



제 48 회

국제 화학 올림피아드

실험 I 부

2016 년 7 월 26 일

트빌리시, 조지아

유의 사항

- 실험 시작(START) 지시가 있을 때 시작하라. 시험은 I, II 부로 나누어져 있다. I 부(실험 1)는 100 분이다. I 부가 끝나면 30 분간 실험실 밖에 나가 있다.
- 시험 I 부(실험 1)의 문제지는 5 쪽이고, 답안지는 4 쪽이다.
- 예비 문제에서 알려준 안전 규칙을 준수하라. 안전하지 않은 행동을 하면 1 차 경고를 받고, 두 번째에는 자격을 박탈당할 것이다.
- 실험실에서는 실험복을 입고 보안경을 착용하라. 필요하다면 맞는 크기의 장갑을 조교에게 요청하라.
- 제공되는 펜, 마커 펜, 계산기만을 사용하라. 종이에 마커로 쓰지 말라. 마커는 유리 및 플라스틱 기구에만 사용하라.
- 학생 코드가 답안지 매 쪽마다 적혀 있는지 확인하라.
- 모든 답은 반드시 답안지의 지정된 부분 안에 써야 한다. 지정된 부분이 아닌 곳에 쓴 내용은 점수를 받을 수 없다. 연습장이 필요하다면 답안지의 뒷면을 사용하라.
- 실험실에 싱크대가 없다. 대신 실험기구들이 충분히 제공된다. 몇 개의 기구들은 재사용이 필요하다. 그 때는 적당한 용매로 잘 세척하고 폐수는 폐수통(LIQUID WASTE)에 버린다. 필요하다면 솔을 사용하라. 증류수와 종이 타월은 마음껏 사용해도 좋다.
- 액체 폐기물은 "LIQUID WASTE"라고 표시된 통에 버려라. 이 통에 쓰레기(휴지, 플라스틱 등)는 버리지 마라. 이것들은 실험실의 쓰레기통에 버려라.
- 시약과 기구는 다시 제공되지 않는다. 필요하여 요청할 경우, 요청 1 회당 실험 총점 40 점에서 1 점씩 감점된다. (단, I, II 부 전체 실험을 통틀어서 최초 1 번의 요청은 감점되지 않는다.)
- 질문이 있거나 화장실에 가거나 물을 마시고 싶으면 손을 들어라.
- I 부 실험이 끝나면 제공된 봉투에 답안지를 넣고 봉투를 실험대 위에 놓아라. 이 때 봉투를 봉하지 마라. 일단 답안지를 봉투에 넣으면 답안지는 다시 볼 수 없다.
- 실험 종료(STOP) 지시가 있으면 하던 실험을 즉시 중지해야 한다. 이를 이행하지 않으면 실험 점수를 받을 수 없다. 실험 조교의 지시가 있을 때까지 자리를 떠나지 마라. 실험 문제지는 가져가도 된다.
- 실험 번역이 불분명하면 이 실험 시험의 공식 영문판(English version)을 요청하여 볼 수 있다.

실험 기구

물품	개수
전체 실험(실험 1, 2, 3)에 필요한 공용 테이블 물품	
라텍스 장갑	-
전체 실험(실험 1, 2, 3)에 필요한 물품 (개인 실험대 위)	
시험관 거치대(Test tube rack, 60 holes)	1
종이 티슈(Paper tissue): 필요하면 더 요청할 수 있음. (감점 없음)	5
마커(Permanent marker)	1
유리 막대(Glass stirring rod, 20 cm)	1
플라스틱 깔때기(Polypropylene funnel, 지름 3.5 cm)	1
얇은 플라스틱 컵(Soft plastic cup)	3
두꺼운 플라스틱 컵(Strong plastic cup)	1
전체 실험(실험 1, 2, 3)에 필요한 얇은 플라스틱 컵 속 물품	
플라스틱 시험관용 뚜껑(Caps for polystyrene test tubes)	22
실험 1 에 필요한 물품 (개인 실험대 위)	
원심분리용 시험관 거치대(Rack for centrifuge tubes, 21 holes)	1
"Liquid Waste, Test 1"이라고 표시된 뚜껑이 있는 폐수통 1 dm ³	1
지퍼백 안의 거름 종이(Paper filters in zip-bag)	5
실험 1 에 필요한 두꺼운 플라스틱 컵 속 물품	
파스퇴르 피펫(Pasteur pipettes)	20
실험 1 에 필요한 60 구 시험관 거치대 속 물품	
플라스틱 시험관, 10 cm ³ (Polystyrene test tubes)	35

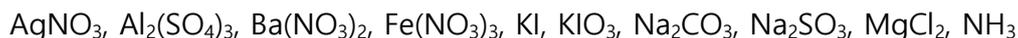
시약

이름	상태	농도	양	위치	라벨
전체 실험(실험 1, 2, 3)에 필요한 개인 실험대 시약					
증류수	액체	-	1 dm ³	세척병, 1 dm ³	H ₂ O dist.
실험 1에 필요한 시약					
헥세인	액체	-	25 cm ³	뚜껑 있는 유리병, 50 cm ³	Hexane
수산화 소듐	수용액	1 M	80 cm ³	뚜껑 있는 갈색 플라스틱 병, 125 cm ³	NaOH
질산*	수용액	2 M	150 cm ³	뚜껑이 스포이드인 유리병, 250 cm ³	HNO ₃
실험 1에 필요한 21 구 시험관 거치대 속 시약					
5개의 미지 시료	수용액	-	45 cm ³	원심분리용 시험관, 50 cm ³	Unknown No __
질산 은	수용액	0.1 M	25 cm ³	원심분리용 시험관, 50 cm ³	AgNO ₃
황산 알루미늄	수용액	0.3 M	25 cm ³	원심분리용 시험관, 50 cm ³	Al ₂ (SO ₄) ₃
질산 바륨	수용액	0.25 M	25 cm ³	원심분리용 시험관, 50 cm ³	Ba(NO ₃) ₂
질산 철(III)	산성(HNO ₃) 수용액	0.2 M	25 cm ³	원심분리용 시험관, 50 cm ³	Fe(NO ₃) ₃
아이오딘화 포타슘	수용액	0.1 M	25 cm ³	원심분리용 시험관, 50 cm ³	KI
아이오딘산 포타슘	수용액	0.1 M	25 cm ³	원심분리용 시험관, 50 cm ³	KIO ₃
염화 마그네슘	수용액	0.2 M	25 cm ³	원심분리용 시험관, 50 cm ³	MgCl ₂
탄산 소듐	수용액	0.2 M	25 cm ³	원심분리용 시험관, 50 cm ³	Na ₂ CO ₃
아황산 소듐	수용액	0.2 M	25 cm ³	원심분리용 시험관, 50 cm ³	Na ₂ SO ₃
암모니아*	수용액	1 M	25 cm ³	원심분리용 시험관, 50 cm ³	NH ₃ (aq)

* 질산과 암모니아 용액은 다음 실험에서도 필요하다.

실험 1

아래 10 개의 화합물 수용액으로 5 개의 미지 용액들을 만들었다. 숫자가 표시된 각 미지 용액은 아래 화합물 중에 2 개씩을 포함하고 있다. (단, 아래 10 개의 화합물은 미지의 용액을 제조하는 데 모두 1 번씩 사용되었다.)



실험에서는 미지 용액들과 HNO_3 용액, NaOH 용액, 헥세인, 그리고 위의 10 개의 순수한 화합물 수용액이 주어져 있다.

미지 용액들이 어떤 화합물들로 구성되었는지 확인하기 위해서 빈 시험관과 주어진 어떠한 액체들(미지 용액 포함)도 사용할 수 있다. 분리하는 데 깔때기와 거름 종이를 사용할 수 있다.

미지 용액 **1~5** 가 어떤 화합물들로 구성되어 있는지 알아내어라. 답안지에 표시된 해당 화합물이 어떤 미지 용액에 들어 있는지 미지 용액 번호를 기입하라. 미지 용액에 포함되어 있는 두 개의 화합물을 알아내기 위한 화학 반응들에 의해서 나타나는 결과들을 관찰 코드(하나 또는 그 이상)로 답안지에 기입하라. 그리고 이에 해당하는 균형 알짜 이온 반응식(들)을 적어라. 두 균형 알짜 이온 반응식 중에 적어도 하나는 미지 용액에 포함되어 있는 화합물을 명확하게 알아내는데 필수적인 반응식이어야 한다.

유의 사항: 실험 종료(STOP) 지시 후에는 미지 혼합 용액이 담겨 있는 모든 원심분리용 시험관에 학생 코드를 적고 파란색 마개를 이용하여 밀봉한 후, 시험관 거치대에 꽂아 놓아라.



제 48 회

국제 화학 올림피아드

실험 I 부 - 답안지

2016 년 7 월 26 일

트빌리시, 조지아

실험 1

총 점수의 13%

7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	합계

미지 용액을 알아내는 실험을 하면서 다음 표를 작성하라. 다음의 관찰 코드를 이용하라:

- | | |
|---------------------------------------|-------------------------|
| A – 흰색 침전 생성 | F – 갈색(brown)의 유기층 생성 |
| B – 색이 있는 침전 생성 (붉은색, 갈색, 노란색, 검은색 등) | G – 보라색(purple)의 유기층 생성 |
| C – 침전의 용해 | H – 색이 있는 기체 생성 |
| D – 용액의 색이 변한다 | I – 색과 냄새가 없는 기체 생성 |
| E – 용액에 색이 나타난다 | J – 색은 없고 냄새만 있는 기체 생성 |
| | K – 침전의 색 변화 |

화합물	미지 용액 번호	반응 상대의 화학식 (Formula of reaction partner(s))	관찰 코드(들)	균형 알짜 이온 반응식
NH ₃				
Fe(NO ₃) ₃				
Al ₂ (SO ₄) ₃				

화합물	미지 용액 번호	반응 상대의 화학식 (Formula of reaction partner(s))	관찰 코드(들)	균형 알짜 이온 반응식
AgNO ₃				
KIO ₃				
Na ₂ CO ₃				
MgCl ₂				
Na ₂ SO ₃				
Ba(NO ₃) ₂				
KI				

추가 요청(Replacements):

품목(Item)	수량 (Quantity)	실험 조교 서명 (Lab assistant's signature)	학생 서명 (Student signature)



제 48 회

국제 화학 올림피아드

실험 II 부

2016 년 7 월 26 일

트빌리시, 조지아

유의 사항

- 실험을 하기 전에 15 분간 문제지를 읽을 시간이 주어진다. 실험 시작(START) 지시 후에만 문제지를 읽기 시작하라.
- 예비 문제에서 알려준 안전 규칙을 준수하라. 안전하지 않은 행동을 하면 1 차 경고를 받고, 두 번째에는 자격을 박탈당할 것이다.
- 실험실에서는 실험복을 입고 보안경을 착용하라. 필요하다면 맞는 크기의 장갑을 조교에게 요청하라.
- 제공되는 펜, 마커 펜, 계산기만을 사용하라. 종이에 마커로 쓰지 말라. 마커는 유리 및 플라스틱 기구에만 사용하라.
- 학생 코드가 답안지 매 쪽마다 적혀 있는지 확인하라.
- 모든 답은 반드시 답안지의 지정된 부분 안에 써야 한다. 지정된 부분이 아닌 곳에 쓴 내용은 점수를 받을 수 없다. 연습장이 필요하다면 답안지의 뒷면을 사용하라.
- 실험실에 싱크대가 없다. 대신 실험기구들이 충분히 제공된다. 몇 개의 기구들은 재사용이 필요하다. 그 때는 적당한 용매로 잘 세척하고 폐수는 폐수통(LIQUID WASTE)에 버린다. 필요하다면 솔을 사용하라. 증류수와 종이 타월은 마음껏 사용해도 좋다.
- 액체 폐기물은 "LIQUID WASTE"라고 표시된 통에 버려라. 이 통에 쓰레기(휴지, 플라스틱 등)는 버리지 마라. 이것들은 실험실의 쓰레기통에 버려라.
- 시약과 기구는 다시 제공되지 않는다. 필요하여 요청할 경우, 요청 1 회당 실험 총점 40 점에서 1 점씩 감점된다. (단, I, II 부 실험을 통틀어서 최초 1 번의 요청은 감점되지 않는다.)
- 질문이 있거나 화장실에 가거나 물을 마시고 싶으면 손을 들어라.
- I 부 실험이 끝나면 제공된 봉투에 답안지를 넣고 봉투를 실험대 위에 놓아라. 이 때 봉투를 봉하지 마라. 일단 답안지를 봉투에 넣으면 답안지는 다시 볼 수 없다.
- 실험 종료(STOP) 지시가 있으면 하던 실험을 즉시 중지해야 한다. 이를 이행하지 않으면 실험 점수를 받을 수 없다. 실험 조교의 지시가 있을 때까지 자리를 떠나지 마라. 실험 문제지는 가져가도 된다.
- 실험 번역이 불분명하면 이 실험 시험의 공식 영문판(English version)을 요청하여 볼 수 있다.

II 부 실험 유의 사항

- II 부(실험 2 와 실험 3)의 실험 시간은 200 분이다.
- II 부는 실험 2 부터 시작해야 한다. 실험 2 를 완전히 끝내고 실험 3 을 시작할 준비가 되었을 때 실험 조교에게 알리면 실험 3 에 필요한 시약과 기구를 받을 것이다. 이 시점에서 실험 2 의 시약들은 조교가 모두 가져가 버릴 것이다.
- II 부(실험 2 와 실험 3)의 문제지는 13 쪽이고, 답안지는 8 쪽이다.
- 알코올 램프의 불을 켜고 싶으면 실험 조교에게 요청하라. 유리 시험관만 가열할 수 있다. 끝나면 뚜껑을 닫아 알코올 램프를 꺼라.

실험 기구

물품	개수
전체 실험(실험 1, 2, 3)에서 필요한 개인 실험대 물품	
시험관 거치대(Test tube rack, 60 holes)	1
종이 티슈(Paper tissue): 필요하면 더 요청할 수 있음. (감점 없음)	5
마커(Permanent marker)	1
유리 막대(Glass stirring rod, 20 cm)	1
플라스틱 깔때기(Polypropylene funnel, 지름 3.5 cm)	1
얇은 플라스틱 컵(Soft plastic cup)	3
두꺼운 플라스틱 컵(Strong plastic cup)	1
플라스틱 시험관용 뚜껑(Caps for polystyrene test tubes)	22
실험 2 와 실험 3 에 필요한 물품 (개인 실험대 위)	
"Liquid Waste, Tests 2&3"이라고 표시된 뚜껑이 있는 폐수통 3 dm ³	1
실험 2 에 필요한 물품 (개인 실험대 위)	
"Task 2"라고 표시된 저장 박스	1
뷰렛용 이중 클램프가 달린 실험 스탠드(Laboratory stand with double burette clamp)	1
뷰렛(Burette, 25.00 cm ³)	2
눈금 피펫(Graduated pipette, 10.0 cm ³)	1
눈금 피펫(Graduated pipette, 1.00 cm ³)	1
벌브 피펫(Bulb (Mohr) pipette, 10.00 cm ³)	1
삼각 플라스크(Erlenmeyer flask, 100 cm ³)	2
눈금 실린더(Graduated cylinder, 10.0 cm ³)	2
솔(Brush)	1
플라스틱 깔때기(Polypropylene funnel, 5.5 cm)	1
실험 2 에 필요한 물품 ("Task 2"라고 표시된 저장 박스 속)	
플라스틱 시험관(Polystyrene test tubes, 10 cm ³)	8
피펫 필러(Pipette filler)	1
지시약용 파스퇴르 피펫(Pasteur pipettes for indicators)	2
실험 3 에 필요한 물품 (실험 조교에게 요구해야 함)	
"Task 3"라고 표시된 저장 박스	1
실험 3 에 필요한 물품 ("Task 3"라고 표시된 저장 박스 속)	
플라스틱 시험관(Polystyrene test tubes, 10 cm ³)	20

알코올 램프(Alcohol lamp)	1
시험관 집게(Test tube holders, wooden)	1
유리 시험관(Glass test tubes)	10
파스퇴르 피펫(Pasteur pipettes)	10
두꺼운 플라스틱 컵(Strong plastic cup)	1

시약

이름	상태	농도	양	위치	라벨
실험 2 에 필요한 시약 (개인 실험대 위)					
질산	수용액	2 M	-*	뚜껑이 스포이드인 유리병, 250 cm ³	HNO ₃
실험 2 에 필요한 시약 ("Task 2"로 표시된 저장 박스 속)					
물 시료 용액	수용액	미정	100 cm ³	뚜껑 있는 유리병, 100 cm ³	Water sample
플루오르화 소듐	수용액	9 mg/dm ³ in fluoride	50 cm ³	뚜껑 있는 유리병, 50 cm ³	F ⁻ , 9 mg/dm ³
지르코닐 알리자린 지시약	산성 수용액	0.055% ZrOCl ₂ , 0.028% Alizarin Red S	10 cm ³	뚜껑 있는 유리병, 25 cm ³	Zirconyl Alizarin
염화 소듐	수용액	0.0500 M	50 cm ³	뚜껑 있는 유리병, 50 cm ³	NaCl, 0.0500 M
황산 암모늄 철(III) 12 수화물	산성 수용액	20 g/dm ³	10 cm ³	스포이드 병(Dropper), 15 cm ³	Fe ³⁺ ind.
질산 은	수용액	미정	200 cm ³	갈색 유리병, 250 cm ³	AgNO ₃
싸이오시안산 암모늄	수용액	용기에 적힌 정확한 농도를 보라.	100 cm ³	뚜껑 있는 유리병, 100 cm ³	NH ₄ SCN, X.XXXX M
크롬산 포타슘	수용액	10%	5 cm ³	스포이드 병 (Dropper), 15 cm ³	K ₂ CrO ₄
실험 3 에 필요한 시약 (개인 실험대 위)					
에탄올	액체	95 %	150 cm ³	뚜껑이 스포이드인 유리병, 250 cm ³	C ₂ H ₅ OH
실험 3 에 필요한 시약 ("Task 3"로 표시된 저장 박스 속)					
유기화합물 미지 시료 1~8	액체	-	0.5 cm ³	주사기, 2 cm ³	1 ~ 8
과망가니즈산 포타슘	수용액	0.13 %	5 cm ³	갈색 유리병, 50 cm ³	KMnO ₄

질산 암모늄 세륨(IV) 시약	2.0 M HNO ₃ 수용액	28.6 %	5 cm ³	HDPE 병, 30 cm ³	Ce(IV)
아세토나이트릴	액체	-	45 cm ³	유리병, 50 cm ³	CH ₃ CN
2,4- 다이나이트로 페닐하이드라진 시약	에탄올/물 속 황산 용액	3 %	20 cm ³	HDPE 병, 30 cm ³	DNPH
염화 철(III)	0.5 M HCl 수용액	2.5 %	1 cm ³	HDPE 병, 30 cm ³	FeCl ₃
하이드록실아민 하이드로 클로라이드	에탄올 수용액	0.5 M	10 cm ³	HDPE 병, 30 cm ³	NH ₂ OH× HCl
수산화 소듐	수용액	6 M	5 cm ³	HDPE 병, 30 cm ³	NaOH
염산	수용액	1 M	25 cm ³	HDPE 병, 30 cm ³	HCl

* 실험 1 을 수행하고 남은 양.

Periodic table with relative atomic masses

1 H 1.008																	18 He 4.003
3 Li 6.94	4 Be 9.01											5 B 10.81	6 C 12.01	7 N 14.01	8 O 16.00	9 F 19.00	10 Ne 20.18
11 Na 22.99	12 Mg 24.30	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13 Al 26.98	14 Si 28.09	15 P 30.97	16 S 32.06	17 Cl 35.45	18 Ar 39.95
19 K 39.10	20 Ca 40.08	21 Sc 44.96	22 Ti 47.87	23 V 50.94	24 Cr 52.00	25 Mn 54.94	26 Fe 55.85	27 Co 58.93	28 Ni 58.69	29 Cu 63.55	30 Zn 65.38	31 Ga 69.72	32 Ge 72.63	33 As 74.92	34 Se 78.97	35 Br 79.90	36 Kr 83.80
37 Rb 85.47	38 Sr 87.62	39 Y 88.91	40 Zr 91.22	41 Nb 92.91	42 Mo 95.95	43 Tc -	44 Ru 101.1	45 Rh 102.9	46 Pd 106.4	47 Ag 107.9	48 Cd 112.4	49 In 114.8	50 Sn 118.7	51 Sb 121.8	52 Te 127.6	53 I 126.9	54 Xe 131.3
55 Cs 132.9	56 Ba 137.3	57-71	72 Hf 178.5	73 Ta 180.9	74 W 183.8	75 Re 186.2	76 Os 190.2	77 Ir 192.2	78 Pt 195.1	79 Au 197.0	80 Hg 200.6	81 Tl 204.4	82 Pb 207.2	83 Bi 209.0	84 Po -	85 At -	86 Rn -
87 Fr -	88 Ra -	89-103	104 Rf -	105 Db -	106 Sg -	107 Bh -	108 Hs -	109 Mt -	110 Ds -	111 Rg -	112 Cn -	113 Nh -	114 Fl -	115 Mc -	116 Lv -	117 Ts -	118 Og -

57 La 138.9	58 Ce 140.1	59 Pr 140.9	60 Nd 144.2	61 Pm -	62 Sm 150.4	63 Eu 152.0	64 Gd 157.3	65 Tb 158.9	66 Dy 162.5	67 Ho 164.9	68 Er 167.3	69 Tm 168.9	70 Yb 173.0	71 Lu 175.0
89 Ac -	90 Th 232.0	91 Pa 231.0	92 U 238.0	93 Np -	94 Pu -	95 Am -	96 Cm -	97 Bk -	98 Cf -	99 Es -	100 Fm -	101 Md -	102 No -	103 Lr -

실험 2

미네랄 물 속의 플루오린 이온(fluoride)과 염소 이온(chloride) 정량

조지아는 뛰어난 미네랄 물로 유명하다. 이 중 상당수는 여러 가지 질환을 치료하는 데 사용된다. 제조사는 물 속의 이온 조성을 주의 깊게 조절해야 하는데, 플루오린 이온과 염소 이온은 가장 중요한 이온에 속한다.

플루오린 이온의 비색 분석

플루오린 이온의 비색 분석법은 지르코늄(IV)-알리자린 레드 S 착물 (zirconium(IV)-Alizarin Red S complex)의 색이 플루오린 이온에 의해 점점 열리는 것을 원리로 한다. 그 이유는 플루오린 이온에 의해 더 안정한 무색의 착물이 형성되기 때문이다. 평형은 시료를 첨가하고 20 분 정도 후에 이루어진다. 시료 속에 존재하는 플루오린 이온의 농도는 검정 용액들 (calibration solutions)과 시료가 나타내는 색깔을 육안으로 비교하여 결정한다.

미네랄 물 시료 9.0 cm³을 "X"로 표시한 플라스틱 시험관에 옮겨라.

9.0 mg/dm³ 농도의 표준 플루오린 용액을 사용하여 다양한 농도(0.0; 1.0; 2.0; 3.5; 5.0; 6.5; 8.0 mg/dm³)들의 검정 용액들을 준비해야 한다. 각 경우에 필요한 표준 플루오린 용액의 부피를 구하라. (단 각 검정 용액의 최종 부피는 9.0 cm³가 되게 하라.)

눈금 피펫 1.0 cm³과 10.0 cm³을 이용하여 위에서 계산한 양의 표준 플루오린 용액을 각 시험관에 옮겨라. 미네랄 물 시료 시험관을 포함한 각각의 시험관에 지르코닐 알리자린 (Zirconyl Alizarin) 지시약 1.0 cm³ 씩을 첨가한 후, 증류수를 더하면서 각 용액의 부피를 10.0 cm³ 표시에 이르도록 하라. (단, 시험관의 10.0 cm³ 표시는 옆 그림을 참고하라.)



2.1.1. 뭉히는데 사용된 표준 플루오린 용액의 부피를 기록하라.

위에서 준비된 각 시험관 속의 용액을 잘 섞이도록 한다. 시험관들을 시험관 거치대에 꽂고 최소 20 분 동안 놓아두어라.

2.1.2. 준비된 미네랄 물 시료와 검정 용액의 색을 위쪽과 옆쪽 방향에서 보면서 각각 비교하라. 물 시료 속에 포함된 플루오린 이온의 함량과 가장 가까운 표준 검정 용액의 농도를 골라 답안지에 표시하라.

유의 사항: 실험이 끝나면 실험 감독관은 시험관이 포함된 거치대의 사진을 찍을 것이다.

Mohr 방법에 의한 질산은 용액의 표준화

벌브 피펫(bulb pipette)을 이용하여 0.0500 mol/dm^3 NaCl 표준 용액 10.0 cm^3 을 삼각 플라스크(Erlenmeyer flask)로 옮겨라. 이 삼각 플라스크에 증류수 약 20 cm^3 과 10% K_2CrO_4 수용액 10 방울을 넣어라.

뷰렛 하나를 제공된 질산은 용액으로 채워라. 위 삼각 플라스크의 용액에 질산은 용액을 떨어뜨리면서 적정하라. 단, 위 삼각 플라스크의 용액과 질산은 용액은 침전을 형성하기 때문에 삼각 플라스크를 잘 흔들면서 적정 하여야 한다. 종말점 근처에서는 순수한 노란색 현탁액이 살짝 다른 색을 띠기 시작 하는데, 그 색이 사라지지 않고 유지되면 종말점이라고 생각하라. 종말점에서 뷰렛의 눈금을 기록하라. 필요하다면 실험을 반복해도 된다.

2.2.1. 적정에 소모된 질산은 용액의 부피를 답안지에 적어라.

2.2.2. AgNO_3 로 NaCl 을 적정할 때 적정 중간에 일어나는 반응과 종말점 확인 반응의 균형 화학반응식들을 각각 써라.

2.2.3. 측정 결과를 이용하여 AgNO_3 용액의 농도를 계산하라.

2.2.4. Mohr 적정법은 중성 용액에서 해야 한다. pH 가 낮은 경우와 pH 가 높은 경우에는 어떤 반응이 문제가 되는지 그 화학반응식들을 각각 적어라.

Volhard 방법에 의한 염소 농도 결정

벌브 피펫을 증류수로 세척하라. 삼각 플라스크에 남은 은 염(silver salt) 침전물을 제거하기 위해 실험 1 에서 사용하고 남은 암모니아 용액을 조금 사용하여 세척한 후 증류수로 씻어라. (만일 실험 1 에서 암모니아 용액을 모두 사용한 경우 암모니아 용액을 감점 없이 추가로 더 요청할 수 있다.)

벌브 피펫을 사용하여 미네랄 물 시료 10.0 cm^3 을 세척한 삼각플라스크에 옮겨라. 눈금실린더를 이용하여 2 mol/dm^3 질산 용액 5 cm^3 을 첨가 하라. 뷰렛에 들어 있는 질산은 용액 20.00 cm^3 을 정확히 첨가하여 생긴 현탁액을 잘 섞는다. 파스퇴르 피펫으로 약 2 cm^3 의 지시약(Fe^{3+} 용액)을 넣어라.

두번째 뷰렛을 표준 싸이오시안산 암모늄 용액(정확한 농도는 용기에 적혀 있음.)으로 채워라. 앞에서 준비한 현탁액을 이 용액으로 잘 흔들면서 적정 하라. 종말점에서는 한 방울을 떨어뜨린 후 나타나는 옅은 갈색이 잘 섞어도 사라지지 않고 유지된다. 종말점에서 뷰렛의 눈금을 기록하라. 필요하다면 실험을 반복해도 된다.

유의 사항: AgCl 침전의 Cl^- 이온이 SCN^- 이온으로 치환된다. 적정을 너무 천천히 하거나 중간에 끊김이 있으면 시간이 지나면서 갈색이 사라지게 되어 과량의 적정 시약이 첨가될 수

있다. 따라서 종말점 근처에서는 플라스크를 계속 잘 흔들면서 적정 시약을 천천히 일정한 속도로 첨가하여 현탁액이 흰색을 유지하도록 해야 한다. 옅은 갈색이 사라지지 않고 유지되면 종말점에 도달한 것이다.

2.3.1. 적정에 사용된 부피를 답안지에 기록하라.

2.3.2. NH_4SCN 을 이용한 역적정 반응과 종말점 확인 반응의 균형 화학반응식을 각각 써라.

2.3.3. 측정 결과를 이용하여 미네랄 물 시료 속 염소 이온의 농도(mg/dm^3)를 계산하라.

2.3.4. 시료 속에 염소 이온 외에 Br^- , I^- , F^- 이온 등이 존재한다면 어떤 이온(들)이 Volhard 적정법의 결과에 영향을 미칠까?

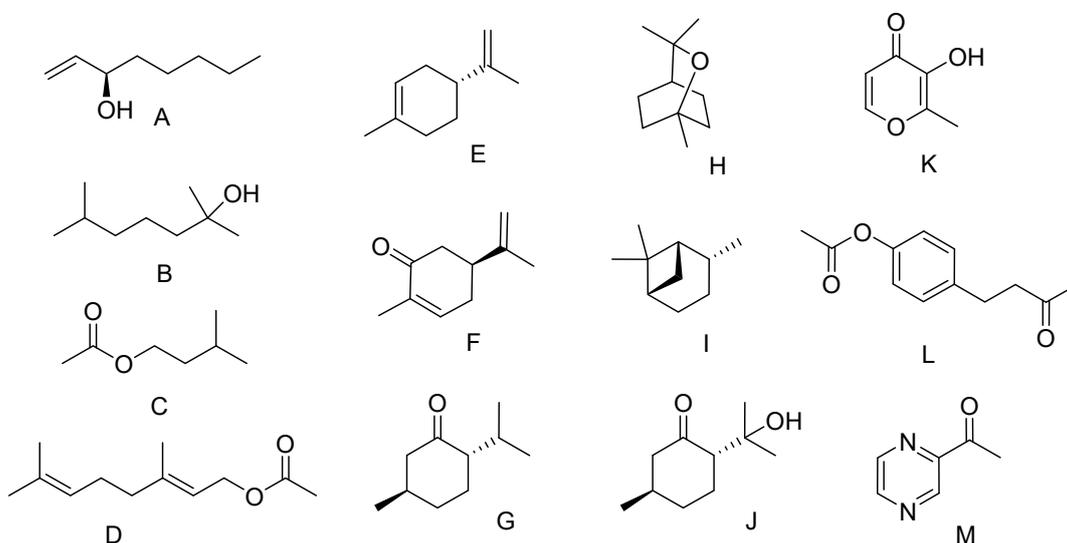
2.3.5. 다른 할로겐 이온이 있는 상태에서 Cl^- 농도를 결정하려고 어떤 분석자가 소량의 아이오딘산 포타슘(potassium iodate)과 황산을 시료에 첨가하고 끓였다. 그리고 나서, 아인산(H_3PO_3)과 시료를 함께 가열하여 남아 있는 아이오딘산 염을 아이오딘(iodine)으로 환원시켰다. 이 과정에서 어떤 방해 음이온들이 제거 되었나? 제거된 음이온들과 아이오딘산 이온 간의 화학반응식들을 각각 적어라.

실험 3

향신료와 향기 성분 알아 맞추기

조지아를 방문하는 여행객들에게 현지 요리를 맛보고 경험하는 일은 꼭 하고 싶어하는 일들 중의 하나이다. 질 좋은 고기와 신선한 야채들, 잘 익은 과일, 수제 잼들... 진정한 미식가들에게 그밖에 무엇이 더 필요할까? 당연히 독특한 향신료와 향기일 것이다!

공업적으로 많이 쓰이는 8 가지의 유기화합물 미지 시료가 제공된다. (1~8 번까지 번호가 표시되어 있음.) 시료들은 각각 순수한 화합물의 상태이다. 이들 미지 시료의 화학 구조들은 아래 A~M 들 중에서 찾을 수 있다.



주어진 유기화합물 미지 시료들은 모두 에터(ether)에 잘 녹지만, 묽은 NaOH 수용액과 HCl 수용액에는 녹지 않는다. 그리고 미지 시료 6 번은 물에 살짝 녹으며(3.5 g/dm^3) 나머지 미지 시료들은 물에 거의 녹지 않는다.

3.1. 1~8 번의 화합물들을 알아 맞추기 위해서 아래 테스트 반응들을 수행하라. 각 테스트에서 관찰한 것에 해당하는 결과들을 답안지에 나열된 로마 숫자 코드 리스트 중에서 한 개 또는 그 이상 골라 답안지에 기입하라. 표에 있는 빈 칸은 모두 채워라. 양성 반응인지 음성 반응인지를 표기하는 란에는 양성 반응을 +, 음성 반응을 -로 표시하라.

3.2. 위에서 수행한 테스트 결과들을 바탕으로 미지 시료들의 구조를 유추하여 답안지의 구조 코드(structure code)를 적는 란에 구조 코드(A~M 중에 하나)를 기입하라.

테스트 방법

KMnO₄ 테스트 (베이어 테스트: Baeyer test)

플라스틱 시험관에 95% 에탄올을 약 1 cm³ 넣고 미지 시료 1 방울을 첨가한다. 여기에 KMnO₄ 수용액 1 방울을 넣고 흔들어준다. 흔든 직후 과망가니즈산 음이온 시약 색깔이 금방 없어지면 양성 반응 (positive)으로 판단한다.

3.3. A~M의 화합물들 중 베이어 테스트에서 양성 반응을 보이는 것을 한 가지 골라 그 때 일어나는 반응의 화학 반응식을 적어라.

질산 세륨 테스트 (cerium(IV) nitrate test)

세륨(IV) 시약 2 방울을 유리 시험관에 넣고 아세토나이트릴(acetonitrile) 2 방울을 넣은 후, 미지 시료 2 방울을 넣는다.(이 때 넣는 순서가 아주 중요함!) 혼합물을 잘 흔들었을 때 노란색이던 용액이 오렌지 또는 붉은 색으로 변하면 양성 반응이다.

유의사항 1: 이 테스트를 할 때는 반드시 유리 시험관을 사용해야 한다. 유리 시험관을 씻어야 할 필요가 있을 때는 테스트 결과에 영향을 미치지 않는 용매로 씻어야 한다. 테스트가 끝나면 냄새를 막기 위해서 초록색 뚜껑으로 시험관을 막아 놓는다.

유의사항 2: 테스트 결과를 잘 판단하기 위해서 먼저 미지 시료가 없는 상태의 공-실험(blank test)과 에탄올을 시료로 사용한 참고 실험(reference test)을 수행하여 그 결과를 비교해 보는 것이 좋다.

유의사항 3: 세륨(IV) 이온은 알코올을 만나면 착물을 형성하면서 진한 색을 나타낸다. 단, 일차 알코올과 이차 알코올의 경우에는 시간이 경과함에 따라 (15 초에서 1 시간 사이) 반응이 더 일어나 색깔이 없어진다.

2,4-다이나이트로페닐하이드라진 (2,4-DNPH) 테스트 (2,4-dinitrophenylhydrazine (2,4-DNPH) test)

플라스틱 시험관에 95% 에탄올 1 cm³을 넣은 후 미지 시료 한 방울만 넣고 녹인다. 여기에 DNPH 시약 1 cm³를 첨가한다. 그 혼합물을 잘 흔들어 섞은 후 1~2 분간 놓아둔다. 이 때 노란색에서 오렌지-빨간색의 침전이 생기면 양성 반응이다.

3.4. A~M 화합물들 중에서 2,4-DNPH 에 양성반응을 보이는 경우를 한 가지 들어 그 때 일어나는 반응의 화학 반응식을 적어라.

Ferric hydroxamate 테스트

실험 조교에게 알코올 램프에 불을 붙여달라고 요청한다. 에탄올에 녹아 있는 0.5 mol/dm^3 하이드록실아민 하이드로클로라이드(hydroxylamine hydrochloride) 용액 1 cm^3 와 6 mol/dm^3 수산화 소듐 수용액 5 방울을 유리 시험관에 넣고 섞어 준다. 여기에 미지 시료 1 방울을 넣은 후 알코올 램프를 사용하여 끓어 넘치지 않게 살살 흔들며 주면서 끓을 때까지 가열한다.

이 용액을 살짝 식힌 후에 1 mol/dm^3 HCl 수용액 2 cm^3 을 넣어준다. 여기에 2.5% 염화 철(III) 용액 1 방울을 넣는다. 이 때 만약 자홍색(magenta)의 색깔이 나타나면 양성 반응이다. 테스트가 끝나면 알코올 램프의 뚜껑을 닫아 불을 끈다.

유의 사항 1: 이 테스트를 할 때는 반드시 유리 시험관을 사용한다; 시험관을 가열할 때는 시험관 집게를 사용한다. 유리 시험관을 씻어서 사용해야 할 필요가 있을 때에는 테스트 결과에 영향을 미치지 않는 용매로 씻도록 한다. 강한 냄새를 피하기 위해서는 뚜껑을 씌우도록 한다.

유의 사항 2: 철(III) 이온은 하이드록사믹 산(hydroxamic acid, R-CO-NHOH)과 색이 있는 1:1 착물을 형성한다.

3.5. A~M 화합물들 중에서 ferric hydroxamate 테스트에 양성 반응을 보이는 화합물 하나를 골라 이 테스트에서 일어나는 일련의 화학반응식을 적어라.

유의 사항: 실험 종료(STOP)가 지시가 있으면 미지 시료가 들어있던 주사기에 바늘을 다시 꽂은 후 주사기를 플라스틱 컵에 담고 실험대 위에 그대로 둔다.



제 48 회

국제 화학 올림피아드

실험 II 부 - 답안지

2016 년 7 월 26 일

트빌리시, 조지아

실험 2

총 점수의 14%

2.1.1	2.1.2	2.2.1	2.2.2	2.2.3	2.2.4	2.3.1	2.3.2	2.3.3	2.3.4	2.3.5	합계
2	15	30	2	2	2	30	2	4	2	4	95

2.1.1. 물하는데 사용한 플루오린 표준 용액의 부피를 기록하라.

F ⁻ 농도 (mg/dm ³)	0.0	1.0	2.0	3.5	5.0	6.5	8.0
필요한 F ⁻ 표준 용액 부피 (cm ³)							

2.1.2. 물 시료 속에 포함된 플루오린 이온의 함량과 가장 가까운 표준 검정 용액의 농도에 동그라미로 표시하라.

F ⁻ 농도 (mg/dm ³)	0.0	1.0	2.0	3.5	5.0	6.5	8.0
---	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

2.2.1. 적정에 사용된 부피를 기록하라.

적정 횟수	1	2				
초기 뷰렛 값, cm ³						
최종 뷰렛 값, cm ³						
사용된 부피, cm ³						

채택된 부피값, V_i: cm³

2.2.2. AgNO₃로 NaCl 을 적정할 때, 적정 중간에 일어나는 반응과 종말점 확인 반응의 균형 화학반응식들을 각각 적어라.

적정 중간에 일어나는 반응:

종말점 확인 반응:

2.2.3. 측정 결과를 이용하여 AgNO_3 용액의 농도를 계산하라.

과정:

농도 값(Ag^+):

2.2.4. Mohr 적정법은 중성 용액에서 해야 한다. pH가 낮은 경우와 pH가 높은 경우에는 어떤 반응이 문제가 되는지 그 화학반응식들을 각각 적어라.

낮은 pH:

높은 pH:

2.3.1. 답안지에 적정에 사용된 부피를 기록하라.

적정 횟수	1	2				
초기 뷰렛 값, cm^3						
최종 뷰렛 값, cm^3						
사용된 부피, cm^3						

채택된 부피값, $\frac{1}{2}$: cm^3

2.3.2. NH_4SCN 을 이용한 역적정 반응과 종말점 확인 반응의 균형 화학반응식을 각각 적어라.

적정 반응:

종말점 반응:

2.3.3. 측정 결과를 이용하여 미네랄 물 시료 속 염소 이온의 농도 (mg/dm^3) 를 계산하라.

과정:

농도(Cl^-): mg/dm^3

2.3.4. 시료 속에 염소 이온 외에 Br^- , I^- , F^- 이온 등이 존재한다면 어떤 이온(들)이 Volhard 적정법의 결과에 영향을 미칠까? 답이라고 생각하는 네모에 체크 표시하라.

Br^- I^- F^- none

2.3.5. 다른 할로겐 이온이 있는 상태에서 Cl^- 농도를 결정하려고 어떤 분석자가 소량의 아이오딘산 포타슘 (potassium iodate)과 황산을 시료에 첨가하고 끓였다. 그리고 나서, 아인산(H_3PO_3)와 시료를 함께 가열하여 남아 있는 아이오딘산 염을 아이오딘(iodine)으로 환원시켰다. 이 과정에서 어떤 방해 음이온들이 제거되었나?

Br^- I^- F^- none

제거되는 음이온과 아이오딘산 이온 간의 화학반응식들을 적어라.

추가 요청(Replacements):

품목(Item)	수량 (Quantity)	실험 조교 서명 (Lab assistant's signature)	학생 서명 (Student signature)

실험 3

총 점수의 13%

3.1.	3.2.	3.3.	3.4.	3.5.	합계
32	16	4	4	4	60

3.1. 아래 관찰결과의 로마 숫자 코드를 사용하여 테스트에서 관찰한 결과를 아래 표의 해당 란에 기입하라. 표의 모든 란을 채워야 한다. 양성 및 음성 반응의 결과는 + 또는 - 로 표시하라. 관찰 결과는 한 개 이상의 코드를 기입할 수 있다.

I – 보라색이 금방 사라짐

II – 보라색이 천천히 없어짐.

III – 노란색이 없어짐

IV – 갈색 또는 검은색 침전이 생김

V – 흰색 침전이 생김

VI – 노란색 또는 오렌지-빨간색 침전이 생김

VII – 오렌지 또는 빨간색으로 용액 색이 변함

VIII – 적자색(magenta)이 나타남

IX – 미지 시료가 에탄올에 녹지 않음

X – 특이한 변화가 없음

시료 번호.	1	2	3	4	5	6	7	8
베이어(Baeyer) 테스트 결과 (+/-)								
베이어(Baeyer) 테스트 관찰 코드 (I-X)								
질산 세륨(IV) 테스트 결과 (+/-)								
질산 세륨(IV) 테스트 관찰 코드 (I-X)								
2,4-DNPH 테스트 결과 (+/-)								
2,4-DNPH 테스트 관찰 코드 (I-X)								
Fe(III) 하이드록사메이트 테스트 결과 (+/-)								
Fe(III) 하이드록사메이트 테스트 관찰 코드 (I-X)								

- 3.2. 위에서 얻은 테스트 결과를 바탕으로 미지 시료의 구조들을 구조 코드 (A~M)로 기입하라.

미지 시료 번호	1	2	3	4	5	6	7	8
구조 코드(structure code)								

- 3.3. A~M의 화합물들 중 베이어 테스트에서 양성 반응을 보이는 것을 한 가지 골라 그 때 일어나는 반응의 화학반응식을 적어라.

- 3.4. A~M 화합물들 중에서 2,4-DNPH에 양성 반응을 보이는 경우를 한 가지 들어 이 때 일어나는 반응의 화학반응식을 적어라.

- 3.5. A~M 화합물들 중에서 ferric hydroxamate 테스트에 양성 반응을 보이는 화합물 하나를 골라 이 테스트에서 일어나는 일련의 화학반응식을 적어라.

추가 요청(Replacements):

품목(Item)	수량 (Quantity)	실험 조교 서명 (Lab assistant's signature)	학생 서명 (Student signature)