

2018 년 7 월 19-29 일

슬로바키아, 브라티슬라바

체코 공화국, 프라하

www.50icho.eu

실험 문제

국가:	대한민국 (Korea, Republic of)
여권상 이름:	Kim, Jinyeong
학생 코드:	KOR 1
언어:	Korean



50th IChO 2018

International Chemistry Olympiad
SLOVAKIA & CZECH REPUBLIC

BACK TO WHERE IT ALL BEGAN



지시 사항

- 실험 시험지는 26 페이지로 구성되어 있다.
- 실험 시작 전 15 분 동안 문제를 읽는 시간이 추가로 주어진다. **이 시간에는 실험을 하거나, 기록 및 계산을 해서는 안된다. 여기는 경우 실격처리 된다.**
- **시작(START)**이라는 말을 들은 후 실험을 시작한다.
- 실험 시험 시간은 **5 시간**이다.
- 원하는 순서대로 실험을 수행해도 되지만, 문제 P1 부터 시작하기를 권장한다.
- 모든 결과와 답변은 **시험지의 지정된 답란에 펜으로 알기 쉽게 작성하라.** 지정된 답란 밖의 답변은 채점하지 않는다.
- 연필이나 마커를 이용해서 답변을 작성하지 않도록 하자. 주어진 펜과 계산기만 사용하라.
- 세 장의 메모 용지가 주어진다. 메모 용지가 더 필요하다면, 시험지 뒷면을 사용하라. **지정된 답란 밖의 내용은 채점되지 않는다.**
- 실험 번역이 불분명한 경우, **이 실험 시험의 공식 영문판**을 요청하여 볼 수 있다.
- 화장실에 가거나 음료 및 스낵을 먹기 위해 실험실을 떠나야 한다면, 조교에게 요청하라. 조교가 동행할 것이다.
- **IChO 규정에 있는 안전 규칙을 준수해야 한다.** 만일 안전 규칙을 어기는 경우 **1 차 경고**를 받고, 두 번째에는 **퇴실 조치**될 것이다. 이 경우 전체 실험 시험은 0 점으로 처리된다.
- 시약이나 실험 기구가 필요한 경우 요청하면 제공된다. 첫 번째 요청 사항은 감점이 없다. 하지만 두 번째 요청부터는 요청 항목 당 실험 시험 총점 40 점 중 1 점씩 감점한다.
- 실험 조교는 실험 시험이 끝나기 30 분 전에 한 차례 공지를 한다.
- 실험을 **중지(STOP)**하라는 말을 들으면 즉시 실험을 멈추어야 한다. 1 분 안에 멈추지 않는 경우, 실험 시험에서 실격할 수 있다.
- 실험을 **중지(STOP)**하라는 말을 들은 후에, 조교들이 답안지에 서명을 할 것이다. 조교와 응시자가 모두 서명한 후, 시험지를 봉투에 넣고, 생성물 및 TLC 판과 함께 제출하라.



실험실 규정과 안전

- 실험복을 항상 착용하고, 단추를 채워야 한다. 신발은 발을 완전히 덮어야 한다.
- 실험실에 있는 동안 보안경을 항상 착용해야 하고 콘택트 렌즈를 착용해서는 안된다.
- 실험실에서는 껌을 비롯한 음식물을 섭취하지 않도록 하자.
- 지정된 공간에서만 실험을 하고 주위를 어지럽히지 않도록 하라.
- 허용되지 않은 실험을 하지 않아야 하며, 실험 과정을 임의로 수정해서는 안된다.
- 입으로 피펫을 사용해서는 안되고, 항상 피펫 필러 밸브를 사용하라.
- 시약을 쏟거나 유리 기구를 깨트리는 경우 신속히 정리하라.
- 오염과 부상을 방지하기 위해 폐기물을 적절히 폐기하라. 유해하지 않은 수용성 폐기물은 싱크대에 버려도 되지만, 다른 폐기물은 표시된 용기에 폐기하라.



GHS 안전 규약 정의

실험에 사용되는 시약의 GHS 안전 규약 (GHS hazard statements) 정의는 아래와 같다.

물리적 위험

- H225 고휘발성 액체와 증기
- H226 휘발성 액체와 증기
- H228 휘발성 고체
- H271 화재 또는 폭발 야기; 강한 산화제
- H272 화재 증진; 산화제
- H290 금속 부식

건강 장애

- H301 삼키면 유독함
- H302 삼키면 해로움
- H304 삼키거나 기도에 들어가면 치명적
- H311 피부에 닿으면 유독함
- H312 피부에 닿으면 해로움
- H314 심각한 피부 화상과 눈 손상 유발
- H315 피부 자극 유발
- H317 알레르기성 피부 반응을 유발
- H318 심각한 눈 손상을 유발
- H319 심각한 눈 자극 유발
- H331 들이마시면 유독함
- H332 들이마시면 해로움
- H333 들이마시면 해로울 수 있음
- H334 들이마시면 알레르기, 천식 및 호흡 곤란을 유발
- H335 호흡 곤란 유발
- H336 졸림과 어지럼 유발
- H351 암을 유발할 수 있음
- H361 생식력을 저해하거나 태아에게 손상을 가할 수 있음
- H371 장기 손상 유발
- H372 장기 또는 반복 노출 시 장기에 손상을 유발
- H373 장기 또는 반복 노출 시 장기에 손상을 유발할 수 있음

환경 유해 요소

- H400 수중 생물에 매우 유독
- H402 수중 생물에 유해함
- H410 수중 생물에 장시간 매우 유독
- H411 수중 생물에 장시간 유독
- H412 수중 생물에 장시간 유해함



시약

모든 시험 문제

화학 물질	라벨	GHS 안전 규약 ¹
증류수(Deionized water): 세척병 (벤치) 플라스틱병 (벤치) 플라스틱통 (후드)	Water	안전

문제 P1 (달리 언급이 없으면 흰색 바구니에 있음)

화학 물질	라벨	GHS 안전 규약 ¹
Ethanol , 100 cm ³ , 세척병 (벤치)	Ethanol	H225, H319
2-Acetonaphthone : 약 0.002 g 유리 바이알, TLC 표준물질 0.500 g 유리 바이알	Standard A Reactant A	H302, H315, H319, H335, H411
2,4-Dinitrophenylhydrazine , 33% (w/w) 물 포함, 0.300 g 유리 바이알	DNPH	H228, H302
4.7% NaClO 를 포함한 표백제 수용액, 13.5 cm ³ , 호박색 유리병	Bleach	H290, H314, H400
Ethyl acetate 에틸아세테이트, 15 cm ³ , 호박색 유리병	EtOAc	H225, H319, H336
TLC 전개액(Eluent) , hexanes/ethyl acetate 4:1 (v/v), 5 cm ³ , 호박색 유리병	TLC eluent	H225, H304, H315, H336, H411 ²
5% Na₂CO₃ , 수용액, 20 cm ³ , 플라스틱병	5% Na₂CO₃	H319
20% HCl , 수용액, 15 cm ³ , 플라스틱병	20% HCl	H290, H314, H319, H335, 그 외

문제 P2 (녹색 바구니)

화학 물질	라벨	GHS 안전 규약 ¹
8 mmol dm ⁻³ 루미놀(luminol) 이 녹아 있는 0.4 mol dm ⁻³ NaOH 수용액, 50 cm ³ , 플라스틱병	Luminol in NaOH	H290, H315, H319
2.00 mmol dm ⁻³ CuSO₄ 수용액, 25 cm ³ , 플라스틱병	Cu	안전
2.00 mol dm ⁻³ H₂O₂ 수용액, 12 cm ³ , 작은 플라스틱병	H₂O₂ conc.	H302, H315, H318
0.100 mol dm ⁻³ cysteine hydrochloride 수용액, 12 cm ³ , 작은 플라스틱병	Cys conc.	안전
Water , 50 cm ³ , 플라스틱병	Water	안전

¹ GHS 안전 규약에 대해서 페이지 3를 참조하라.

² Hexanes 에 대한 GHS 안전 규약



문제 P3 (달리 언급이 없으면 회색 바구니에 있음)

화학 물질	라벨	GHS 안전규약 ¹
광천수(mineral water) 시료, 400 cm ³ , 플라스틱병 (벤치)	Sample	안전
3 mol dm ⁻³ NH ₄ Cl / 3 mol dm ⁻³ NH ₃ 수용액, 15 cm ³ , 플라스틱병	Buffer	H302, H319, H314, H400
NaCl, 고체, 10 g, 플라스틱병	NaCl	H319
Eriochrome black T, 지시약 (indicator mixture), 플라스틱병	EBT	H319
Bromothymol blue, 지시약(indicator solution), 플라스틱병	BTB	H302, H315, H319
5.965 × 10 ⁻³ mol dm ⁻³ disodium ethylenediamine tetraacetate 표준 용액, 200 cm ³ , 플라스틱병 (벤치)	EDTA	H302, H315, H319, H335
0.2660 mol dm ⁻³ NaOH 표준 용액, 250 cm ³ , 플라스틱병 (벤치)	NaOH	H314
강산성 양이온 교환수지(Strong acidic cation exchange resin), H ⁺ 형태, 증류수로 씻어낸 50 cm ³ 의 팽창된 물질, 플라스틱병	Catex	H319

장비

모든 시험 문제 (달리 언급이 없으면 선반에 있음)

공동 장비	수량
페이퍼 와이프	2-4 인 당 1 박스
휴지통 (벤치, 싱크대 근처)	4 인 당 1
나이트릴 장갑 (후드)	실험실당 1 박스
개인 실험 기구	
보안경	1
피펫 스탠드(벤치)	1
피펫 필러 벌브(Bulb pipette filler)	1
유리 비커 100 cm ³ (유리 막대, 플라스틱 스푼, 스패츨라, 핀셋(tweezers), 마커, 연필, 자 포함)	각각 1

문제 P1 (달리 언급이 없으면 흰색 바구니에 있음)

공동 장비	수량
UV 램프(후드)	12 명당 1
진공장치 (진공호스에 연결된 플라스틱 스탬푹, 벤치)	2 인당 1
개인 실험 기구	수량



온도탐침이 달린 핫플레이트 스테러 (벤치): 금속클립이 포함된 결정화 수조	각각 1
실험용 스탠드 (벤치): 작은 클램프와 큰 클램프가 달린 클램프 홀더들	각각 1
Organic waste 플라스틱병 (벤치)	1
금속링	1
자석바(stir bar)가 있는 둥근 바닥 플라스크, 50 cm ³	1
눈금 실린더, 10 cm ³	1
환류 컨덴서 (Reflux condenser)	1
마개달린 분별 깔대기, 100 cm ³	1
갈아맞춘 조인트가 없는 삼각 플라스크, 50 cm ³	1
갈아맞춘 조인트가 없는 삼각 플라스크, 25 cm ³	1
갈아맞춘 조인트가 있는 삼각 플라스크, 50 cm ³	1
유리 깔대기	1
감압 플라스크, 100 cm ³	1
여과 깔대기용 고무 어댑터	1
유리 소결 여과 깔대기, 투과성 S2 (흰색 라벨)	1
유리 소결 여과 깔대기, 투과성 S3 (오렌지 라벨)	1
페트리디쉬 뚜껑이 있는 유리 비커, 50 cm ³	1
비커, 150 cm ³	1
TLC 용 눈금있는 모세관 스팟터, 5 μl	3
5 개의 pH 지시종이와 1 개의 pH 색도표가 담긴 지퍼백	1
2 개의 TLC 판이 든 지퍼백	1
파스퇴르 피펫	4
고무 밸브	1
Student code B 로 라벨된 유리 바이알 (할로폼 반응 생성물용)	1
Student code C 로 라벨된 유리 바이알 (브래디 시약 반응 생성물용)	1

문제 P2 (달리 언급이 없으면 녹색 바구니에 있음)

개인 실험 기구	수량
스톱워치	1
전자식 온도계와 보정(calibration)상수가 적힌 카드	1
부피 플라스크, 50 cm ³	1
밸브 피펫(Bulb pipette), 5 cm ³ (벤치, 피펫 스탠드)	1
눈금 피펫, 5 cm ³ (벤치, 피펫 스탠드)	3
눈금 피펫, 1 cm ³ (벤치, 피펫 스탠드)	2



H ₂ O ₂ dil.로 라벨된 플라스틱병 (희석된 H ₂ O ₂ 용), 50 cm ³	1
Cys dil.로 라벨된 플라스틱병 (희석된 cysteine·HCl 용), 50 cm ³	1
검정색 플라스틱 시험관, 15 cm ³	1
뚜껑 없는 원심 분리용 튜브(Capless centrifuge tube), 1.5 cm ³	1
플라스틱 비커, 25 cm ³	1
삼각 플라스크, 100 cm ³	1

문제 P3 (달리 언급이 없으면 회색 바구니에 있음)

개인 실험 기구	수량
실험용 스탠드 (벤치): 흰색 종이 받침 뷰렛 클램프 뷰렛, 25 cm ³	각각 1
벌브 피펫, 50 cm ³ (벤치, 피펫 스탠드)	1
벌브 피펫, 10 cm ³ (벤치, 피펫 스탠드)	1
유리 깔대기	1
눈금 실린더, 5 cm ³	1
적정 플라스크 (평면 바닥), 250 cm ³	2
삼각 플라스크, 250 cm ³	1
유리 소결 여과 깔대기, 투과성 S1 (파란 라벨)	1
비커, 100 cm ³	2
비커, 250 cm ³	1
눈금 없는 얇은 플라스틱 파스퇴르 피펫	2
눈금 있는 두꺼운 플라스틱 파스퇴르 피펫	1
5 개의 pH 지시종이와 1 개의 pH 색도표가 담긴 지퍼백	1
예비용 5 개의 거름종이 스트립이 담긴 지퍼백	1
Waste catex 플라스틱병 (벤치)	1

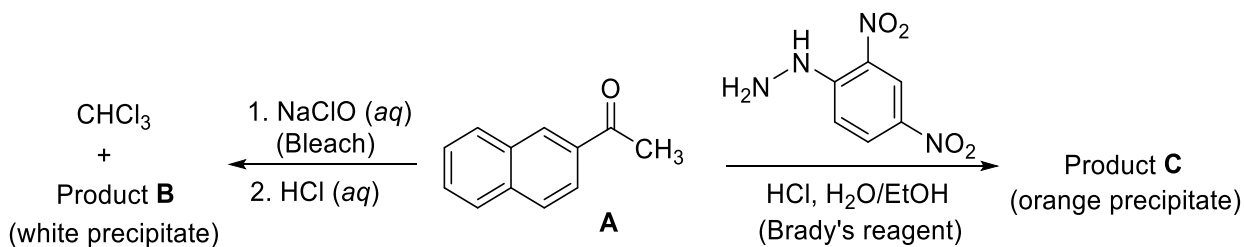


실험 문제 P1 전체의 14%	문제	1.1	1.2	수율	m.p.	총합
	배점	4	16	20	10	50
	점수					

문제 P1. 표백제를 이용한 할로폼(Haloform) 반응

모르는 화합물에 있는 작용기들을 구별해내는 화학시험반응들이 개발되었다. 이 실험에서는 2-나프틸 에탄온 (**A**, 2-acetonaphtone)을 출발물질로 사용하여 두 종류의 화학시험반응을 수행할 것이다:

- 할로폼 반응은 메틸 케톤을 염기성 하이포할라이트(hypohalite) 수용액과 반응시킬 경우 카르복실산 (생성물 **B**)과 할로폼 (trihalomethane)을 생성하는 반응이다.
- 알데하이드 또는 케톤과 브래디(Brady) 시약(2,4-dinitrophenylhydrazine 의 산성 용액)을 반응시키면 오렌지색의 하이드라존(hydrazone) 침전물 (생성물 **C**)이 생성된다.



P1.1 생성물 **B** 와 **C** 의 구조를 그려라.

생성물 B	생성물 C
--------------	--------------

중요사항들:

- 총점은 제출된 TLC 판 1 로부터 계산된 화합물 **A** 와 **B** 의 R_f 값들과 제출된 생성물 **B** 와 **C** 의 수율과 순도에 의해 결정된다.
- 생성물의 순도는 TLC 와 녹는점에 의해 평가될 것이다.
- 제공된 하이포클로라이트(hypochlorite) 용액은 모든 반응물 **A** 를 생성물 **B** 로 전환시키기에 충분하지 않다. 남아있는 반응물 **A** 를 산-염기 추출법으로 회수한 후, 브래디 시약과 반응시켜 하이드라존 **C** 를 얻은 후 분리할 것이다. 생성물 **B** 와 **C** 의 수율을 더하여 채점할 것이다.



실험과정

I. 할로폼 반응

1. 스테러를 켜고 속도를 540 rpm 에 맞춘다. 위쪽 클램프에 놓여있는 온도탐침을 거의 수조의 바닥까지 닿게 하고 80 °C 로 맞춘다.
2. 0.500 g 의 2-acetonaphtone (라벨 **Reactant A**)를 자석바가 있는 50 cm³ 둥근바닥 플라스크로 옮긴다. 눈금 실린더를 이용하여 에탄올 (세척병에 있는) 3 cm³ 를 재고 이 에탄올로 남아 있는 반응물 **A** 를 녹인 후 파스퇴르 피펫으로 둥근바닥 플라스크로 옮긴다.
3. **그림 1** 처럼 반응을 셋업한다. 반응 플라스크를 준비된 뜨거운 물 수조에 담근다. 공기환류 컨덴서(물연결은 필요 없음)를 험겁게 연결된 큰 클램프의 윗부분에 안전하게 고정시킨다. 화합물 **A** 를 저어서 녹인다.

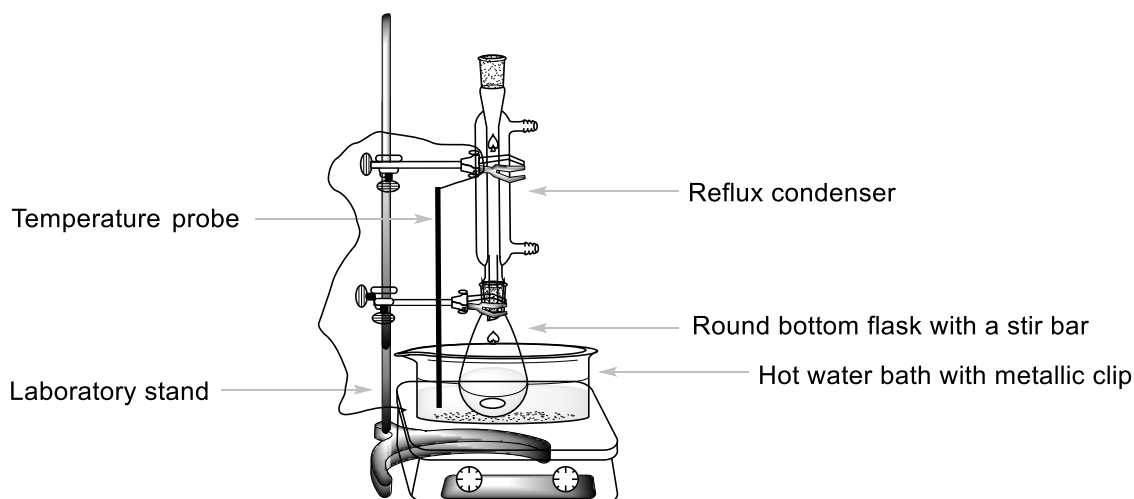


그림 1. 물 수조를 이용한 가열 반응 장치 셋업.

4. 수조의 온도가 75 °C 로 되었을 때, 조심스럽게 작은 유리 깔대기를 사용하여 컨덴서의 열린 윗부분으로 NaClO 용액 (**Bleach**)을 모두 반응혼합물에 첨가한다. 75 °C 와 80 °C 사이에서 60 분 동안 저어주면서 반응혼합물을 가열하여라.
5. 그 후 핫플레이트 스테러의 가열을 멈추고 물수조로부터 반응 플라스크를 꺼낸다. (주의! 플라스크는 뜨거우니 클램프만 손댈 것.) 반응혼합물을 15 분 동안 식도록 놓아둔다.

II. 반응혼합물의 워크업

1. 분별 깔대기를 금속링에 두고 갈아맞춘(ground) 조인트가 없는 50 cm³ 삼각 플라스크를 깔대기 밑에 두어라. 유리 깔대기를 사용하여 식은 반응 혼합물을 분별 깔대기에 부어라. 핀셋으로 자석바를 유리 깔대기에서 제거하여라. 에틸아세테이트 (EtOAc) 5 cm³ 를 재고 이것을 반응 플라스크를 씻는데 사용하여라. 파스퇴르 피펫을 사용하여 씻은 것들을 분별 깔대기로 옮긴다.



- 추출을 실행하여라. 층들이 분리되게 놓아둔다. 아래의 수용액층을 갈아맞춘 조인트가 없는 50 cm³ 삼각 플라스크에 모은다. 유리 깔대기를 사용하여 유기층을 25 cm³ 삼각 플라스크에 모은다. 두 층 모두를 잘 보관하여라!
- 50 cm³ 삼각 플라스크에 모았던 물층을 다시 유리 깔대기를 이용하여 분별 깔대기로 옮긴다. 에틸아세테이트 5 cm³ 를 재고 추출을 반복하여라(윗 단계 II.2). 유기층들을 25 cm³ 삼각 플라스크에 같이 모은다. 두 층 모두를 잘 보관하여라!
- TLC 판을 준비하라. 사용하기 전에 잘 체크해라. 사용하기 전에 부서진 판들은 별점없이 교환이 가능하다. 연필로 출발선을 그리고 샘플들을 찍기 위한 자리들을 표시해라. **그림 2** 처럼 TLC 판의 꼭대기 원 안에 숫자 **1** 을 쓰고 학생코드를 기입해라. 주어진 바이알에 있는 2-acetonaphnone 샘플 (**Standard A**)을 에탄올 약 2 cm³ (대략 유리 파스퇴르 피펫의 한번 가득의 양) 로 녹여라. 세 점 위치들에 표시를 하고 각각 **A**, **O1** 그리고 **O2** 로 이름을 쓰라. **Standard A** 의 1 μl (5 μl 모세관 스팟터의 한 눈금)를 점으로 찍어라. 단계 II.3 에서 모은 유기층을 **O1** 에 찍어라. 점 **O2** 는 나중에 찍을 것이다.

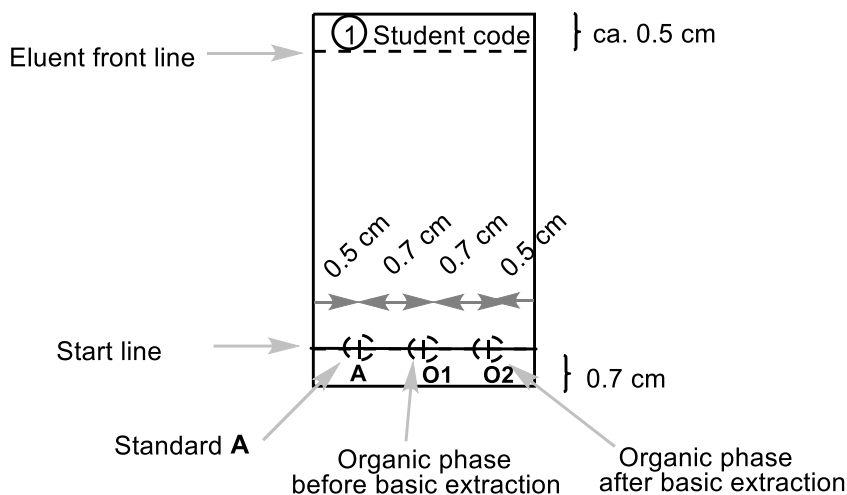


그림 2. TLC 판 준비를 위한 설명.

- 모은 유기층을 5% Na₂CO₃ 수용액 약 5 cm³ 로 두 번 추출을 하여라. 이 때 물층은 처음 추출을 할 때 얻은 물층이 들어 있는 갈아맞춘 조인트가 없는 50 cm³ 삼각 플라스크에 함께 모은다.
- 분별 깔대기에 있는 유기층을 5 cm³ 증류수로 씻어준다. 물층을 모은 수용액 추출액과 합친다. 유기층은 갈아맞춘 조인트가 있는 50 cm³ 삼각 플라스크에 모은다. 단계 II.4 에서 준비한 TLC 판(판 1)에 **O2** 용액의 1 μl 를 점으로 찍어라.
- TLC 분석을 수행하여라. 50 cm³ 비커에 약 2 cm³ 의 **TLC 전개액**을 부어라. TLC 판을 세우고 비커를 페트리접시로 덮고 전개액이 판 꼭대기 아래 0.5 cm 까지 도달하게 두어라. 핀셋을 이용해서 TLC 판을 밖으로 꺼내고 전개액의 전개선을 그리고 판을 공기중에서 건조시켜라. TLC 판을 후드 안의 UV 램프 아래에 두고 연필로 눈에 보이는 모든 점들에 원을 그려라. 반응물 **A** 와 생성물 **B** 의 R_f 값들을 계산하여라. TLC 판을 지퍼백 안에 두어라.



주의사항 1: 생성물 B 는 TLC 판에서 꼬리를 끌며 올라갈 수 있다. 그러므로, 샘플의 점을 과량 찍는 것을 피한다.

주의사항 2: 어떤 경우에는 두 개의 부산물들이 유기층 **O1** 과 **O2** 에서 매우 낮은 감도로 관찰될 수 있다. 이 경우에 가장 진한 점(들)의 R_f 값을 계산하여라.

주의사항 3: 만약에 유기층 **O2** 에서 여전히 출발물질 **A** 와 생성물 **B** 모두가 관찰된다면, Na_2CO_3 수용액과 물을 가지고 하는 추출을 반복하여라 (II.5 와 II.6 단계들). 이 경우에 반복된 추출 후에 표준물질 **A** 와 유기층 **O2** 만을 찍은 또 다른 TLC 판(판 2)를 제출한다. TLC 판 꼭대기의 원 안에 숫자 **2** 를 쓰고 학생코드를 기입하여라. TLC 판 2 를 전개하기위해 새로운 전개액을 사용하라.

P1.2 TLC 판 결과들에 대한 다음 질문들에 답하시오. 판 1 로부터 표준물질 **A** 와 생성물 **B** 의 R_f 값을 계산해라. 소수점 아래 두 자리까지 결과를 나타내시오.

TLC 분석결과에 의하면, 유기층 O1 은 다음을 포함한다:		
	YES	NO
출발물질 A	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
생성물 B	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
TLC 분석결과에 의하면, 최종 유기층 O2 는 다음을 포함한다:		
	YES	NO
출발물질 A	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
생성물 B	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
$R_f(\mathbf{A})$ 의 계산과정		
$R_f(\mathbf{A}) =$		
$R_f(\mathbf{B})$ 의 계산과정		
$R_f(\mathbf{B}) =$		

III. 브래디 시약을 이용한 반응

주의: 장갑을 사용할 것! 브래디 시약은 피부와 모든 표면을 염색시킨다. 노출된 부위들은 즉시 에탄올로 씻어라! 필요하다면 사용한 장갑을 교체해라.

물수조를 80 °C 로 먼저 맞춰라. 단계 II.6 에서 유기층 **O2** 가 들어있고 갈아맞춘 조인트가 있는 50 cm³ 삼각 플라스크에 자석바를 넣는다. 그리고 0.300 g 의 2,4-dinitrophenylhydrazine (**DNPH**)를 첨가한다. 눈금 실린더를 이용하여 에탄올 10 cm³ 를 재어라. 파스퇴르 피펫으로 5 × 2 cm³ 에탄올로



DNPH 가 담겨있는 바이알을 씻어서 모든 **DNPH** 를 삼각 플라스크로 옮긴다. 삼각 플라스크를 뜨거운 물수조에 담그고, 에탄올로 씻은 환류컨덴서를 위에 꽂는다 (그림 1 과 유사한 셋업). 컨덴서의 열린 윗부분으로 깔대기를 이용해서 3 cm³ 의 20% HCl 을 첨가하고 80 °C 에서 2 분동안 저어라. 생성물 **C** 의 미세한 오렌지색 결정들이 생기기 시작한다. 이 때 핫플레이트 스테어의 가열을 멈춘다. 물수조로부터 반응플라스크를 꺼낸다. (주의! 플라스크는 뜨거우니 클램프만 손댈 것.) 반응혼합물을 15 분동안 식도록 놓아두고 차가운 물수조 (차가운 수도물을 150 cm³의 비커에 부어서 준비할 것)에 담가 두어라.

IV. 생성물들의 분리

1. 단계 II.6 에서 모은 물층의 pH 를 조사하여라. 20% HCl 용액으로 유리막대를 저어가며 조심스럽게 산성화를 시켜 (약 2 cm³ 의 HCl 수용액이 필요하다) 최종 pH 가 2 정도 되게 한다 (pH 지시종이로 체크할 것). 하얀색의 생성물 **B** 가 침전물로 생성된다.
2. 투과성 **S2**(흰색 라벨)의 유리소결(glass fritted) 필터 깔대기를 사용하여 감압 여과장치(그림 3)를 셋업하여라. 그리고 작은 클램프를 사용하여 실험실 스탠드에 고정시켜라. 감압 플라스크를 진공호스에 연결하여라. 생성물 **B** (단계 IV.1)가 있는 현탁액을 유리소결 필터 깔대기에 붓고 고체들을 가라앉게 두어라. 그 후에 진공 밸브를 열어라. *주의*: 밸브 사용 전 후에 조교에게 알리고 사용하여라! 여과액의 pH 가 약 6 이 될 때까지 걸러진 고체를 6 cm³ 의 증류수로 두 번 씻어라. 생성물을 건조하기 위해 감압상태를 약 5 분간 유지하라. 진공 호스를 빼내고 스패출라를 사용하여 하얀색 생성물 **B** 를 **Student code B** 라벨이 붙은 바이알로 옮기고 벤치 위에서 건조되도록 뚜껑 없이 놓아둔다. 여과액은 싱크에 버리고 여과 플라스크를 씻는다. *주의사항*: 소결유리를 긁어서 생성물에 들어가지 않도록 주의할 것!

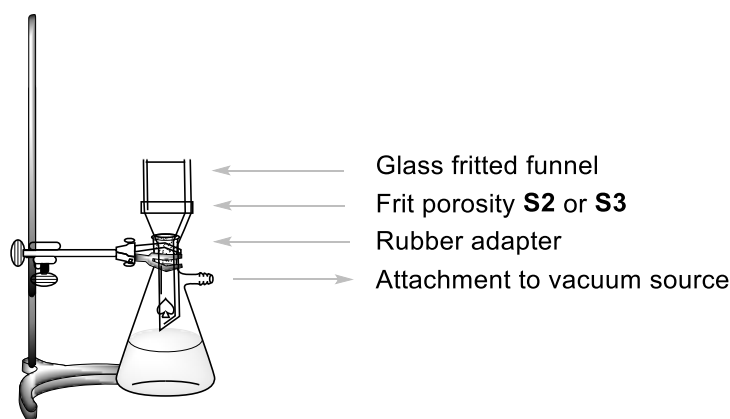


그림 3. 감압 여과장치의 셋업.

3. 투과성 **S3**(오렌지라벨)의 유리소결(glass fritted) 필터 깔대기를 사용하여 감압 여과장치를 실험과정 IV.2 와 유사하게 셋업하여라. 생성물 **C**(단계 III)가 있는 현탁액을 유리소결 필터 깔대기에 붓고 일분간 기다린 후에 진공 밸브를 열어라. 여과하거나 씻는 과정에서 스패출라로 고체들을 젓거나 긁거나 하면 절대로 안된다. 왜냐하면 이 경우 고체들이 필터를 통과할 수 있다.



여과액의 pH가 중성이 될 때까지 침전물을 5 cm³ 에탄올 (전체 15 cm³) 로 세 번 씻어라. 생성물을 건조하기 위해 감압상태를 약 5 분간 유지하라. 진공 호스를 빼내고 스패출라를 사용하여 오렌지색 생성물 C 를 **Student code C** 라벨이 붙은 바이알로 옮기고 벤치 위에서 건조되도록 뚜껑 없이 놓아둔다. 여과액은 **Organic waste** 병에 모아둔다.

주의사항: 만약 생성물이 유리 소결 필터 깔대기를 통과한 경우 통과한 현탁액을 한번 더 여과하여라. 만약 계속 생성물이 통과하면 조교에게 연락해라.

조교는 다음의 제출물들을 가져갈 것이며 답지에 서명을 할 것이다.

- 생성물들이 들어 있고 **Student code B** 와 **C** 가 라벨된 유리 바이알들
- **Student code** 가 라벨 된 지퍼백에 든 TLC 판들

제출된 품목들:

생성물 B

생성물 C

TLC 판 1

TLC 판 2 (옵션)

서명:

학생

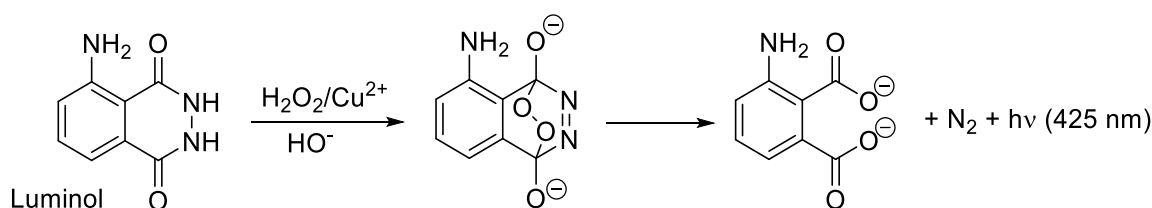
조교



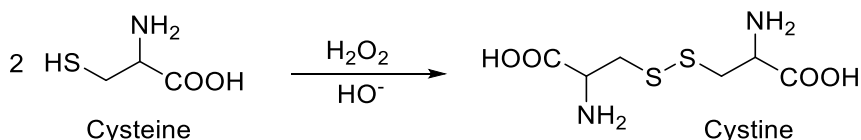
실험 문제 P2 전체의 13%	문제	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	총합
	배점	30	30	7	3	4	6	80
	점수							

문제 P2. 빛이 나는 시계 반응

루미놀(Luminol)은 잘 알려진 화학발광(chemiluminescence) 물질 중 하나다. 루미놀은 산화환원 촉매인 Cu^{2+} 존재 하에 H_2O_2 와 같은 산화제와 반응하여 들뜬 전자 상태를 갖는 생성물을 형성한다. 이 생성물은 파란색 빛을 발산하며 과량의 에너지를 방출한다.



이 과정은 특정한 유도 시간 후에 빛이 나타나는 변형된 시계 반응으로 설명할 수 있다. 시스테인(cysteine)을 첨가하면, Cu(II) 는 Cu(I) 로 환원되어 루미놀 산화를 촉진하지 않는 Cu(I) -시스테인 착물 형태로 변한다. 그러나 이러한 발광 억제 현상은 일시적이다. H_2O_2 에 의해 진행되는 반응 사이클이 시스테인을 점진적으로 산화시키기 때문이다.



최종적으로 시스테인이 다 소모되면 Cu(I) 은 Cu(II) 로 다시 산화되어 구리의 촉매 활성이 회복된다. 이 현상은 파란색 화학발광 형태의 섬광(flash)으로 나타난다. 섬광이 나타날 때까지 걸리는 시간을 이용하여 Cu -촉매 하에 시스테인의 산화 속도에 관한 연구를 할 수 있다.

실험과정

주의: 항상 실험 용액과 피펫을 핫플레이트에서 멀리 떨어뜨려라!

측정된 실제 반응 온도를 기초로 결과가 얻어지기 때문에 온도 변화는 문제가 되지 않는다. 아무 온도에서나 데이터를 기록해도 감점되지 않는다. 그러나, 예를 들어 핫플레이트 근처에 용액이나 피펫을 놓는 등 과열은 피하라.

중요사항들: 문제에서 요구한 유효 숫자 또는 소수점 자릿수에 맞춰 모든 값을 작성하라. 지나치게 반올림하여 값을 구하면 정답과 오답을 구별하기 힘들어진다.



실험의 개요

Part I에서는 농축액으로 제공된 두 가지 원액을 희석하여 사용할 것이고 Part II에서는 아래 표에 정의된 두 가지 서로 다른 농도 세트에 대한 시계 반응의 반응 시간을 측정할 것이다.

	검정색 시험관 내의 시약 부피			원심분리용 튜브의 시약 부피	
	증류수 (Water)	루미놀이 녹은 NaOH (Luminol in NaOH)	희석된 시스테인 (Cys dil.)	구리 (Cu)	희석된 H ₂ O ₂ (H ₂ O ₂ dil.)
농도 세트 #1	3.00 cm ³	2.50 cm ³	3.30 cm ³	0.50 cm ³	0.70 cm ³
농도 세트 #2	3.30 cm ³	2.50 cm ³	3.30 cm ³	0.50 cm ³	0.40 cm ³

실제 채점할 데이터 측정에 앞서 예비 실험을 통해 실험 과정에 숙달되는 것이 좋다.

반응 속도가 온도에 따라 다르기 때문에 모든 실험 세트의 실제 온도를 기록해야 한다. 파란색 섬광을 생성하기까지 필요한 반응 시간을 기록한 후 반응 혼합물의 온도를 **곧바로** 측정해야 한다.

올바른 데이터 값을 구하기 위해 온도계에 표시된 각각의 온도를 온도계 보정 상수와 더해서 보정 온도를 구해야만 한다. 이 상수 값은 문제 2 바구니에 담긴 종이에 인쇄되어 있다.

그리고 $x^{\circ}\text{C}$ (보정 온도)에서 관찰된 각 반응 시간 $t(x^{\circ}\text{C})$ 는 25°C 에서 관찰된 시간 $t(25^{\circ}\text{C})$ 로 변환해야 한다. 25°C 로 표준화하는 방법은 간단히 반응 시간 $t(x^{\circ}\text{C})$ 와 표준화 상수 $n_{x \rightarrow 25}$ 를 곱해서 얻는다.

$$t(25^{\circ}\text{C}) = n_{x \rightarrow 25} t(x^{\circ}\text{C})$$

다양한 온도에 해당하는 표준화 상수 $n_{x \rightarrow 25}$ 값은 문제 끝 표 P2에 나열되어 있다.

I. 진한 원액의 희석

H₂O₂ (2.00 mol dm⁻³)와 시스테인 (0.100 mol dm⁻³) 용액은 각각 **H₂O₂ conc.** 및 **Cys conc.** 로 표시된 진한 용액으로 제공되어 있다. 5 cm³ 벌브 피펫과 50 cm³ 부피 플라스크를 사용하여 증류수로 진한 용액 5.00 cm³를 각각 50.00 cm³로 희석하고 얻어진 희석 용액을 각각 **H₂O₂ dil.**와 **Cys dil.**로 표시된 병에 보관한다.

다음 단계에서 용액 양을 측정하기 위해 아래와 같이 각 병에 대해 눈금 피펫(graded pipette)을 지정한다. 5 cm³ 눈금 피펫은 **luminol in NaOH**, **Cys dil.** 및 **Water** 용이다. 그리고 1 cm³ 눈금 피펫은 **Cu** (2.00 mmol dm⁻³) 및 **H₂O₂ dil.** 용이다.

II. 시계 반응 과정

참고: 섹션 II 전체를 주의 깊게 읽고 실험을 시작하시오.

- 검정색 시험관을 받침대 역할을 할 수 있는 삼각 플라스크 안에 넣어 고정하라. 할당된 피펫을 사용하여 농도 세트에 필요한 양의 **Water**, **luminol in NaOH** 및 **Cys dil.** 용액을 채워라.
- 작은 플라스틱 비커에 작은 원심분리용 튜브를 놓고 정해진 양의 **Cu** 용액과 **H₂O₂ dil.** 용액을 채워라.



3. **지체없이(Without delay)** 작은 원심분리용 튜브를 검정색 시험관에 **조심스럽게** 두 용액이 **절대 섞이지 않게** 밀어 넣어라!
4. 시험관의 스크류 마개로 검정 시험관을 잘 닫아라. 시험관을 흔들 때 용액이 썰 수 있기 때문에 마개가 단단히 닫혀 있는지 확인하라.
중요참고사항: 단, 용액이 썰 수 있으므로 **스크류 마개를 끝점 이상으로 강제로 힘을 주어 돌리지 마시오.** 만약 이런 일이 발생하면 검정 시험관 교체를 요청해야 한다 (**벌점 적용**).
5. 타이밍 모드의 스톱워치를 손에 들고 시간을 쟈 준비를 하라. 시험관을 흔들기 시작하면서 동시에 시간 측정을 시작하라. 처음 10 초 동안은 두 용액이 완벽하게 섞이도록 세게 흔들어야 한다. 용액이 잘 섞이도록 흔드는 시간을 줄이지 않는 것이 핵심이다.
6. 검정색 시험관이 고정되게 삼각 플라스크에 넣고 스크류 마개를 열고 가까이에서 용액을 관찰하라. 이때 손으로 입구 부분의 태양빛을 가리면 섬광을 잘 관찰할 수 있다. 결국 용액 전체적으로 깜박이는 파란색 섬광을 관찰할 수 있을 것이다. 그 순간에 시간 측정을 멈춰라.
7. 즉시 디지털 온도계의 금속탐침을 검정색 시험관에 삽입하여라. 온도 측정값이 안정화될 때까지(일반적으로 10-30 초 사이) 기다린 다음 반응 시간과 반응 온도를 기록하라.
8. 핀셋을 사용하여 검정색 시험관에서 작은 원심분리용 튜브를 꺼내라. 각 실험 후, 시험관과 튜브의 용액을 버리고 잘 씻은 다음 종이 와이퍼(paper wipes)를 이용하여 건조 시켜라.

측정 데이터와 해석

P2.1 아래 표에 농도 세트 #1 실험 결과를 기록하라. 측정 온도에 온도계의 보정 상수 (calibration constant)를 더하여 보정 온도를 구하라. 표 P2 에서 각 온도에 해당하는 $n_{x \rightarrow 25}$ 표준화 상수 (normalization constant)를 찾아서 25°C 로 표준화된 반응 시간을 구하라. 만일 보정 온도가 표 P2 에 있지 않은 경우에는, 실험 조교에게 $n_{x \rightarrow 25}$ 의 값을 문의하라.

중요참고사항: 적정실험에서는 부피의 허용 오차가 $\pm 0.1 \text{ cm}^3$ 이듯, 농도 세트 #1 의 표준화된 시간의 허용 오차는 ± 2.3 초이다.

(필요하면 반복해서 실험할 수 있지만, 아래 표의 모든 열을 채울 필요는 없다. 점수는 채택된 실험치 (accepted value)에만 부여된다.)

	실험번호 No.	반응 시간 [초] 소수점 아래 1 자리	표시 온도 [°C] 소수점 아래 1 자리	보정 온도 [°C] 소수점 아래 1 자리	25 °C 에 표준화된 반응시간 [초] 유효숫자 3 자리
농도 세트 #1	1				
	2				
	3				
	농도 세트 #1 의 표준화된 반응시간, 채택된 실험치 (accepted value)				



P2.2 아래 표에 농도 세트 #2 의 실험 결과, 보정 온도, 25 °C 에 표준화된 반응 시간을 계산하여 기록하라.

중요참고사항: 적정실험에서는 부피의 허용 오차가 $\pm 0.1 \text{ cm}^3$ 이듯, 농도 세트 #2 의 표준화된 시간의 허용 오차는 ± 3.0 초이다.

(필요하면 반복해서 실험할 수 있지만, 아래 표의 모든 열을 채울 필요는 없다. 점수는 채택된 실험치 (accepted value)에만 부여된다.)

	실험번호 No.	반응 시간 [초] 소수점 아래 1 자리	표시 온도 [°C] 소수점 아래 1 자리	보정 온도 [°C] 소수점 아래 1 자리	25 °C 에 표준화된 반응시간 [초] 유효숫자 3 자리
농도 세트 #2	1				
	2				
	3				
	농도 세트 #2 의 표준화된 반응시간, 채택된 실험치 (accepted value)				

P2.3 원액의 농도(실험 과정 part 1 과 시약 리스트에 기재)와 실험 과정을 고려하여 시스테인, 구리, H_2O_2 의 초기 농도를 각 농도 세트에 대해 계산하여라.

P2.1 과 P2.2 의 표준화된 반응 시간 채택된 실험치(t_1 와 t_2)를 분(min) 단위로 나타내고, $\text{mmol dm}^{-3} \text{ min}^{-1}$ 단위로 시스테인의 반응 속도 (v_1 와 v_2)를 각 농도 세트에 대해 계산하여라. 단, 반응 중 시스테인의 반응 속도는 일정하다고 가정하라.

만일 답을 구하지 못한 경우, 다음 문제 계산을 위해 농도 세트 #1 에 대해서는 반응 속도 11.50 를 기입하고, 농도 세트 #2 에 대해서는 반응 속도 5.500 을 기입하라.

	초기 농도 [mmol dm ⁻³] 유효숫자 3 자리			채택된 실험치 [min] 유효숫자 4 자리	반응 속도 [mmol dm ⁻³ min ⁻¹] 유효숫자 4 자리
	시스테인	구리 [Cu]	H ₂ O ₂		
농도 세트 #1					
농도 세트 #2					



P2.4 반응 속도식이 아래와 같다고 가정하자.

$$v = k [\text{H}_2\text{O}_2]^p$$

실험 데이터를 이용하여 반응 차수 p 를 계산하여라. 소수점 이하 2 자리 수로 답을 구하고 계산 과정을 기술하라.

답: $p =$
계산 과정:

시스템인 반응 속도 법칙은 실제로는 매우 복잡하고, 반응 속도(v)는 아래와 같다.

$$v = k_1[\text{H}_2\text{O}_2][\text{Cu}] + k_2[\text{Cu}]$$

P2.5 P2.3의 자료를 이용하고 v 를 $[\text{H}_2\text{O}_2]$ 의 1차 함수로 생각하자. 이 1차 함수의 기울기와 절편을 구하라. 기울기와 절편을 모두 유효숫자 4 자리로 구하라. 답을 구하지 못한 경우, 다음 문제를 위해서 a 와 b 모두 11.50을 기입하라.

답 (단위를 포함하고 계산과정은 필요 없다):

$$v = a[\text{H}_2\text{O}_2] + b \quad a = \quad b =$$

P2.6 P2.5의 결과를 이용해서, 반응속도 상수 k_1 과 k_2 를 구하라. 모두 유효숫자 3 자리로 적어라.

답 (단위 포함):

$$k_1 = \quad k_2 =$$

계산 과정:



표 P2. 표준화 상수(Normalization coefficients) $n_{x \rightarrow 25}$.

$n_{x \rightarrow 25}$ 는 여러 온도에서 측정된 반응 시간을 25.0 °C 의 반응 시간으로 변환하는데 사용된다.

Temp. °C	Set #1	Set #2
22.0	0.8017	0.8221
22.1	0.8076	0.8274
22.2	0.8135	0.8328
22.3	0.8195	0.8382
22.4	0.8255	0.8437
22.5	0.8316	0.8492
22.6	0.8377	0.8547
22.7	0.8438	0.8603
22.8	0.8500	0.8659
22.9	0.8563	0.8715
23.0	0.8626	0.8772
23.1	0.8690	0.8829
23.2	0.8754	0.8887
23.3	0.8818	0.8945
23.4	0.8884	0.9004
23.5	0.8949	0.9063
23.6	0.9015	0.9122
23.7	0.9082	0.9182
23.8	0.9149	0.9242
23.9	0.9217	0.9303
24.0	0.9285	0.9364
24.1	0.9354	0.9425
24.2	0.9424	0.9487
24.3	0.9494	0.9550
24.4	0.9564	0.9613
24.5	0.9636	0.9676
24.6	0.9707	0.9740
24.7	0.9780	0.9804
24.8	0.9852	0.9869
24.9	0.9926	0.9934
25.0	1.0000	1.0000
25.1	1.0075	1.0066
25.2	1.0150	1.0133
25.3	1.0226	1.0200
25.4	1.0302	1.0268
25.5	1.0379	1.0336
25.6	1.0457	1.0404

Temp. °C	Set #1	Set #2
25.7	1.0536	1.0474
25.8	1.0614	1.0543
25.9	1.0694	1.0613
26.0	1.0774	1.0684
26.1	1.0855	1.0755
26.2	1.0937	1.0827
26.3	1.1019	1.0899
26.4	1.1102	1.0972
26.5	1.1186	1.1045
26.6	1.1270	1.1119
26.7	1.1355	1.1194
26.8	1.1441	1.1268
26.9	1.1527	1.1344
27.0	1.1614	1.1420
27.1	1.1702	1.1497
27.2	1.1790	1.1574
27.3	1.1879	1.1651
27.4	1.1969	1.1730
27.5	1.2060	1.1809
27.6	1.2151	1.1888
27.7	1.2243	1.1968
27.8	1.2336	1.2049
27.9	1.2430	1.2130
28.0	1.2524	1.2212
28.1	1.2619	1.2294
28.2	1.2715	1.2377
28.3	1.2812	1.2461
28.4	1.2909	1.2545
28.5	1.3008	1.2630
28.6	1.3107	1.2716
28.7	1.3207	1.2802
28.8	1.3307	1.2889
28.9	1.3409	1.2976
29.0	1.3511	1.3064
29.1	1.3615	1.3153
29.2	1.3719	1.3243
29.3	1.3823	1.3333

Temp. °C	Set #1	Set #2
29.4	1.3929	1.3424
29.5	1.4036	1.3515
29.6	1.4143	1.3607
29.7	1.4252	1.3700
29.8	1.4361	1.3793
29.9	1.4471	1.3888
30.0	1.4582	1.3983
30.1	1.4694	1.4078
30.2	1.4807	1.4175
30.3	1.4921	1.4272
30.4	1.5035	1.4369
30.5	1.5151	1.4468
30.6	1.5267	1.4567
30.7	1.5385	1.4667
30.8	1.5503	1.4768
30.9	1.5623	1.4869
31.0	1.5743	1.4972
31.1	1.5865	1.5075
31.2	1.5987	1.5179
31.3	1.6111	1.5283
31.4	1.6235	1.5388
31.5	1.6360	1.5495
31.6	1.6487	1.5602
31.7	1.6614	1.5709
31.8	1.6743	1.5818
31.9	1.6872	1.5927
32.0	1.7003	1.6038
32.1	1.7135	1.6149
32.2	1.7268	1.6260
32.3	1.7402	1.6373
32.4	1.7536	1.6487
32.5	1.7673	1.6601
32.6	1.7810	1.6716
32.7	1.7948	1.6833
32.8	1.8087	1.6950
32.9	1.8228	1.7068
33.0	1.8370	1.7186



실험 문제 3 전체의 13%	문제	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	
	배점	3	20	2	2	16	
	점수						
	문제	3.6	3.7	3.8	3.9	3.10	총합
	배점	4	20	2	4	2	75
	점수						

문제 P3. 광천수 분석과 확인

슬로바키아에는 많은 광천수와 온천이 등록되어 있다. 적절한 조성을 가지며 이산화탄소가 천연 혹은 인공적으로 가미된 광천수가 음용으로 판매된다. 음용수에는 아질산염(nitrite), 질산염(nitrate), 인산염(phosphate), 플루오린화염(fluoride), 황이온(sulfide)이 존재하지 않고, 철과 망간도 없다.

음용수에 함유된 주요 이온들의 질량 농도는 포장지에 적혀 있다.

이번 실험은 광천수 시료를 분석하여 브랜드별 자료(표 3.1)를 이용하여 미지시료가 어떤 브랜드인지 확인하는 것이다.

참고: 시료에서 이산화탄소는 제거된 상태임.

표 P3.1. 슬로바키아의 대표적 광천수들의 질량 농도(제조사 수치)

No.	브랜드	이온의 질량 농도, mg dm ⁻³						
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻
1	Kláštorná	290	74	71	16	15	89	1 341
2	Budišská	200	50	445	50	25	433	1 535
3	Baldovská	378	94	90	0	78	215	1 557
4	Santovka	215	67	380	45	177	250	1 462
5	Slatina	100	45	166	40	104	168	653
6	Fatra	45	48	550	16	36	111	1 693
7	Ľubovnianska	152	173	174	5	10	20	1 739
8	Gemerka	376	115	85	0	30	257	1 532
9	Salvator	473	161	214	30	116	124	2 585
10	Brusnianska	305	101	187	35	59	774	884
11	Maxia	436	136	107	18	37	379	1 715

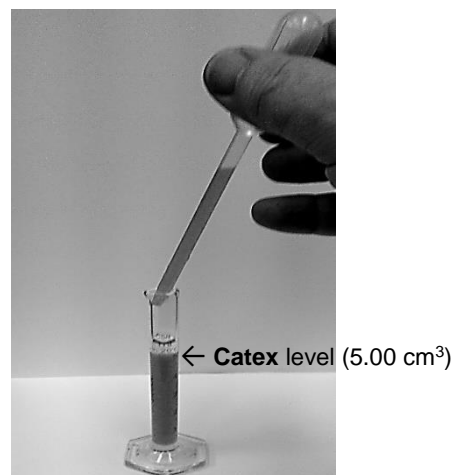


주요참고사항:

- 계산과정을 적을 때 문제에서 주어진 표기법 혹은 심볼을 사용할 것.
- 실험에 주어진 양이온 교환수지(**Catex**)는 팽창된(swollen)상태로 H⁺ 형태이다. 눈금 있는 두꺼운 파스퇴르 피펫을 사용하여 양이온 교환수지를 옮겨라. 필요하다면 증류수를 첨가할 수 있다 (양이온 교환수지가 건조되면 안됨).
- 표준용액의 농도는 아래와 같다:
 $c(\text{NaOH}) = 0.2660 \text{ mol dm}^{-3}$ $c(\text{EDTA}) = 5.965 \times 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}$

실험과정

- 1.a 눈금 실린더로 Catex 5.00 cm³ 만큼을 잰다 (부피 V1). 증류수를 이용하여 Catex 를 정량적(quantitatively)으로 적정 플라스크에 옮긴다. 적당한 양의 증류수를 첨가하고 현탁액(suspension)을 잘 흔들어 Catex 위(over)에 있던 용액 색깔이 관찰되도록 한다.
- 1.b 브로모티몰블루(**BTB**, bromothymol blue) 지시약 3-4 방울을 첨가한 후 고체 NaCl 약 1 g(반스푼)을 넣는다. NaCl 이 완전히 녹은 후, 표준 수산화 소듐 용액으로 현탁액이 노란색에서 파란색이 될 때까지 적정하라 (부피 V2). 당량점 근처에서는 아주 잘 흔들면서 천천히 적정하여, Catex 고분자 내부의 모든 분석물질(analyte)이 용액으로 확산되도록 하라. 필요하다면 실험을 반복하라.
- 1.c 실험 후, 적정 플라스크에서 Catex 위의 수용액을 최대한 따라서 버려라. 남은 현탁액은 **Waste catex** 로 표시된 용기로 옮긴다.



P3.1 과정 1 에서 일어나는 모든 화학 반응식을 쓰시오. H⁺형태의 Catex 는 R-H 로 표기하고, 지시약은 HInd 로 표시할 것.



P3.2 아래 표를 과정 1의 실험에서 구한 실험치와 계산한 채택값으로 완성하라.

(표의 모든 칸을 채울 필요는 없다)

실험번호 No.	Catex 부피 V_1 [cm ³]	NaOH 소모량 V_2 [cm ³]
1	5.00	
2		
3		
채택된 실험치 V_2 유효숫자 4 자리		

P3.3 채택된 실험값 V_2 를 사용하여, 부피 이온교환용량 $Q_V(\text{H}^+)$ 를 mmol cm^{-3} 단위로 계산하라.

계산 과정:

$Q_V(\text{H}^+)$ 에 대한 실험치를 구하지 못한 경우, 이후 문제를 풀 때 $1.40 \text{ mmol cm}^{-3}$ 을 사용하라.

2.a 눈금 실린더로 Catex 5.00 cm^3 만큼을 쟀다 (부피 V_3). 이 Catex 를 정량적으로 250 cm^3 비커에 옮긴다. 피펫으로 시료 50.00 cm^3 을 첨가한다 (부피 V_4). 약 5 분간 이 혼합물을 때때로 흔들어 준다. 깔대기를 거치하는 스탠드 겸 거른액을 모으는 용기로 사용할 삼각 플라스크를 준비하라. 필터 깔대기(fritted funnel, 투과성 **S1**)로 Catex 를 거르고 증류수로 중성이 될 때까지 닦아준다 (pH 측정지로 확인). 거른 액은 버려라.

2.b 증류수를 사용하여 Catex 를 깔대기에서 적정 플라스크로 정량적으로 옮겨라.

2.c BTB 지시약 3-4 방울과 고체 NaCl 약 1 g(반스푼)을 넣는다. 표준 수산화 소듐 용액으로 현탁액이 노란색에서 파란색이 될 때까지 적정하라 (부피 V_5). 필요하다면 실험을 반복하라.

2.d 적정 후, 적정 플라스크에서 Catex 위의 수용액을 최대한 따라서 버려라. 남은 현탁액은 **Waste catex** 로 표시된 용기로 옮긴다.



다음 과정으로 착물형성 분석법(complexometric analysis)으로 Ca^{2+} 와 Mg^{2+} (이후에는 M^{2+} 로 표기)이온들의 농도의 합을 측정할 것이다.

3. 피펫으로 시료 10.00 cm^3 (V_6) 를 적정 플라스크로 옮기고 증류수 약 25 cm^3 를 첨가한다. 완충용액(buffer) 3 cm^3 를 첨가해 pH 를 조정한다. 소량의 에리오크롬 블랙 T 지시약(**EBT**, 스파출라 끝에 살짝, Eriochrome black T indicator)을 첨가하고, 표준 EDTA 용액으로 와인색에서 파란색이 될 때까지 적정한다 (V_7).

P3.7 아래 표를 과정 3 의 실험에서 구한 실험치와 계산한 채택값으로 완성하라.

(표의 모든 칸을 채울 필요는 없다.)

실험번호 No.	시료 부피 $V_6 [\text{cm}^3]$	EDTA 소모량, $V_7 [\text{cm}^3]$
1	10.00	
2		
3		
채택된 실험값 V_7 유효숫자 4 자리		

P3.8 채택된 실험값 V_7 을 이용하여 광천수의 M^{2+} 양이온의 몰농도, $c(\text{M}^{2+})$ 를 mmol dm^{-3} 단위로 계산하라.

계산 과정:

$c(\text{M}^{2+})$ 에 대한 실험치를 구하지 못한 경우, 이후 문제 풀이할 때 $15.00 \text{ mmol dm}^{-3}$ 을 사용하라.

4. 다음으로 표 P3.2 를 이용하여 광천수 브랜드를 확인하라.

P3.9 표 P3.2 에 실험문제 P3.6 과 P3.8 에서 구한 실험치들을 적어라. $c(\text{M}^{2+})$ 및 $c^*(\text{M}^+)$ 의 각각의 실험치와 제조사 데이터가 유사한 값($\pm 10\%$)을 모두 표의 일치도 항목에 마크(\checkmark)로 표시하라.



표 P3.2

광천수		제조사 데이터			실험치와의 일치도	
No.	상표	$c(M^{2+})$ [mmol dm ⁻³]	$c(M^+)$ [mmol dm ⁻³]	총양이온당량 농도 $c^*(M^+)$ [mmol dm ⁻³]	$c(M^{2+})$ 일치	$c^*(M^+)$ 일치
실험치			XXX		XXX	XXX
1	Kláštorná	10.30	3.50	24.1		
2	Budišská	7.06	20.63	34.7		
3	Baldovská	13.32	3.91	30.5		
4	Santovka	8.13	17.67	33.9		
5	Slatina	4.35	8.25	16.9		
6	Fatra	3.11	24.32	30.5		
7	Ľubovnianska	10.92	7.70	29.5		
8	Gemerka	14.13	3.70	32.0		
9	Salvator	18.46	10.07	47.0		
10	Brusnianka	11.79	9.03	32.6		
11	Maxia	16.50	5.11	38.1		

P3.10 위의 결과로부터 광천수 시료의 브랜드를 결정하라. 두 실험치가 모두 일치하는 광천수(들)에 마크 (✓)를 표기하라.

No.	브랜드	No.	브랜드
1	Kláštorná	7	Ľubovnianska
2	Budišská	8	Gemerka
3	Baldovská	9	Salvator
4	Santovka	10	Brusnianka
5	Slatina	11	Maxia
6	Fatra	12	other



추가 시약 및 장치 교환

항목 혹은 사건경위	감점 Penalty	서명(Signature)	
		Student	Lab assistant
	0 pt		