk_B T$
깁스 자유 에너지	$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ $\Delta G^\circ = -RT \ln K^\circ$ $\Delta_r G^\circ = -nFE_{cell}^\circ$ 여기서 n 은 전자의 개수이다. $\Delta_r G = \Delta_r G^\circ + RT \ln Q$
반응 계수 $Q : aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$	$Q = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b}$
네른스트 방정식	$E = E_0 - \frac{RT}{nF} \ln Q$
전류	$I = Q/t$
패러데이 방정식	$I \cdot t = n \cdot z \cdot F$
전기장 내 존재하는 전하 q 의 에너지	$E = k \frac{q_1 q_2}{d}$
아레니우스 법칙	$k = A \exp\left(\frac{-E_A}{RT}\right)$
비어-람베르트 법칙	$A = \epsilon lc$
헨더슨-하셀바흐 방정식	$\text{pH} = \text{pK}_a + \log\left(\frac{[A^-]}{[HA]}\right)$
광자의 에너지	$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$
적분 속도 법칙	
0차 반응	$[A] = [A]_0 - kt$
1차 반응	$\ln[A] = \ln[A]_0 - kt$
2차 반응	$\frac{1}{[A]} = \frac{1}{[A]_0} + kt$
1차 반응의 반감기	$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{k}$
2차 반응의 반감기	$t_{1/2} = \frac{1}{[A]_0 k}$
방사능	$A = k \cdot N$
반지름 R 인 구의 표면적	$A = 4\pi R^2$
반지름 R 인 구의 부피	$V = \frac{4\pi}{3} R^3$

안전 수칙

실험실에서는 다음 규칙을 반드시 지켜야 한다:

- 실험실에서 음식물을 먹거나 음료를 마실 수 없다. 껌을 씹는 것도 허용되지 않는다.
- 지정된 장소에서만 실험을 수행하라. 개인 실험 장소 및 공용 실험 장소를 깨끗하게 사용하라.
- 허가되지 않은 실험은 허용되지 않으며, 실험 과정을 임의로 바꾸는 것도 허용되지 않는다.
- 바이알과 뚜껑이 있는 병은 가능한 닫아두도록 한다.
- 입으로 피펫을 사용해서는 안된다. 항상 피펫 필러 밸브를 사용하라.
- 시약을 쏟거나 유리 기구를 깬 경우에는 조교에서 즉각 알려라. 어떤 사고에 대해서도 조교에게 알려야 한다.
- 모든 폐기물은 오염과 부상을 방지하기 위해서 적절히 폐기되어야 한다. 올바른 폐액통에 폐시약을 버려라. 만약 폐액통이 가득 차 있으면 조교에게 알려라.
- 실험실에서는 콘택트 렌즈를 착용해서는 안된다.

실험 시험 동안에, 학생들은 다음을 착용하여야 한다:

- 다리 전체를 보호할 수 있는 긴 바지;
- 앞이 막히고 낮은 신발;
- 긴 소매로 된 실험복;
- 얼굴에 맞는 보안경;
- 해당 시, 긴 머리와 수염은 묶어야 한다.

위의 규칙을 따르지 않는 학생은 실험실에 들어올 수 없으며, 실험 시험 점수는 0점 처리하고, 실험 시험에서 실격된다.

GHS 문구

이 실험 문제에서 사용된 물질과 관련된 GHS 유해성 및 예방조치 문구는 문제에 표시되어 있다. 각각의 뜻은 다음과 같다:

H-문구 물리적 유해성

H224: 극인화성 액체 및 증기

H225: 고인화성 액체 및 증기

H226: 인화성 액체 및 증기

H260: 물과 접촉 시 자연발화 가능한 인화성 가스를 발생시킴

H272: 화재를 촉진할 수 있음: 산화제

H290: 금속을 부식시킬 수 있음

H-문구 건강 유해성

H301: 삼키면 유독함

H301+H331: 삼키거나 흡입하면 유독함

H302: 삼키면 유해함

H302+H312: 삼키거나 피부에 접촉하면 유해함

H302+H312+H332: 삼키거나 피부에 접촉하거나 흡입하면 유해함

H302+H332: 삼키거나 흡입하면 유해함

H304: 삼켰을 때 기도에 들어가면 치명적일 수 있음

H311: 피부에 접촉하면 유독함

H311+H331: 피부에 접촉하거나 흡입하면 유독함

H312: 피부에 접촉하면 유해함

H312+H332: 피부에 접촉하거나 흡입하면 유해함

H317: 알레르기성 피부 반응을 일으킬 수 있음

H314: 피부에 심한 화상을 일으키고 눈에 손상을 줌

H315: 피부에 자극을 일으킴

H318: 눈에 심한 손상을 일으킴

H319: 눈에 심한 자극을 일으킴

H331: 흡입하면 유독함

H332: 흡입하면 유해함

H335: 호흡기 자극을 일으킬 수 있음

H336: 졸음 또는 현기증을 일으킬 수 있음

H351: 암 유발이 의심됨

H361: 태아 또는 생식능력에 손상을 일으킬 것으로 의심됨

H361d: 태아에 손상을 일으킬 것으로 의심됨

H361f: 생식능력에 손상을 일으킬 것으로 의심됨

H371: 장기에 손상을 일으킬 수 있음

H372: 장시간 또는 반복적 노출을 통해 장기 손상을 초래함

H373: 장시간 또는 반복적 노출을 통해 기관에 손상을 유발할 수 있음

H-문구 환경 유해성

H400: 수생생물에 매우 유독함

H410: 장기적인 영향에 의해 수생생물에게 매우 유독함

H411: 장기적인 영향에 의해 수생생물에게 유독함

H412: 장기적인 영향에 의해 수생생물에게 유해함

H441: 육상 무척추 동물에 매우 유독함

예방 예방조치 문구

P202: 모든 안전 예방조치 문구를 읽고 이해하기 전에는 취급하지 마시오.

P210: 열, 고온의 표면, 스파크, 화염 및 그 밖의 점화원으로부터 멀리하시오. 금연

P220: 의류 및 그 밖의 가연성 물질로부터 멀리하시오.

P223: 물에 접촉시키지 마시오.

P231: 불활성 기체/... 하에서 취급 및 저장 하시오.

P232: 습기를 방지하시오.

P233: 용기를 단단히 밀폐하시오.

P234: 원래의 용기에만 보관하시오.

P235: 저온으로 유지하시오.

P240: 용기와 수용설비를 접지하시오.

P241: 방폭형 [전기/환기/조명/...]설비를 사용하시오.

P242: 스파크가 발생하지 않는 도구를 사용하시오

P243: 정전기 방지 조치를 취하시오.

P260: 분진/흙/가스/미스트/증기/스프레이를(을) 흡입하지 마시오.

P261: 분진/흙/가스/미스트/증기/스프레이의 흡입을 피하시오.

P264: 취급 후에는 ...을(를) 철저히 씻으시오.

P270: 이 제품을 사용할 때에는 먹거나, 마시거나 흡연하지 마시오.

P271: 옥외 또는 환기가 잘 되는 곳에서만 취급하십시오.

P273: 환경으로 배출하지 마시오.

P280: 보호장갑/보호의/보안경/안면보호구를 착용하십시오.

대응 예방조치 문구

P301: 삼켰다면:

P301+P310: 삼켰다면 즉시 의료기관에 연락하거나 의사의 진찰을 받으시오.

P301+P312: 삼켜서 불편함을 느끼면 의료기관에 연락하거나 의사의 진찰을 받으시오.

P301+P330+P331: 삼켰다면 입을 씻어내시오. 토하게 하려 하지 마시오.

P302: 피부에 묻으면:

P302+P352: 피부에 묻으면 물과 비누로 씻으시오.

P303: 피부(또는 머리카락)에 묻으면:

P303+P361+P353: 피부(또는 머리카락)에 묻으면 오염된 모든 의류를 즉시 벗으시오. 피부를 물로 씻으시오.[또는 샤워하십시오.]

P304: 흡입하면:

P304+P340: 흡입하면 신선한 공기가 있는 곳으로 옮기고 호흡하기 쉬운 자세로 안정을 취하십시오.

P305: 눈에 묻으면:

P305+P351+P338: 눈에 묻으면 몇 분간 물로 조심해서 씻으시오. 가능하면 콘택트렌즈를 제거하십시오. 계속 씻으시오.

P308: 노출되거나 노출이 우려되면:

P308+P311: 노출되거나 노출이 우려되면 의료기관에 연락하거나 의사의 진찰을 받으시오.

P310: 즉시 의료기관에 연락하거나 의사의 진찰을 받으시오.

P311: 의료기관에 연락하거나 의사의 진찰을 받으시오.

P312: 불편함을 느끼면 의료기관에 연락하거나 의사의 진찰을 받으시오.

P313: 의학적인 조치/조언을 받으시오.

P314: 불편함을 느끼면 의학적인 조치/조언을 받으시오.

P315: 즉시 의학적인 조치/조언을 받으시오.

P320: 긴급히 정해진 처치를 하시오. (정해진 처치에 대해서는 이 표시에서 ...를 보시오.)

P330: 입을 씻어내시오.

P331: 토하게 하지 마시오.

P332: 피부 자극이 나타나면:

P332+P313: 피부 자극이 나타나면 의학적인 조치/조언을 받으시오.

P337: 눈에 대한 자극이 지속되면:

P337+P313: 눈에 대한 자극이 지속되면 의학적인 조치/조언을 받으시오.

P338: 가능하면 콘택트렌즈를 제거하십시오. 계속 씻으십시오.

P340: 신선한 공기가 있는 곳으로 옮기고 호흡하기 쉬운 자세로 안정을 취하십시오.

P351: 몇 분간 물로 조심해서 씻으십시오.

P352: 다량의 물로 씻으십시오.

P353: 피부를 물로 씻으십시오.[또는 샤워하십시오.]

P361: 오염된 모든 의류를 즉시 벗으십시오.

P363: 다시 사용 전 오염된 의류는 세척하십시오.

P370: 화재 시:

P370+P378: 화재 시 불을 끄기 위해 ... 을(를) 사용하십시오.

P378: 불을 끄기 위해 ... 을(를) 사용하십시오.

P391: 누출물을 모으십시오.

저장 예방조치 문구

P403: 환기가 잘 되는 곳에 보관하십시오.

P403+P233: 용기는 환기가 잘 되는 곳에 단단히 밀폐하여 저장하십시오.

P403+P235: 환기가 잘 되는 곳에 보관하고 저온으로 유지하십시오

P405: 잠금장치를 하여 저장하십시오.

P422: ... 환경 하에 내용물을 보관하십시오.

폐기 예방조치 문구

P501: ...에 따라 내용물/용기를 폐기하십시오.

시약, 유리 기구 및 실험 기구 목록

문제 1: 유기 합성: 표백제, 카멜레온 같은 반응물

시약	다음과 같이 표시됨	정의	GHS 안전 규약
아세트산, 4 mL	"AcOH"	부식성	H226, H314; P280, P210, P233, P240, P241, P242, P243, P260, P264, P280, P301+P330+P331, P302+P361+P354, P303+P361+P353, P304+P340, P305+P354+P338, P316, P321, P363, P370+P378, P403+P235, P405, P501
전 개 액 (C ₆ H ₁₄ / EtOAc, 80:20, v/v), 15 mL	"Eluent"	인화성	에틸 아세테이트: H225, H319, H336; P210, P233, P240, P241, P242, P243, P261, P264+P265, P271, P280, P303+P361+P353, P304+P340, P305+P351+P338, P319, P337+P317, P370+P378, P403+P233, P403+P235, P405, P501. 헥세인: H225, H304, H361f, H373, H315, H336, H411; P203, P210, P233, P240, P241, P242, P243, P260, P261, P264, P271, P273, P280, P301+P316, P302+P352, P303+P361+P353, P304+P340, P318, P319, P321, P331, P332+P317, P362+P364, P370+P378, P391, P403+P233, P403+P235, P405, P501
염산, 2 M in H ₂ O, 25 mL	"2 M HCl"	부식성	H290, H314, H318, H335; P260, P280, P303+P361+P353, P305+P351+P338

파라메톡시아세토페논, 2 x 500 mg	"SM-A" "SM-B"		H302, H315; P264, P270, P280, P301+P317, P302+P352, P321, P330, P332+P317, P362+P364, P501
아황산수소나트륨 (약 40% in H ₂ O), 8 mL	"NaHSO ₃ (aq)"		H302; P264, P270, P301+P317, P330, P501
NaOCl (약 14% in H ₂ O), 생성물 A 합성 시 7.5 mL 사용 생성물 B 합성 시 4.0 mL 사용	"Bleach-A" "Bleach-B"	부식성	H314, H318, H400, H410; P260, P264, P264+P265, P273, P280, P301+P330+P331, P302+P361+P354, P304+P340, P305+P354+P338, P316, P317, P321, P363, P391, P405, P501
황산나트륨, 약 5 g	"Na ₂ SO ₄ "		H315, H318; P264, P264+P265, P280, P302+P352, P305+P354+P338, P317, P321, P332+P317, P362+P364
C ₆ H ₅ CH ₃ , 40 mL	"Toluene"	인화성	H225, H304, H315, H336, H361d, H373, H412; P203, P210, P233, P240, P241, P242, P243, P260, P261, P264, P271, P280, P301+P316, P302+P352, P303+P361+P353, P304+P340, P318, P319, P321, P331, P332+P317, P362+P364, P370+P378, P403+P233, P403+P235, P405, P501
증류수	"dest. Wasser"		규제 (EC) 번호 1272/2008 의거, 독성 없음
수산화나트륨 (1 M in H ₂ O), 6.7 mL	"NaOH (aq)"	부식성	H290, H314; P260, P264, P280, P301+P330+P331, P302+P361+P354, P304+P340, P305+P354+P338, P316, P321, P363, P405, P501
(CH ₃) ₂ CO	"Aceton"	인화성	H225, H319, H336; P210, P233, P240, P241, P242, P305 + P351 + P338

개인별 실험 기구	수량
실험용 스탠드	1
클램프와 클램프 홀더	4
자석 교반용 핫플레이트	1
교반용 젓개 (막대 형태, 2.5 cm)	2
교반용 젓개 (올리브 형태, 길이 2 cm, 두께 1 cm)	1
수조: 결정화 용기 (용기의 1/3이 물로 채워져 있으며 교반용 젓개 1개가 들어 있음)	1
온도계 (0 – 100 °C)	1
둥근바닥 플라스크 (50 mL)	2
비그릭스 컬럼	1
기체 버블러에 연결된 굵은 형태의 호스 어댑터	1
기체 포집 용액(1 M NaOH EtOH/H ₂ O = 10:90 (부피비) 혼합 용액)이 채워진 PVC 호스와 연결된 기체 버블러	1
눈금실린더 (10 mL)	1
눈금실린더 (50 mL)	1
삼각 플라스크 (50 mL)	1
여과 플라스크 (500 mL), 진공 트랩에 연결되어 있으며 고무 보호 슬리브와 고무 개스킷이 장착되어 있음	1
진공 모듈에 연결된 진공 트랩	1
도가니형 유리 필터 (8 mL)	1
플라스틱 마개가 있는 분별깔때기 (50 mL)	1
유리 깔때기	1
뚜껑이 있는 TLC 전개 챔버	1
"TLC + [student code]"라 표시된 지퍼백 내, TLC판	3

TLC 모세관	6
"TLC-SM", "TLC-A", "TLC-B"로 각각 표시된 바이알 (4 mL)	3
"Product A + [student code]"로 표시된 바이알 (20 mL)	1
"SM-A", "SM-B", "Bleach-A", "Bleach-B", "AcOH", "NaOH (aq)", "NaHSO ₃ (aq)", "Na ₂ SO ₄ "로 각각 표시된 바이알 (20 mL)	8
"Eluent", "Toluene", "2 M HCl"로 각각 표시된 병 (50 mL)	3
"Product B + [student code]"로 표시된 부피 플라스크 (50 mL)	1
파스퇴르 피펫	12
비커 (100 mL)	1
약수저 (큰 것)	1
약수저 (작은 것)	1
집게	1
조인트 클립	1
코르크 받침대	1
"TLC + [student code]"이라 표시된 지퍼백 내 pH 지시 스트립	10
여과지	1
연필	1
자	1
아세톤이 채워진 세척병 (500 mL)	1
"Waste (aq)"라 표시된 폐수용액 폐기병 (250 mL), 티오황산나트륨 용액이 조금 채워져 있음	1
"Waste (org)"이라 표시된 폐유기 폐기병 (100 mL)	1
계량지	3

공유 실험기구	수량 (실험실 당, 약 20명 실험자가 공유)
UV 램프	1
자석바 제거기	2
잘게 갈린 얼음, 양동이	2

문제 2: 다양한 적정

시약	상태	설명	GHS 안전 규약
CaCl ₂ ·2H ₂ O	고체	"CaCl ₂ ·2H ₂ O + [student code] + [mass]"로 표시된 바이알	H319; P264, P280, P305 + P351 + P338, P337 + P313
증류수	액체	"dest. Wasser"로 표시된 세척 병	(EC) No. 1272/2008 규정에 따라 유해한 물질 또는 혼합물 아님
EDTA 표준용액 (10.0 mM)	액체	"EDTA"로 표시된 500 mL PE병	H290, H314, H335; P234, P261, P271, P280, P303 + P361 + P353, P305 + P351 + P338
0.1 M HCl	액체	"0.1 M HCl"로 표시된 10 mL 바이알, 부식성	H290; P234, P390
HCl 수용액에 녹은 시료 (혼합물), pH = 1	액체	"Sample + [student code] + [mass]"로 표시된 바이알, 부식성	H290, H319; P234, P264, P280, P305 + P351 + P338, P337 + P313, P390
Eriochrome [®] Black T (NaCl에 1 wt. %)	고체	1 g, 지시약, "Erio T"로 표시된 바이알	H319, H411; P264, P273, P280, P305 + P351 + P338, P337 + P313, P391
Variamine Blue (NaCl에 1 wt. %)	고체	1 g, 지시약, "Variamine"으로 표시된 바이알	H302, H312, H332; P264, P270, P301 + P312, P330, P501, P280, P302 + P352, P312, P322, P363, P261, P271, P304 + P340
Schwarzenbach 완충용액 (pH = 10, c _{HB+} + c _B = 8.8 M)	액체	10 mL, NH ₄ Cl 과 NH ₃ , "Buffer"로 표시된 바이알	H302, H314, H319, H335, H410; P261, P264, P270, P271, P273, P280, P303 + P361 + P353, P305 + P351 + P338, P310 + P312, P337 + P313
에탄올	액체	200 mL, 가연성, "EtOH"로 표시된 250 mL 병	H225, H319; P210, P233, P240, P241, P242, P305 + P351 + P338

Practical



55TH INTERNATIONAL
CHEMISTRY OLYMPIAD
SWITZERLAND 2023

KOR-1 P-0 E-6

E0-6

Korean (Republic of Korea)

항목	수량
20 mL 바이알	6, "CaCl ₂ ·2H ₂ O + [student code] + [mass]", "0.1 M HCl", "Erio T", "Sample + [student code] + [mass]", "Variamine", "Buffer"로 표시됨
부피 플라스크 (100 mL)	1
부피 플라스크 (250 mL)	1
뷰렛에 맞는 작은 깔때기	1
약수저(Spatula)	1
삼각 플라스크 (300 mL)	3
부피 피펫 (5.0 mL)	1
피펫 벌브	1
눈금 실린더 (50 mL)	1
유리 파스퇴르 피펫	4
뷰렛 (50 mL)	1
뷰렛 홀더가 있는 실험실 스탠드	1
"EDTA"로 표시된 PE 병 (500 mL)	1
"EtOH"로 표시된 병 (250 mL)	1
비커 (50 mL)	1
부피 피펫 (20.0 mL)	1
"Waste (P2)"로 표시된 비커 (1000 mL)	1

문제 3: 단순함 속의 아름다움

시약	상태	정의	GHS 안전 규약
용액 S1-S6	액체	부식성, "S1"/"S2"/"S3"/"S4"/"S5"/ "S6" + "[Student Code]"로 표 시된 바이알 안의 용액	H272, H290, H301, H302, H314, H315, H318, H319, H332, H335, H373, H400, H410, H411

항목	수량
"Waste (P3)"로 표시된 병(100 mL)	1
"S1"/"S2"/"S3"/"S4"/"S5"/"S6" + "[student code]"로 표시된 바이알(20 mL)	6
시험관	18
유리 파스퇴르 피펫	10
시험관대	1

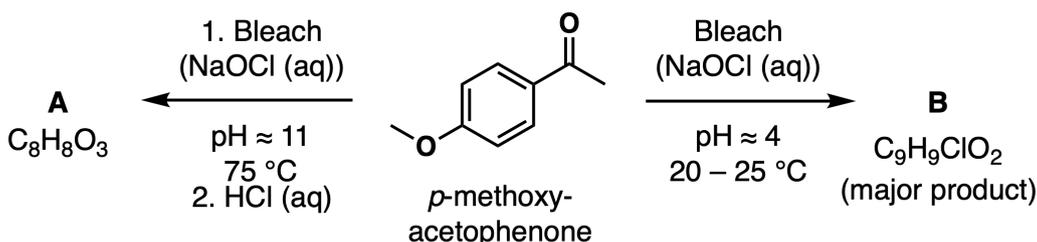
모든 문제에 공유하는 실험 기구

모든 문제에 사용되는 개인 실험 기구	수량
"P3" 상자의 펜	1
"P3" 상자의 싸인펜	1
"P3" 상자의 파스퇴르 피펫용 고무 벌브	3
보호용 장갑	실험 조교에게 문의하여 크기 별(S, M, L, XL)로 사용 가능
종이 롤 타월	1
증류수용 세척병(500 mL), 언제든지 감점없이 다시 채울 수 있음	1

표백제, 카멜레온 같은 반응물

전체의 16%													
문제	A의 수득 률	A의 TLC	화합물 A 합 성 시 감점	B의 수득 률	B의 TLC	화합물 B 합 성 시 감점	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	총합
배점	25	3	-6	25	3	-25	4	2	2	2	2	2	70
점수													

실험 과정



화학식 내 용어 번역: 표백제 (Bleach), 파라메톡시아세토페논 (p-methoxyacetophenone), 주생성물 (major product)

생성물 A 합성

- 자석 교반용 핫플레이트의 **전원을 켜고** 수조의 온도가 70–80 °C 가 되도록 핫플레이트의 온도 셋팅을 100–150 °C 사이로 **한다**. 교반을 하면서 스탠드에 고정된 온도계를 확인하여 온도를 **조절한다**.
- 수조가 가열되는 동안, "SM-A"로 표시된 바이알 내 파라메톡시아세토페논을 작은 약수저 끝을 사용하여 적은 양을 **덜어서** "TLC-SM"이라 표시된 바이알에 **옮겨 넣는다**. 생성물 B 합성이 끝난 후 수행할 TLC 분석을 위해 "SM-A" 바이알을 한 쪽에 **보관한다**.
- 50 mL 둥근바닥 플라스크에 올리브 형태의 교반용 젓개, 파라메톡시아세토페논 (500 mg, "SM-A"로 표시된 바이알 내 화합물 전부를 사용하고, 플라스크로 옮기기 위해 계량지를 사용해도 좋다), NaOH 수용액 (6.7 mL, "NaOH (aq)"로 표시된 바이알 내 용액 전체), 표백제 (7.5 mL, "Bleach-A"로 표시된 바이알 내 전체)를 차례대로 **첨가한다**.
- 스탠드에 둥근바닥 플라스크를 클램프로 **고정하고** 클램프의 위치를 조절하여 수조에 플라스크를 **담근다**. 플라스크 내 반응 혼합물의 교반이 빠르게 진행될 수 있도록 대략 750 rpm으로 교반 속도를 **조절한다**.

- 그림 1을 참고하여 플라스크에 비그렉스 (Vigreux) 컬럼을 **장착한다**. 그리고 나서 비그렉스 컬럼 상단에 기체 버블러 (기체 포집을 위해 NaOH 에탄올/물 혼합 용액이 채워져 있다)와 튜브로 연결된 굵어진 호스 어댑터를 **장착한다**. 그림 1과 같이 클립을 이용해 비그렉스 컬럼 상단과 어댑터가 만나는 부분을 **고정한다**.
- 수조 온도를 70 – 80 °C 사이로 유지하면서 반응을 60분동안 **진행한다**.

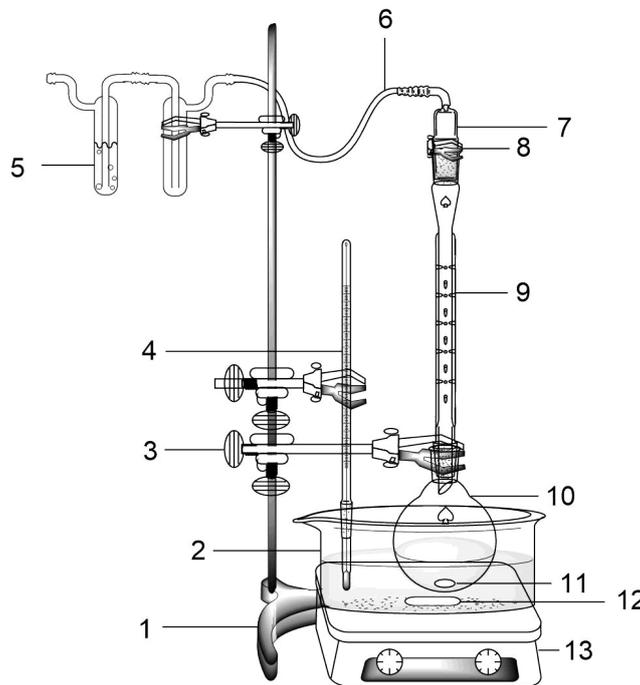


그림 1: 1 = 실험용 스탠드, 2 = 수조, 3 = 클램프와 클램프 홀더, 4 = 온도계, 5 = 기체 버블러, 6 = 튜브, 7 = 호스 어댑터, 8 = 조인트 클립, 9 = 비그렉스 컬럼, 10 = 등근바닥 플라스크, 11과 12 = 교반용 젓개, 13 = 자석 교반용 핫플레이트

- 가열 장치를 **끄고**, 클램프 위치를 조절하여 수조 위로 플라스크를 **들어 올린다**. 조교가 수조를 치우도록 기술 도움 카드를 **든다**. 교반을 하면서 혼합물을 식히고 다음 단계를 **진행한다**.
- 비그렉스 컬럼에 연결된 조인트 클립과 굵은 호스 어댑터를 **분리한다**. 플라스크와 연결된 비그렉스 컬럼을 **분리한다** (비그렉스 컬럼은 생성물 B 합성 시 재사용한다).
- 실험실 조교에게 잘게 갈린 얼음을 **요청하고**, 반응 플라스크를 얼음물 수조에 담귀 약 5분간 교반하면서 용액의 온도를 **낮춘다**.
- 얼음물 수조에 플라스크를 계속 담근 상태로 40% NaHSO₃ 수용액 ("NaHSO₃ (aq)")로 표시된 바이알에서 약 5 mL를 사용한다; 그림 2를 보면 파스퇴르 피펫 절반 정도 채워진 액체의 부피가 1 mL에 상응한다)을 파스퇴르 피펫을 이용해 천천히 **첨가한다**. 계속해서 **교반한다**. 하얀색 침전물 (생성물 A)이 생성될 것이다.

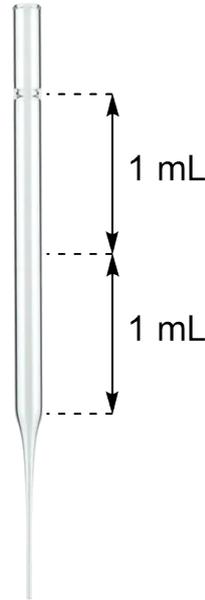


그림 2: 액체의 대략적인 부피를 알 수 있는 파스퇴르 피펫 (축척, 1:2)

11. 파스퇴르 피펫을 이용해 2 M HCl 수용액 ("2 M HCl (aq)")로 표시된 유리병 내 용액에서 약 6 – 8 mL 사용)을 반응 용액에 첨가하여 pH를 1–2로 **조정한다**. 용액의 pH는 pH 지시 스트립 (그림 3에 있는 pH에 따른 색 패턴을 참고)을 사용하여 **확인한다**. 용액의 pH는 깨끗한 파스퇴르 피펫을 이용해 소량의 반응 용액을 **취하여** pH 지시 스트립 위에 용액 한 방울을 **떨어뜨려** 확인할 수 있다. 이 때 절대로 pH 지시 스트립을 반응 용액에 바로 **담귀서는 안된다**. 용액의 pH가 1–2가 될 때까지 HCl 용액을 **계속 첨가하고**, 해당 pH에 도달하면 **멈춘다**.

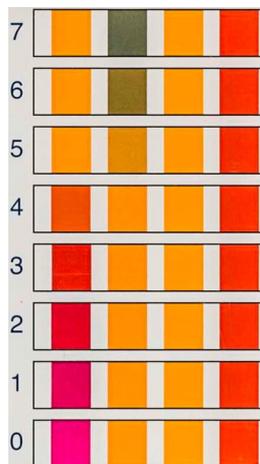


그림 3: pH의 변화에 따른 지시 스트립의 색상 변화 정도. pH 스트립 내 4개 색상 변화 영역 모두 주어진 pH 값에서 색상과 일치해야 한다. pH 값은 왼쪽에 표시된 숫자이다. 그림 3에서 pH에 따른 색상 차이를 확인하기 어려운 경우, 조교에게 pH 스트립의 실제 색상 변화 기준표를 보여 달라고 요청할 수 있다.

12. 조교에게 자석바 제거기를 **요청하고**, 교반을 **멈춘 뒤** 플라스크에서 교반용 젓개를 **제거한다**. 교반용 젓개는 "Aqueous Waste"로 표시된 병 위에서 증류수로 세척한다. 이후 "Organic Waste"로 표시된 병 위에서 아세톤으로 세척하고 종이 타월로 **닦아낸다**. 교반용 젓개는 나중에 재사용할 것이다.
13. 진공 여과 장치를 **설치한다**: 그림 4와 같이 실험용 스탠드에 여과 플라스크를 **고정하고**, 고무 보호 슬리브 위에 원추형 고무 개스킷을 올려두도록 **주의한다**.

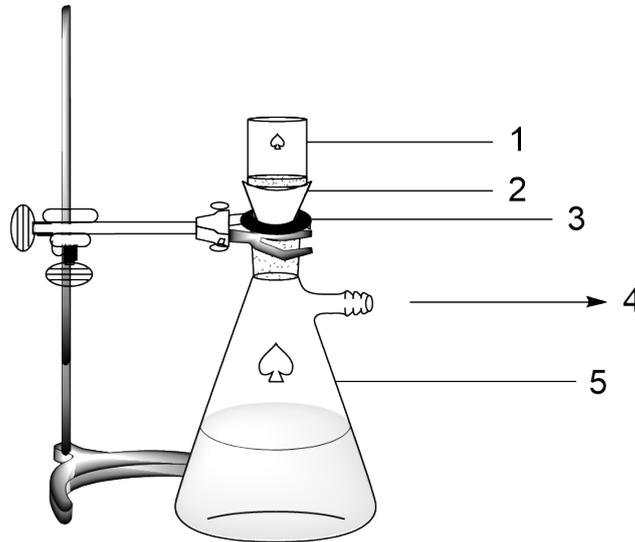


그림 4: 1 = 도가니형 유리 필터, 2 = 원추형 고무 개스킷, 3 = 고무 보호 슬리브, 4 = 진공원 연결부, 5 = 여과 플라스크

14. 그림 4와 같이 원추형 고무 개스킷에 맞춰 도가니형 유리 필터를 **둔다**. 공기가 새어 들지 않도록 꼭 맞는지 **확인한다**.
15. 진공을 **걸어주면서** 여과할 현탁액을 도가니형 유리 필터에 **붓는다**. 현탁액의 양에 맞춰 여러 차례 나눠 붓는다.
16. 증류수(2 x 10 mL; 눈금실린더를 사용해도 좋다)로 여과된 고체를 **세척한다**.
17. 세척된 침전물은 증류수를 최대한 제거하기 위해 공기 흡인하여 **진공 건조한다** (10분 초과하지 말 것). 그리고 나서 진공을 **끄고** 진공원과 플라스크 연결을 **해제한다**.
18. 생성물 A를 작은 약수저 끝으로 소량 덜어 내어 "TLC-A"라 표시된 바이알에 넣고 향후 수행할 TLC 분석을 위해 한쪽에 **보관한다**.
19. 도가니형 유리 필터 내 생성물을 약수저를 이용하여 "Product A + [student code]"라 표시된 바이알에 **잘 옮긴다**.
20. 'Product A + [student code]'로 표시된 바이알 뚜껑을 잘 **닫는다**. 실험 시험 종료 시, 조교가 해당 바이알을

수거해 갈 것이다.

21. 여과 플라스크 내 담긴 여과액은 "Aqueous Waste"로 표시된 병에 버린다.

생성물 B의 합성

1. 새로운 50 mL 둥근바닥 플라스크를 준비하고, 올리브 형태 교반용 젓개를 넣은 뒤 스탠드에 플라스크를 고정한다.
2. 플라스크에 파라메톡시아세토페논 (500 mg, "SM-B"로 표시된 바이알 내 전체 양이며, 플라스크에 넣을 때 계량지를 사용해도 좋다)과 빙초산 (4 mL, "AcOH"로 표시된 바이알 내 전체)을 차례대로 첨가한다.
3. 용액을 교반하면서 1 – 2 분동안 파스퇴르 피펫을 이용해 표백제 (4.0 mL, "Bleach-B"로 표시된 바이알 내 전부)를 한 방울씩 첨가한다.
4. 플라스크에 비그릭스 컬럼을 장착한다.
5. 상온에서 45분간 대략 750 rpm으로 빠르게 교반한다.
6. 비그릭스 컬럼을 플라스크에서 제거하고 "NaHSO₃ (aq)"으로 표시된 바이알에 담긴 NaHSO₃ (aq) 용액 약 3 mL를 1분 동안 파스퇴르 피펫을 이용해 한 방울씩 첨가한다. 첨가 시, 발열 반응으로 인해 혼합물이 따뜻해진다.
7. 조교에게 자석바 제거기를 요청하고, 교반을 멈춘 뒤 플라스크에서 교반용 젓개를 제거한다.
8. 스탠드에 50 mL 분별깔때기를 고정한다. 10 mL의 증류수 (눈금실린더를 사용해도 좋다)를 분별깔때기에 첨가한다.
9. 둥근바닥 플라스크 내 혼합 용액을 유리 깔때기를 통해 분별깔때기로 부어 넣는다.
10. "Toluene"으로 표시된 병에 담긴 toluene 약 10 mL (눈금실린더를 사용해도 좋다)를 분별깔때기에 첨가하고, 유리 깔때기를 제거한다.
11. 분별깔때기 마개를 막고 잠시 격렬히 흔들어준다. 때때로 흔드는 것을 멈추고 깔때기의 주둥이가 본인 및 타인에게 향하지 않도록 한 상태에서 콕을 열어 환기를 진행한다.
12. 흔드는 걸 멈추고, 한 번 환기하고 분별깔때기를 스탠드에 고정한다. 마개를 제거하고 두 층이 분리되도록 기다린다.
13. 아래층(물층)을 사용했던 둥근바닥 플라스크로 빼어 내고, 생성물 B가 들어 있는 위층(유기층)은 50 mL 삼각플라스크에 받아낸다.
14. 톨루엔을 이용해 실험 과정 9 – 13 을 두 번 반복하여 물층을 두 번 더 추출한다. 유기층은 모두 동일한 삼각플라스크에 모은다.

15. 유리 깔때기는 "Organic Waste"로 표시된 병 위에서 아세톤으로 세척하고 자연 건조한다.
16. 황산나트륨("Na₂SO₄")으로 표시된 바이알 내 전부)을 유기층이 담긴 삼각플라스크에 첨가한다. 막대 형태의 교반용 젓개를 삼각플라스크에 넣은 뒤, 플라스크를 자석 교반기 위에 놓고 현탁액을 3분간 교반하고 이후 교반을 멈춘다.
17. 클램프에 유리 깔때기를 놓고 깔때기의 주둥이 일부가 "Product B + [student code]"로 표시된 부피 플라스크 안에 들어가도록 조정한다. 여과지를 유리 깔때기에 펼쳐 놓은 후, 파스퇴르 피펫으로 소량의 톨루엔으로 여과지를 적신다.
18. 삼각플라스크 내 현탁액을 "Product B + [student code]"로 표시된 부피 플라스크에 여과한다 (여과액은 절대로 부피 플라스크 내 표시된 눈금까지 도달하지 않는다). 앞서 사용한 동일한 파스퇴르 피펫을 이용해 약 5 mL의 톨루엔으로 삼각플라스크를 세척하고, 세척액을 여과지에 붓는다.
19. 실험을 통해 얻은 "생성물 B" 용액 4 방울을 파스퇴르 피펫을 이용하여 "TLC-B"라 표시된 바이알로 옮긴다.
20. 부피 플라스크의 마개를 막는다. 실험 시험 종료 시, 조교가 해당 부피 플라스크를 수거해 갈 것이다.
21. 반응 플라스크 내 수용액은 "Aqueous Waste"라 표시된 병에 버린다.

얇은 층 크로마토그래피 (TLC) 분석

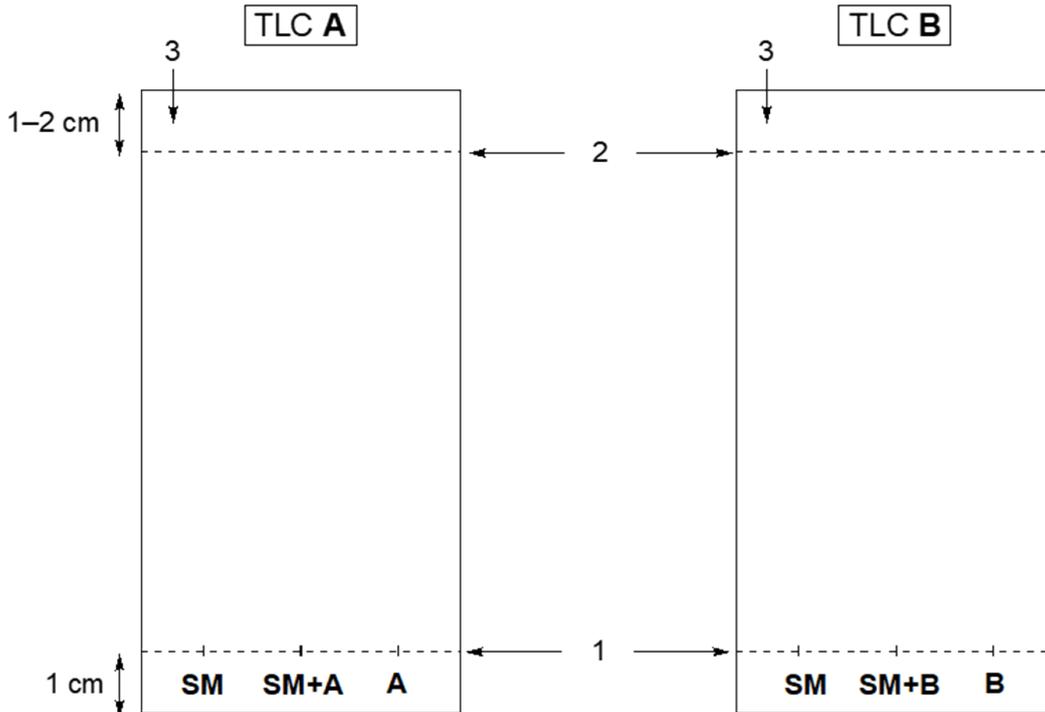


그림 5: SM = 출발 물질 = 파라메톡시아세토펜, A = 생성물 A, SM+A = 출발 물질과 생성물 A의 co-spot, B = 생성물 B, SM+B = 출발 물질과 생성물 B의 co-spot

1 = 출발선, 2 = 이동상 전개 끝선, 3 = 실험자 코드 기록하는 위치

- TLC 챔버를 **준비한다**: 챔버 내 전개액 높이가 약 0.5 cm가 되도록 이동상 (hexane/EtOAc가 80:20의 비율로 섞인 혼합 용액으로 "Eluent"라고 표시된 병에 담겨 있다)을 **넣고** 챔버 뚜껑을 **닫는다**. 필요한 경우, 조교로부터 별점없이 추가 전개액을 얻을 수 있다.
- 시료를 **준비한다**: 파스퇴르 피펫을 이용하여 "TLC-SM", "TLC-A", "TLC-B"라 표시된 각 바이알에 약 0.5 mL의 전개액을 **첨가하여** 각 시료들을 용해 및 희석한다. "TLC-A"라 표시된 바이알의 **뚜껑을 닫고** 시료를 빠르게 용해하기 위해 30초간 **흔들어준다**.
- 생성물 A의 분석(그림 5, 왼쪽)을 위한 TLC판(정지상: 알루미늄 위 도포된 SiO₂)을 **준비한다**: 연필과 자를 이용해 TLC판 아래로부터 약 1 cm 위치에 출발선을 **그리고** 3개의 시료를 찍을 위치를 각각 **점으로 표시한다**. 각 점들에 대해 "SM" = 출발 물질 = 파라메톡시아세토펜, "A" = 생성물 A, "SM+A"는 출발 물질과 생성물 A의 co-spot (이 경우 두 화합물이 TLC판의 같은 위치에 놓이게 된다)로 **표시한다**. TLC판 위의 왼쪽 부분에 **학생 코드를 적는다**.
- 같은 방식으로 생성물 B 분석(그림 5, 오른쪽)을 위한 새로운 TLC판을 **준비한다**.
- 모세관을 이용하여 두 개의 TLC판 출발선에 표시된 각 점에 용액을 **찍는다**. 각 시료마다 다른 모세관을 **사용한다**.

용매가 증발될 때까지 기다리고 각 spot을 자연 건조한다.

- TLC판(2개의 TLC판 전개를 동시에 해도 되고 순차적으로 진행해도 된다)을 전개한다. 집게를 이용하여 TLC판을 TLC 챔버에 넣고 챔버의 뚜껑을 닫는다. 전개액이 각 TLC판 상단의 1–2 cm 아래까지는 도달하도록 둔다. 뚜껑을 열고 집게를 이용해 챔버에서 TLC판을 꺼낸다. 연필을 이용해 이동상 전개 끝선을 표시하고 TLC판을 공기 중에서 건조시킨다.
- 건조된 TLC판을 실험실 벤치 위에 배치된 UV 램프로 관찰한다. 연필을 이용해 보이는 모든 점을 원으로 나타낸다.
- 답안지 내 TLC판 그림에 UV 램프에서 발견된 점들을 모두 그려라. 답안지 내 TLC 관련 문항에 대한 답으로 해당 TLC판 그림을 이용한다.



- 건조된 TLC판은 주의하여 학생 코드가 기록된 지퍼백으로 옮겨 둔다. 이 때 각 TLC판이 서로 스크래치가 생기는 걸 반드시 피한다.
- 조교가 수거해 갈 수 있도록 다음의 항목들을 준비한다:
 - 생성물이 담긴 유리 바이알과 부피 플라스크. 각각은 “Product A + [student code]”, “Product B + [student code]”로 표시되어 있다.
 - 두 개의 TLC판(생성물 A와 B의 TLC 분석)이 들어 있는 학생 코드가 표시된 지퍼백.

Practical



55TH INTERNATIONAL
CHEMISTRY OLYMPIAD
SWITZERLAND 2023

KOR-1 P-1 Q-9

Q1-9

Korean (Republic of Korea)

분석 - 관리자에 의해 채워질 예정(실험자에 의해 채워지는 것이 아님)

Yield.A 25pt

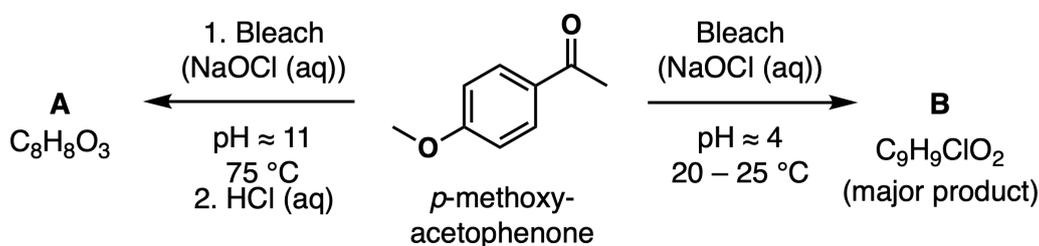
TLC.A 3pt

Ded.A -6pt

Yield.B 25pt

TLC.B 3pt

Ded.B -25pt

문제


화학식 내 용어 번역: 표백제 (Bleach), 파라메톡시아세토펜론 (p-methoxyacetophenone), 주생성물 (major product)

아래 주어진 문제에 대해 체크박스에 정답을 표시하라. (각 문항 당 정답은 하나이고, 모호한 답 표시는 오답으로 처리됨)

- 1.1** 앞서 실험을 통해 얻은 TLC판(정지상: 알루미늄 위 도포된 SiO_2 ; 전개액: hexane/EtOAc 가 80:20 비율로 섞인 혼합용액) **스케치** 결과를 이용하여 문제 a-d에 대해 답하라. TLC 스케치가 완성되지 않은 경우 점수가 부여되지 않는다. 4pt
- 화합물 **A**, **B** 중 어느 것이 더 극성이 강한가? 정답을 선택하라.
 - 생성물 **A**와 출발 물질 (**SM**) 중 어느 것이 더 극성이 강한가? 정답을 선택하라.
 - 생성물 **A**에 출발 물질이 남아 있는가? 정답을 선택하라.
 - 생성물 **B**에 출발 물질이 남아 있는가? 정답을 선택하라.

1.2 생성물 A (실험식 $C_8H_8O_3$)의 구조를 나타내라. 해당 구조를 **답안지** 내 보기에서 선택하라. 2pt

1.3 생성물 A ($C_8H_8O_3$)는 실험식에서 알 수 있듯이 C_1 (= 탄소 원자 1개를 포함) 조각이 A가 생성되는 과정에서 출발 물질 ($C_9H_{10}O_2$)로부터 떨어진다. 반응 후, C_1 조각은 염소 원자를 포함하는 화합물이 된다. 그 구조를 나타내라. 해당 구조를 **답안지** 내 보기에서 선택하라. 2pt

1.4 화합물 A 생성은 산화/환원 반응이다. 2pt

a. 주어진 반응에서 산화수가 증가하는 원자 (또는 원소)는 무엇인가? 답안지 내 보기에서 정답을 선택하라.

b. 주어진 반응에서 산화수가 감소하는 원자 (또는 원소)는 무엇인가? 답안지 내 보기에서 정답을 선택하라.

1.5 생성물 B (실험식 $C_9H_9ClO_2$)의 구조를 나타내라. 해당 구조를 **답안지** 내 보기에서 선택하라. 2pt

1.6 생성물 B를 합성하는 단계에서 $NaHSO_3$ 수용액을 반응물에 첨가한다. 첨가한 아황산수소 이온 (HSO_3^-)은 반응 결과 황 원자를 포함하는 새로운 화합물이 되는데, 이 화합물이 무엇인지 선택하라. 단, 본 문제는 생성된 황 원자를 포함하는 화합물의 양성자화 상태(산-염기 평형은 무시한다)에 관한 것이 아니다. 정답을 **답안지** 내 보기에서 선택하라. 2pt



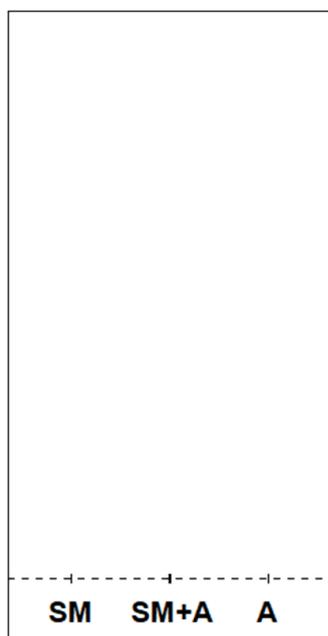
표백제, 카멜레온 같은 반응물 - 답안지

전체의 16%													
문제	A의 수득 률	A의 TLC	화합물 A 합 성 시 감점	B의 수득 률	B의 TLC	화합물 B 합 성 시 감점	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	총합
배점	25	3	-6	25	3	-25	4	2	2	2	2	2	70
점수													

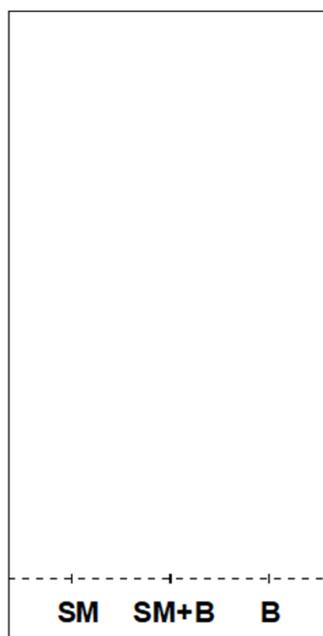
얇은 층 크로마토그래피 (TLC) 분석

TLC 분석에 관한 **과정 8**에 대한 TLC 그림:

TLC A



TLC B



Practical



55TH INTERNATIONAL
CHEMISTRY OLYMPIAD
SWITZERLAND 2023



KOR-1 P-1 A-2

A1-2
Korean (Republic of Korea)

제출할 항목들

생성물 A	<input type="checkbox"/>		
생성물 B	<input type="checkbox"/>		
TLC A	<input type="checkbox"/>		
TLC B	<input type="checkbox"/>		
서명			
		학생	실험 조교

분석 - 관리자에 의해 채워질 예정 (실험자에 의해 채워지는 것이 아님)

Yield.A (25 pt)

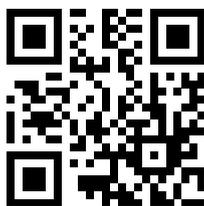
TLC.A (3 pt)

Ded.A (-6 pt)

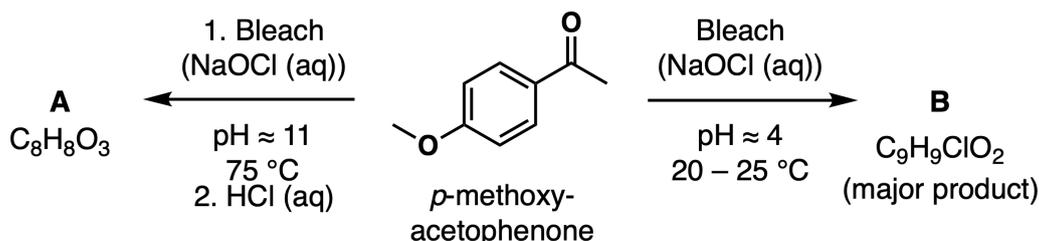
Yield.B (25 pt)

TLC.B (3 pt)

Ded.B (-25 pt)



문제



화학식 내 용어 번역: 표백제 (Bleach), 파라메톡시아세토펜론 (*p*-methoxyacetophenone), 주생성물 (major product)

아래 주어진 문제에 대해 체크박스에 정답을 표시하라. (각 문항 당 정답은 하나이고, 모호한 답 표시는 오답으로 처리됨)

1.1 (4 pt)

앞서 실험을 통해 얻은 TLC판(정지상: 알루미늄 위 도포된 SiO_2 ; 전개액: hexane/EtOAc가 80:20 비율로 섞인 혼합용액) **스케치** 결과를 이용하여 문제 a-d에 대해 답하라. TLC 스케치가 완성되지 않은 경우 점수가 부여되지 않는다.

a. 생성 화합물 **A**, **B** 중 어느 것이 더 극성이 강한가? 정답을 **선택하라**.

- 생성물 **A**
 생성물 **B**

b. 생성물 **A**와 출발 물질 (**SM**) 중 어느 것이 더 극성이 강한가? 정답을 **선택하라**.

- 생성물 **A**
 출발 물질

c. 생성물 **A**에 출발 물질이 남아 있는가? 정답을 **선택하라**.

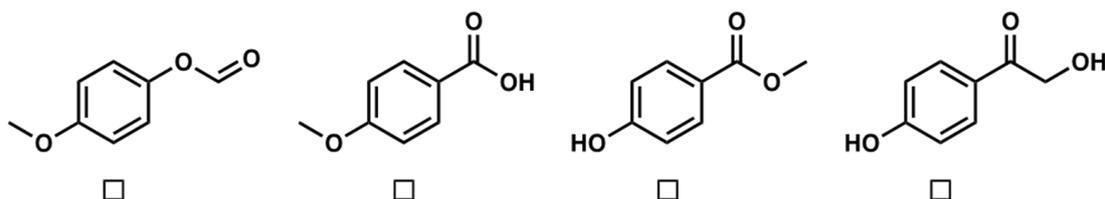
- 예
 아니오

d. 생성물 **B**에 출발 물질이 남아 있는가? 정답을 **선택하라**.

- 예
 아니오

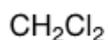
1.2 (2 pt)

생성물 **A** (실험식 $\text{C}_8\text{H}_8\text{O}_3$)의 구조를 **선택하라**.



**1.3** (2 pt)

생성물 **A** ($C_8H_8O_3$)는 실험실에서 알 수 있듯이 C_1 (= 탄소 원자 1개를 포함) 조각이 **A**가 생성되는 과정에서 출발 물질 ($C_9H_{10}O_2$)로부터 떨어져 나온다. 반응 후, C_1 조각은 염소 원자를 포함하는 화합물이 된다. 그 구조를 선택하라.

**1.4** (2 pt)

화합물 **A** 생성은 산화/환원 반응이다.

a. 주어진 반응에서 산화수가 증가하는 원자 (또는 원소)는 무엇인가? 보기에서 정답을 선택하라.

C

H

O

Cl

b. 주어진 반응에서 산화수가 감소하는 원자 (또는 원소)는 무엇인가? 보기에서 정답을 선택하라.

C

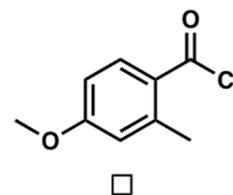
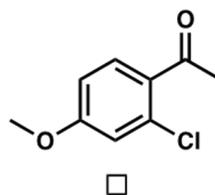
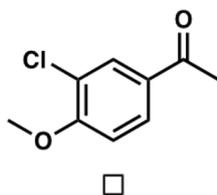
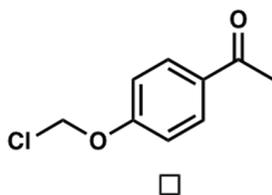
H

O

Cl

1.5 (2 pt)

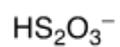
생성물 **B** (실험식 $C_9H_9ClO_2$)의 구조를 선택하라.



**1.6** (2 pt)

생성물 B를 합성하는 단계에서, NaHSO_3 수용액을 반응물에 첨가한다. 첨가한 아황산수소 이온 (HSO_3^-)은 반응 결과 황 원자를 포함하는 새로운 화합물이 되는데, 이 화합물이 무엇인지 아래 보기에서 **선택하라**.

단, 본 문제는 생성된 황 원자를 포함하는 화합물의 양성자화 상태(산-염기 평형은 무시한다)에 관한 것은 **아님을 주의하라**.



다양한 걱정

점수:

전체의 13%										
문제	걱정 1	걱정 2	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	총합
배점	30	40	5	4	4	2	1	2	2	90
점수										

서론

역사적으로 철은 스위스 19개 주에서 채굴되고 가공되어 현지 및 지역 수요를 충족시켜 왔다. 이와 같은 활동의 증거는 특히 스위스 Jura 지역에 남아 있다. 철과 강철을 효율적으로 생산하기 위해서는 철광석 성분에 대한 지식이 필수적이다. 1940년대에 ETH의 G. Schwarzenbach 교수는 용액 내 다양한 금속을 분석하기 위한 착물적정법(complexometric titration)을 개발하였다.

이 실험에서는 수화된 FeCl_3 와 CaCl_2 만이 녹아있는 HCl 수용액 시료가 제공될 것이다. 이 시료는 HCl로 처리한 철광석 시료를 모방한 것이다. 이 실험은 착물 적정을 통해 철 농도와 시료의 전체 조성을 결정하는 것이다.

실험 과정 중 발생하는 수용액 폐기물은 중금속을 포함하는 것이므로 “Waste P2”로 표시된 비커에 모아두도록 한다.

실험 과정

과정 I. 미지의 철광석 시료 희석

1. 약 1200 mg의 철광석 시료가 제공될 것이다. 정확한 질량은 바이알에 표시되어 있다. **답안지에** 정확한 질량을 기록하라. 시료는 이미 pH 1 HCl 용액에 녹아 있다.
2. 100 mL 부피 플라스크에 “Sample + [student code]”로 표시된 바이알에 있는 시료 전부를 넣고 증류수를 채워 100 mL 용액을 **준비한다**. 깔때기를 사용할 수도 있다. 이 용액을 **A** 용액이라 하고, 실험 과정 II와 IV에서 사용될 것이다.

과정 II. 철광석 용액의 직접 적정

3. 뷰렛에 “EDTA” 로 표시된 10.0 mM EDTA 용액을 **채운다**. 세척된 깔때기와 비커를 사용할 수 있다.
4. 300 mL 삼각 플라스크에:

- 부피 피펫을 사용하여 5.00 mL의 **A** 용액을 넣는다.
 - 유리 파스퇴르 피펫을 사용하여 0.1 M HCl 10방울을 넣는다.
 - 삼각 플라스크의 100 mL 표시선까지 증류수로 채운다.
 - 약수저를 사용하여 소량의 variamine blue를 넣는다.
5. 용액이 노란색이 될 때까지 적정한다. 답안지에 적정 부피 V_1 을 기록하라.
 6. 삼각 플라스크에 있는 적정 내용물들을 "Waste P2"로 표시된 비커에 버린다.
 7. 필요에 따라 과정 II(절차 3-6)를 반복한다.
 8. 답안지의 마지막 줄에 최종 결과를 기록하라.

과정 III. 적정값 준비

9. 약 550 mg의 순수한 염화칼슘 이수화물($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)이 제공된다. 정확한 질량은 바이알에 표시되어 있다. 답안지의 표에 정확한 질량을 기록하라.
10. 250 mL 부피 플라스크에 고체 $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (MW = 147.0 g/mol) 전부를 넣고 증류수를 채워 250 mL 염화칼슘 용액을 준비한다. 고체를 넣기 위해 세척된 깔때기를 사용할 수도 있다. 이 용액을 **B** 용액이라 하고, 실험 과정 IV에서 사용한다.

과정 IV. 철광석 용액의 간접 적정

11. 뷰렛을 비우고, 증류수를 이용하여 잘 씻어준 뒤, **B** 용액으로 다시 행군다. 이 때 비커를 사용할 수 있다. 행군 용액은 "Waste P2"로 표시된 비커에 버린다.
12. 뷰렛에 **B** 용액을 채운다. 이 때 깔때기와 비커를 사용할 수 있다.
13. 300 mL 삼각 플라스크에 다음을 넣는다:
 - 부피 피펫을 이용하여 5.00 mL 의 **A** 용액;
 - 부피 피펫을 이용하여 "EDTA"로 표시된 10.0 mM EDTA 용액 40.0 mL;
 - 유리 파스퇴르 피펫을 이용하여 10 방울의 완충용액 (완충용액 마개를 열 때 암모니아가 방출될 수 있으므로 주의하라);

- 눈금 실린더를 이용하여 25 mL 증류수;
- 눈금 실린더를 이용하여 30 mL 에탄올.

시료가 혼탁할 수 있다.

14. "Erio T"로 표시된 바이알에 있는 소량의 Eriochrome[®] Black T를 위에서 준비한 300 mL 삼각플라스크에 넣는다. 용액은 짙은 청록색이다. 지시약을 넣은 뒤 즉시 적정을 시작한다.

주의: 지시약을 넣은 뒤, 적정 진행 여부와 상관없이 용액의 색깔은 수 분 이내에 빨간색으로 변한다. 이 경우에는 더 이상 적정점을 찾을 수 없다.

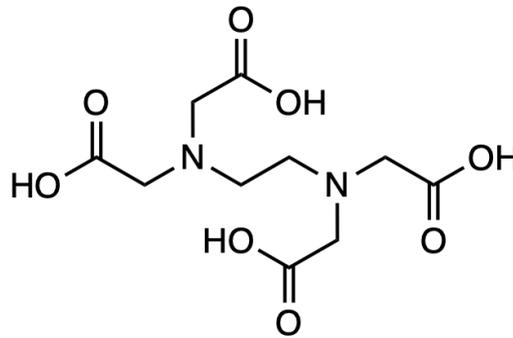
15. 삼각 플라스크에 있는 용액이 회색이 될 때까지 적정한다. 적정 부피 V_2 를 기록하라. 예상 적정 부피는 15 mL보다 작다.
16. 삼각 플라스크에 있는 적정 내용물들을 "Waste P2" 로 표시된 비커에 버린다.
17. 필요에 따라 과정 IV(절차 12-16)를 반복한다.
18. 답안지의 마지막 줄에 최종 결과를 기록하라.

Titr.1	30pt
---------------	------

Titr.2	40pt
---------------	------

문제

- 2.1 당량점까지 EDTA를 넣을 때, 직접 적정 과정에서 생성된 EDTA 착물의 화학식을 **써라**. 5pt
EDTA 구조는 아래와 같다. 화학식에서 EDTA를 " H_4Y "로, 그 짝염기들은 " H_3Y^- ", " H_2Y^{2-} " 등으로 간략하게 쓸 수 있다.
힌트: 이 조건에서 용액에 있는 금속이온 중 하나가 우선적으로 EDTA 착물을 형성한다.

EDTA (H_4Y) 구조.

- 2.2 제공된 시료에 있는 염화철(III)(결정화된 물이 없는) 질량백분율($wt. \%$)을 **계산하라**. 4pt
($FeCl_3$ 의 물질량은 162.2 g/mol 이다)
- 2.3 제공된 시료에 있는 염화칼슘(결정화된 물이 없는)의 질량백분율($wt. \%$)을 **계산하라**. ($CaCl_2$ 4pt
의 물질량은 111.0 g/mol 이다)
- 2.4 제공된 시료에 있는 결정화된 물의 질량백분율($wt. \%$)을 **계산하라**. 2pt
- 2.5 A 용액을 $pH < 2$ 로 유지해야 하는 이유는 무엇인가? 1pt
아래의 4 가지 보기 중 정답을 **확인하고** **답안지**의 해당 체크박스에 **표시하라**.
- 2.6 제공된 시료는 진한 염산(HCl)으로 철광석을 분해하는 과정을 모방한 것이다. 다음 혼합물 2pt
중 동일한 분석과정으로 분석할 수 있는 용액은?
아래의 4 가지 보기 중 정답을 **확인하고** **답안지**의 해당 체크박스에 **표시하라**.
- 2.7 간접 적정에서, 적정 진행과 관계없이 용액이 파란색에서 빨간색으로 변하는 이유는 무엇 2pt
인가?
아래의 4 가지 보기 중 정답을 **확인하고** **답안지**의 해당 체크박스에 **표시하라**.



다양한 걱정

전체의 13%										
문제	걱정 1	걱정 2	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	총합
배점	30	40	5	4	4	2	1	2	2	90
점수										

실험 과정:

과정 I. 미지의 철광석 시료 희석

철광석 질량 [mg]
(바이알에 기재된 질량을 기록하라)

과정 II. 철광석 용액의 직접 적정

분석 번호	V_1 [mL]
1	
2	
3	
채택한 실험 값 V_1 [mL]	

Titr.1 (30 pt)

과정 III. 적정값 준비

염화칼슘 이수화물 질량 [mg] (MW = 147.0 g/mol)
(바이알에 기재된 질량을 기록하라)

Practical



55TH INTERNATIONAL
CHEMISTRY OLYMPIAD
SWITZERLAND 2023



KOR-1 P-2 A-2

A2-2
Korean (Republic of Korea)

과정 IV. 철광석 용액의 간접 적정

분석 번호	V_2 [mL]
1	
2	
3	
채택한 실험 값 V_2 [mL]	

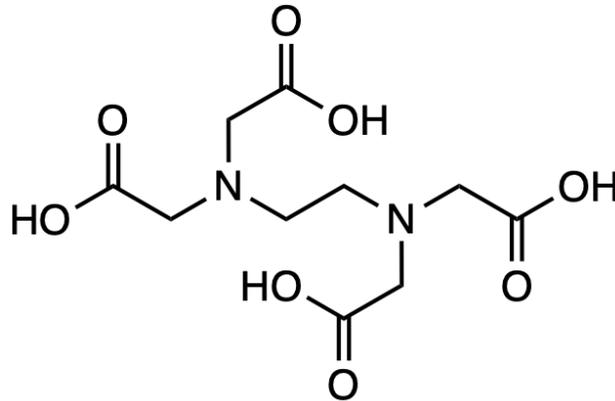
Titr.2 (40 pt)



문제

2.1 (5 pt)

당량점까지 EDTA를 넣을 때, 직접 적정 과정에서 생성된 EDTA 착물의 화학식을 **써라**. EDTA 구조는 아래와 같다. 화학식에서 EDTA를 " H_4Y "로, 그 짝염기들은 " H_3Y^- ", " H_2Y^{2-} " 등으로 간략하게 쓸 수 있다.
 힌트: 이 조건에서 용액에 있는 금속이온 중 하나가 우선적으로 EDTA 착물을 형성한다.



EDTA (H_4Y) 구조.

2.2 (4 pt)

제공된 시료에 있는 염화철(III)(결정화된 물이 없는)의 질량백분율($\text{wt.}\%$)을 **계산하라**. (FeCl_3 의 물질량은 162.2 g/mol 이다)

$\text{wt.}\%(\text{FeCl}_3) =$

**2.3** (4 pt)

제공된 시료에 있는 염화칼슘(결정화된 물이 없는)의 질량백분율(*wt.%*)을 계산하라. (CaCl_2 의 몰질량은 111.0 g/mol 이다)

$\text{wt.}\%(\text{CaCl}_2) =$

2.4 (2 pt)

제공된 시료에 있는 결정화된 물의 질량백분율(*wt.%*)을 계산하라.

$\text{wt.}\%(\text{H}_2\text{O}) =$

2.5 (1 pt)

A 용액을 $\text{pH} < 2$ 로 유지해야 하는 이유는 무엇인가?

아래의 4 가지 보기 중 정답을 확인하고 해당 체크박스에 표시하라.

- 용액에서 Ca^{2+} 를 화학적으로 안정화시키기 위해
- 용액에서 Fe^{3+} 를 화학적으로 안정화시키기 위해
- 용액에서 Ca^{2+} 를 환원시키기 위해
- 용액에서 Fe^{3+} 를 환원시키기 위해

**2.6** (2 pt)

제공된 시료는 진한 염산(HCl)으로 철광석을 분해하는 과정을 모방한 것이다. 다음 혼합물 중 동일한 분석과정으로 분석할 수 있는 용액은?

아래의 4 가지 보기 중 정답을 **확인하고** 해당 체크박스에 **표시하라**.

- 적철광 (Fe_2O_3) + 석회석 (CaCO_3)
- 자철석 (Fe_3O_4) + 황동석 (CuFeS_2)
- 일메나이트 (FeTiO_3) + 침철석 ($\text{FeO}(\text{OH})$)
- 촉철석 (FeCO_3) + 백운석 ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$)

2.7 (2 pt)

간접 적정에서, 적정 진행과 관계없이 용액이 파란색에서 빨간색으로 변하는 이유는 무엇인가?

아래의 4 가지 보기 중 정답을 **확인하고** 해당 체크박스에 **표시하라**.

- 에탄올에 의한 Fe^{3+} EDTA 착물의 환원
- 염기성 조건에서 Eriochrome[®] Black T의 가수분해
- Eriochrome[®] Black T에 의한 Fe^{3+} EDTA 착물의 비가역적 리간드 교환
- 침전된 CaCO_3 에 Eriochrome[®] Black T 흡착

단순함 속의 아름다움

전체의 11%				
문제	3.1	3.2	3.3	총합
배점	30	14	15	59
점수				

서론

이번 실험에서는 조성을 알 수 없는 **S1-S6** (각각 약 10 mL)로 표기된 여섯 개의 용액이 제공된다. 용액 **Sx**는 “[student code] + **Sx**”로 표시되며, 여기서 **x**는 1에서 6 까지다. 이번 실험은 각각의 용액에 용해되어 있는 모든 양이온과 음이온을 식별하는 것이다.

힌트:

- 다음은 수용액 **S1-S6**에 존재하는 7가지 양이온과 7가지 음이온의 종류이다.
 - 양이온: Ag^+ , Ba^{2+} , Ca^{2+} , Fe^{3+} , K^+ , Mn^{2+} , Na^+ ;
 - 음이온: CH_3COO^- , Cl^- , I^- , NO_3^- , PO_4^{3-} , S^{2-} , SO_4^{2-} ;
- 각 용액은 두 종류 또는 최대 세 종류의 이온 만을 포함한다.
- 각 이온은 하나의 용액에만 존재한다.
- Na^+ 와 K^+ 는 동일한 용액에 함께 존재한다.
- 경우에 따라 가시적인 변화가 일어나기까지 최대 15분의 시간이 걸릴 수 있다. 최종 관찰된 결과로 질문 3.1의 표를 채워라.
- 일부 용액은 공기 중에서 산화되어 색깔이 변하거나 소량의 침전물이 생길 수 있다.

문제

- 3.1** 용액 **S1-S6** 간의 교차 반응(cross-reactions)을 수행하라. **답안지**의 첫 번째 표에 관찰된 결과를 아래의 기호를 사용하여 채워라. 30pt
- 침전은 “↓”로 표시,
 - 기체 발생은 “↑”로 표시,
 - 용액의 색깔 변화는 “S”로 표시,
 - 가시적인 변화가 일어나지 않는 경우 “-”로 표시.
- 침전물이 생성될 경우 아래의 각 문자를 사용하여 침전물의 색깔을 기록하라.
- 흰색/무색 침전의 경우 “W”,
 - 검은색 침전의 경우 “B”,
 - 색깔을 띠는 침전의 경우 “C”.
- 3.2** 관찰한 내용과 위에서 언급한 힌트를 바탕으로 **S1-S6** 용액에 존재하는 이온(들)의 종류를 밝혀라. **답안지**의 두 번째 표를 채워라. 14pt
- 3.3** **답안지**의 세 번째 표에 관찰된 현상을 나타내는 반응에 대한 이온 반응식을 써라. 침전 형성의 경우 “↓”, 기체 발생의 경우 “↑” 기호를 사용하라. 15pt

Practical



55TH INTERNATIONAL
CHEMISTRY OLYMPIAD
SWITZERLAND 2023



KOR-1 P-3 A-1

A3-1
Korean (Republic of Korea)

단순함 속의 아름다움

전체의 11%				
문제	3.1	3.2	3.3	총합
배점	30	14	15	59
점수				



3.1 (30 pt)

용액 **S1-S6**간의 교차 반응(cross-reactions)을 수행하라. 아래 표에 관찰된 결과를 다음 기호를 사용하여 채워라.

- 침전은 “↓”로 표시,
- 기체 발생은 “↑”로 표시,
- 용액의 색깔 변화는 “S”로 표시,
- 가시적인 변화가 일어나지 않는 경우 “-”로 표시.

침전물이 생성될 경우 아래의 각 문자를 사용하여 침전물의 색깔을 기록하라.

- 흰색/무색 침전의 경우 “W”,
- 검은색 침전의 경우 “B”,
- 색깔을 띠는 침전의 경우 “C”.

용액	S2	S3	S4	S5	S6
S1					
S2	X				
S3	X	X			
S4	X	X	X		
S5	X	X	X	X	

**3.2** (14 pt)

관찰한 내용과 위에서 언급한 힌트를 바탕으로 **S1-S6** 용액에 존재하는 이온(들)의 종류를 **밝히고** 아래 표를 **채워라**.

용액	양이온(들)	음이온(들)
S1		
S2		
S3		
S4		
S5		
S6		

3.3 (15 pt)

아래 표에, 관찰된 현상을 나타내는 반응에 대한 이온 반응식을 **써라**. 침전 형성의 경우 “↓”, 기체 발생의 경우 “↑” 기호를 사용하라.

조합	이온 반응식(들)
S1+S2	

**3.3 (cont.)**

조합	이온 반응식(들)
S1+S3	
S1+S4	
S1+S5	
S1+S6	
S2+S3	
S2+S4	
S2+S5	

**3.3 (cont.)**

조합	이온 반응식(들)
S2+S6	
S3+S4	
S3+S5	
S3+S6	
S4+S5	
S4+S6	
S5+S6	

Practical



55TH INTERNATIONAL
CHEMISTRY OLYMPIAD
SWITZERLAND 2023



KOR-1 P-4 P-1

P4-1

Korean (Republic of Korea)

감점

사건 횟수	교환	학생 사인	실험실 감독자 사인
1 (감점 없음)			
2			
3			
4			
5			

4.1 (-40 pt)