56TH IChO International Chemistry Olympiad Saudi Arabia 2024

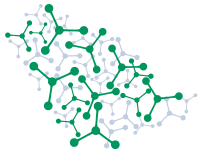
G0-1

Korean (Korea, Republic of)

일반 지시 사항

- 이 시험은 2개의 세션으로 나누어져 있으며, 각 세션마다 하나의 실험이 있다. 30분의 휴식 후 실험 장소로 복귀하시오.
- 실험 1은 1시간 45분, 실험 2는 3시간 15분이 주어진다. 두 실험 모두 이 페이지에 설명된 것과 동일한 일반 지시 사항을 따르시오.
- 각 실험 당 하나의 문제지와 하나의 답안지가 제공된다. 두 실험은 공통된 일반 지시 사항을 따른다. 선택된 언어로 번역된 각 문제지에는 질문을 포함한 실험과정이 적혀 있다. 답안지는 질문에 해당하는 답안 상자로 구성되어 있다. 답안지는 언어 종류와 무관한 기호와 공식만 사용된다.
- **START** 신호가 주어지면 실험을 시작할 수 있다.
- 처음 실험 시작 시, 실험대 위에는 실험 1을 위한 기구 및 시약이 놓여 있다. 선반 위의 있는 상자에 들어 있는 실험 2를 위한 기구 및 시약은 건드리면 안된다.
- 모든 물품들은 실험대의 표시된 구역에 보관해야 한다.
- 제공된 펜과 계산기만 사용하시오. 답안지에는 매직펜으로 쓰지 마시오. 매직펜은 오직 실험용품의 표지(라벨)에만 사용하시오. 답안을 연필로도 쓰지 마시오. 연필은 TLC 판 전용이다.
- 모든 결과와 답은 답안지의 해당 답안 상자에 펜으로 명확하게 기재해야 한다. **답안지**만 수집된다는 점을 명심하시오. 스테이플링된 답안지를 **분리하지 마시오**.
- 답안지 뒷면에는 답을 쓰지 마시오! 답안지의 인쇄된 면만 채점된다. 연습용 종이가 필요한 경우, 문제지의 뒷면을 이용하시오. QR 코드 내부나 그 근처에 아무것도 **그리지 마시오**.
- 객관식 문제의 경우, **답을 변경하려면** 표시된 체크박스을 완전히 채운 다음, 옆에 새로운 빈 체크박스를 만드시오.
- 공식 영문판 문제지는 요청하는 경우에만 제공된다.
- IChO 규정에 명시된 **안전 규칙을 따라야 한다**. 안전 규칙을 위반하면 실험실에서 퇴실 당하고 실험 시험이 무효화될 수 있다.
- 화장실을 가고 싶거나 도움이 필요한 경우, 또는 공식 영문 버전을 검토하고 싶으면 손을 드시오.
- 교체 또는 시약 리필이 필요한 경우, 실험실 감독관에게 문의하시오. 답안지의 표에 두 사람 모두 서명해야 한다. 첫 번째 사고(1개 항목)의 경우에는 벌점이 없다. 추가로 사고(시약 또는 기구 요청)가 발생할 때마다 실기 시험 40점에서 1점씩 감점된다.
- 감독관들은 STOP 신호 30분 전에 한 차례 공지를 할 것이다. **STOP** 신호가 울리면, 즉시 실험을 중지해야 한다. 하던 실험이나 답안 작성을 중단하지 않으면 실험 시험이 무효화될 수 있다.
- 감독관의 지시에 따라 **답안지만** 봉투에 넣으시오. 문제지는 가져가도 된다. 봉투를 밀봉하지 마시오. 감독관은 지퍼백에 담긴 TLC 판과 함께 봉투를 수거할 것이다.
- 실험실에서 문제지를 제외한 계산기 및 그 어떤 것도 가져갈 수 없다.

GOOD LUCK!



56TH IChO International Chemistry Olympiad Saudi Arabia 2024

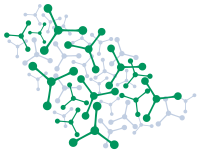
G0-2

Korean (Korea, Republic of)

주기율표

1																	18
1 H 1.008	2											13	14	15	16	17	2 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 -



G0-3

Korean (Korea, Republic of)

문제 및 채점 정보

	제목	문제지 쪽수	답안지 쪽수	총점	퍼센트
1	지시약	6	4	**107**	16
2	저울을 이용한 적정	11	11	**85**	24
				합계	**40**

안전 수칙

실험실에서 학생들은 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 사용하여라.
- 허가되지 않은 실험은 허용되지 않으며, 실험 과정을 임의로 바꾸는 것도 허용되지 않는다.
- 시약을 쏟았거나 기구를 깬 경우에는 조교에서 즉각 알려라. 어떤 사고라도 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;
- 앞쪽이 막힌 평평한 신발;
- 긴 소매가 있는 실험복;
- 얼굴에 맞는 보안경;
- 해당 시, 긴 머리와 수염은 묶어야 한다.

본 규칙을 준수하지 않는 학생은 실험실에 입장할 수 없으며, 실험 시험이 무효화되고 실험 시험에서 실격된다.

GHS 문구

이 실험 문제에서 사용된 물질과 관련된 GHS 유해성 및 예방조치 문구는 문제에 명시되어 있다. 이들 각각의 의미는 다음과 같다:

H-문구 물리적 유해성

H225: 고인화성 액체 및 증기

H272: 화재를 촉진할 수 있음: 산화제

H290: 금속을 부식시킬 수 있음

H-문구 건강 유해성

H301: 삼키면 유독함

H302: 삼키면 유해함

H311: 피부에 접촉하면 유독함

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

H336: 졸음 또는 현기증을 일으킬 수 있음

H351: 암 유발이 의심됨

H370: 장기에 손상을 일으킴

H372: 장시간 또는 반복적인 노출을 통해 장기 손상을 초래함

H-문구 환경 유해성

H400: 수중 생물에 매우 유독함

실험 1 지시약 (실험 시간 : 1 시간 45분)

기구 및 시약

항목	표지(라벨)	수량	위치
시험관대 (A1부터 E12까지 표시되어있음)		1	실험대
5 cm^3 시험관		40	시험관대
지시약 용액	학생 코드 + **A**, **B**, **C**, **D**	$4 \times 5\ cm^3$	소형 원심분리 튜브, 시험관대
아이소프로필(Isopropyl) 알코올 전개액 (산성화된 전개액 E_A, 중성 전개액 E_N, 염기가 첨가된 전개액 E_B)	E_A, E_N, E_B	$3 \times 10\ cm^3$	소형 원심분리 튜브, 시험관대
TLC용 모세관		5	소형 원심분리 튜브, 시험관대
3 cm^3 눈금 있는 플라스틱 피펫		15	실험대
1 cm^3 눈금 있는 플라스틱 피펫		5	시험관대
집게(핀셋)		1	시험관대
연필		1	시험관대
자		1	실험대
4×8 cm TLC 판 (극성 실리카)	지퍼백 겉면 학생 코드	4	학생 코드 표시된 지퍼백 안
TLC 챔버 용 250 cm^3 비커		3	실험대
약 10×10 cm 알루미늄 호일 조각 (TLC 챔버 덮개 용)		3	실험대
절단된 여과지 (TLC 챔버에 전개액을 넣은 후, 여과지를 비커의 벽면에 수직으로 기대어 넣어 챔버 내부를 전개액 증기로 포화시키기 위해 사용)		3	실험대
미지 용액	학생 코드 + $1-8$	$8 \times 30\ cm^3$	대형 원심분리 튜브
0.1 mol/dm^3 HCl 용액	HCl	30 cm^3	대형 원심분리 튜브

매직펜		1	실험대
증류수		1	세척병
큰 증류수 통	H_2O		실험대
보안경		1	실험대
계산기		1	실험대
펜		1	실험대
종이 타월		1 롤	실험대
TLC 관찰 용 UV 램프		실험실 당 2개	후드
일회용 고무 장갑			칠판 옆 탁자 위
사용한 TLC 모세관 수거함			후드

산-염기 지시약

산-염기 지시약은 양성자화된 상태와 탈양성자화된 상태에서 서로 다른 색을 나타내는 물질이다. 지시약의 양성자화 반응은 지시약마다 서로 다른 평형 상수를 가지므로 색이 변하는 pH도 서로 다르다. 이런 이유로, 주어진 pH의 용액에서 어떤 지시약은 '양성자화된 형태'로 존재하지만, 다른 지시약은 '탈양성자화된 형태'로 존재할 수 있다. 이번 실험에서는 4가지 지시약을 사용하여 실험을 수행할 것이다. 이들 중 하나의 지시약은 서로 다른 pH에서 두 번의 뚜렷한 색 변화를 갖는다.

이번 실험에서는 4가지 지시약의 색이 변하는 pH 순서를 결정하고, 결정된 pH 순서를 이용하여 8가지 화합물 용액을 찾아내는 것을 목표로 한다. 우선 지시약을 사용한 TLC 실험을 먼저 수행한다.

TLC 실험

대문자 **A**~**D**로 표시된 4개의 원심분리 튜브에는 4가지 지시약이 각 하나씩 용해된 메탄올 용액이 들어 있다. 4가지 지시약을 사용하여 **극성 실리카겔** 고정상에서 TLC 실험을 수행한다. TLC 판을 다룰 때는 반드시 핀셋을 이용한다.

- 3개의 각 TLC 판에, 자와 연필을 이용하여 출발선과 각 지시약 용액을 스팟팅할 점을 표시한다.
- TLC 용 모세관을 이용해 각 지시약 용액을 TLC 판 내 각 점에 찍는다. 이 때 모세관이 깨지지 않도록 주의하고, 사용한 TLC 용 모세관은 TLC 판을 전개하는 동안 후드 내 별도의 수거함에 버리도록 한다.
- TLC 판에 용액이 찍힌 부분이 마르고, 용매가 모두 증발했는지 확인한다 (최소 2분 동안 용액이 찍힌 TLC 판을 그대로 둔다).
- TLC 챔버 용 비커 각각에 이소프로필 알코올 전개액 (E_A – 산성, E_N– 중성, E_B – 염기성)을 채우고, 각 전개액마다 TLC 판을 넣은 후 **알루미늄 호일을 이용하여 비커를 (단단히) 밀봉한다**.
- TLC 전개 중 및 전개가 끝나고 TLC 판이 건조된 후, 스팟의 색깔을 관찰한다.
- TLC 전개는 **최소 20분은 진행**해야하며, TLC 전개를 하면서 **다른 실험을 수행해야한다**.
- 보이지 않는 스팟은 후드에 있는 UV 램프를 이용하여 확인하고 해당 스팟을 연필로 표시한다.
- 학생 코드가 표기된 지퍼백에 필요한 정보가 모두 표시된 TLC 판들을 넣으시오. TLC판은 이후 채점된다 (12점).

필요하다면 1개의 새로운 TLC 판을 벌점없이 요구할 수 있다.

1.1	서로 다른 4개의 지시약에 대해 전개된 TLC 판 내에 스팟들이 선명히 구분되고, 분리가 가장 잘된 전개액을 **식별하시오**. 답안지 내 해당 전개액 코드에 **체크 표시하시오**.	2 pt

이러한 지시약의 대부분은 용액에서 음이온 형태를 형성한다. 그런데 TLC 판에 관찰된 지시약중 오직 하나의 지시약 형태가 전하를 갖지 않는 중성 분자이다. 즉, 다른 3개의 지시약은 사용된 모든 전개액에서 중성 형태를 갖지 않는다. 또한, 여러 산성 작용기를 갖는 어떤 지시약은 2가 음이온(dianion) 형태를 형성한다.

1.2.	관찰 내용을 바탕으로, 중성 분자 형태가 포함된 스팟들을 **식별하시오**. 먼저 중성인 형태를 갖는 지시약을 **선택하고**, 해당 지시약이 중성 분자 형태로 존재하는 전개액(들)을 모두 **체크 표시하시오**.	5 pt

1.3. 관찰 내용을 바탕으로, 각 지시약 분자의 2가 음이온(dianion) 형태가 포함된 스팟(들)을 **식별하시오**. 4 pt

식별 실험

대문자 **A**–**D**로 표시된 4개의 원심분리 튜브에는 서로 다른 4가지 지시약이 용해된 메탄올 용액이 들어 있다. 각 지시약별로 1개의 플라스틱 피펫을 사용한다. 지시약 용액의 농도는 지시약 용액 한 방울이 수 cm^3의 용액을 변색시킬 수 있을 만큼 충분히 진하다.

1–**8**의 번호가 매겨진 8개의 큰 원심분리 튜브가 있다. 각 튜브에는 다음 8가지 화합물 중 1개의 수용액이 $0.1\,\mathrm{mol/dm}^3$의 농도로 들어 있다. 이 미지 용액(**1**–**8**)을 식별하는 실험을 수행한다.

식별 실험을 위해 미지 용액 뿐만 아니라, 지시약 용액 **A**–**D**, 염산($0.1\,\mathrm{mol/dm}^3$), 증류수를 사용할 수 있다.

H_3BO_3	$(COOH)_2$	H_3PO_4	CH_3CH_2COOH
NaH_2PO_4	NaOH	CH_3CH_2COONa	Na_3PO_4

힌트: 시험관대에는 위치(A1–E12)가 표시되어 있다.

산 해리 상수(Dissociation data)

H_3BO_3 : $pK_a = 9.15$

H_3PO_4 : $pK_{a1} = 2.15,\ pK_{a2} = 7.20,\ pK_{a3} = 12.35$

CH_3CH_2COOH : $pK_a = 4.87$

$(COOH)_2$: pK_{a1}=1.27, $pK_{a2} = 4.28$

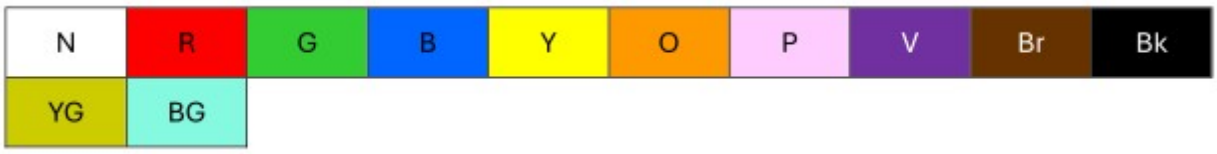
1.4. 답안지의 표에 각 화합물이 담긴 원심분리 튜브의 번호를 **적으시오**. 만일 2개 이상의 용액을 구분할 수 없다면, 부분 점수를 얻기 위해 가능한 튜브 번호를 모두 **쓰시오**. 52 pt

다음 3개의 질문에 대해서는 특정 화합물 쌍을 구분하기 위해 사용한 실험 내용과 관찰 결과를 작성해야 한다.

다음과 같은 방식으로 실험 내용을 작성하시오: $1\,\mathrm{cm}^3$ HCl + $1\,\mathrm{cm}^3$ H_2O

다음의 독립적인 색상 코드(color code)를 사용하시오:

N: 무색(colorless), **R**: 빨간색(red), **G**: 녹색(green), **B**: 파란색(blue), **Y**: 노란색(yellow), **O**: 주황색(organge), **P**: 분홍색(pink), **V**: 보라색(violet), **Br**: 갈색(brown), **Bk**: 검은색(black), **YG**: 황록색(yellowish green), **BG**: 청록색(bluish green) 등



1.5 $(COOH)_2$ – H_3PO_4를 서로 구분하기 위해 필요한 실험과 관찰 결과를 답안지에 **쓰시오**. 4 pt
"EXP" 칸에 실험 내용을 **작성하고**, "**ABCD**" 칸에 지시약 코드를 **쓰고**, "COLOR" 칸에 관찰한 색상 코드를 **쓰시오**.
두 용액의 관찰 내용을 모두 작성했는지 반드시 확인하시오.

1.6 NaOH – Na_3PO_4를 서로 구분하기 위해 필요한 실험과 관찰 결과를 답안지에 **쓰시오**. 4 pt
"EXP" 칸에 실험 내용을 **작성하고**, "**ABCD**" 칸에 지시약 코드를 **쓰고**, "COLOR" 칸에 관찰한 색상 코드를 **쓰시오**.
두 용액의 관찰 내용을 모두 작성했는지 반드시 확인하시오.

1.7 CH_3CH_2COOH – CH_3CH_2COONa를 서로 구분하기 위해 필요한 실험과 관찰 내용을 답안지에 **쓰시오**. 4 pt
"EXP" 칸에 실험 내용을 **작성하고**, "**ABCD**" 칸에 지시약 코드를 **쓰고**, "COLOR" 칸에 관찰한 색상 코드를 **쓰시오**.
두 용액의 관찰 내용을 모두 작성했는지 반드시 확인하시오.

1.8 서로 다른 두 pH에서 뚜렷하게 색이 변하는 지시약의 문자 코드를 **선택하고**, 색상 코드를 사용하여 두 pH 사이에서 나타나는 색을 **쓰시오**. 4 pt

1.9 pH ≈ 1.5와 pH ≈ 13 에서의 4가지 지시약의 색을 색상 코드로 **쓰시오**. 8 pt

1.10 지시약의 색이 변하는 pH 순서대로 지시약의 문자 코드를 **쓰시오**. 가장 산성인 조건에서 색이 변하는 지시약부터 시작하여 순서대로 쓰시오. 8 pt
"세 가지 색"을 가지는 지시약의 문자 코드는 두 번 나타난다는 사실에 주의하라.

화학 물질에 대한 GHS 유해성 코드

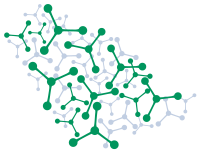
화학 물질	유해성 코드
지시약 용액	H225, H301, H302, H311, H319, H331, H370
전개액	H225, H302, H315, H319, H336
미지 용액	H314, H318, H319
0.1 mol/dm^3 HCl 용액	H290

실험 2 저울을 이용한 적정 (실험 시간 : 3시간 15분)

기구 및 시약

항목	표지(라벨)	수량	위치
실험 2 물품이 포함된 상자		1	실험대 위, 선반에서 내려 놓으시오
전자 저울 (정확도 0.01 g)		1	상자 안
삼각 플라스크 (250 cm^3)		3	상자 안
플라스틱 컵 (250 cm^3)		24	상자 안
눈금 있는 플라스틱 피펫 (스포이드) (3 cm^3)		15	상자 안
플라스틱 시약 주걱		3	상자 안
1% 녹말 용액	Starch	7 cm^3	작은 바이알, 상자 안
1% $CuSO_4$ 용액	$CuSO_4$	7 cm^3	작은 바이알, 상자 안
고체 $Na_2S_2O_3 \cdot 5\,H_2O$	$Na_2S_2O_3 \cdot 5\,H_2O$	6 g	작은 바이알, 상자 안
고체 KI	KI	10 g	작은 바이알, 상자 안
CH_2Cl_2	CH_2Cl_2	30 cm^3	원심분리 튜브, 상자 안
~1% KI 용액	KI, 학생 코드	50 cm^3	원심분리 튜브, 상자 안
~1% $KMnO_4$ 용액	$KMnO_4$, 학생 코드	100 cm^3	진한 갈색 병, 상자 안
~0.6% HCOONa 용액	HCOONa, 학생 코드	80 cm^3	플라스틱 병, 상자 안
1 mol dm^{-3} H_2SO_4 용액	H_2SO_4	80 cm^3	플라스틱 병, 상자 안
20% HCl 용액	HCl	180 cm^3	플라스틱 병, 상자 안
5% NaOH 용액	NaOH	50 cm^3	플라스틱 병, 상자 안
포화 $BaCl_2$ 용액	$BaCl_2$	50 cm^3	플라스틱 병, 상자 안

계산기		1	실험대 위
펜		1	실험대 위
매직펜		1	실험대 위
증류수		1	세척병
보안경		1	실험대 위
종이 타월		1 롤	실험대 위
파트 A, C, D 시약 폐기통 (유기물 안됨)	Waste (A, C, D)		후드 안
파트 B 시약 폐기통 (유기물)	Waste (B)		후드 안
1회용 고무 장갑			칠판 옆 탁자 위
큰 증류수 통	H_2O		실험대 위



Q2-3

Korean (Korea, Republic of)

망가니즈는 다양한 화학적 특성을 가지며 전통 분석화학에서 널리 사용된다. 가장 흔히 사용되는 망가니즈 화합물인 과망가니즈산 포타슘(potassium permanganate)은 강산화제로 pH 따라 반응성이 달라진다. 이 실험에서는 다양한 용액 조건(media)에서 과망가니즈산염(permanganate)과 아이오딘화 이온(iodide ions)의 반응에 대해 관찰할 것이다.

일반 실험 과정

정확한 부피 측정 기구(예: 뷰렛, 피펫, 부피 플라스크) 대신 저울을 사용하여 반응물과 적정 용액의 질량을 정확히 측정한다.

- 일회용 플라스틱 컵을 실험 용기로 사용한다(파트 B 제외). 용기를 조심히 돌려주며 반응물을 섞어준다.
- 용액을 옮길 때는 눈금 있는 일회용 플라스틱 스포이드를 사용한다. 부피를 측정할 때도 눈금 있는 스포이드를 사용한다.
- 주기적으로 아무 것도 올리지 않은 상태에서 저울의 영점 조정한다 (TARE 버튼 누름). 사용 전 각 용기의 질량을 측정하고 기록한다. 영점 조정 이외의 경우는 TARE 버튼을 누르지 않는다.
- 저울에 물건을 장시간 올려놓지 않는다. 센서가 손상될 수 있으므로 저울은 과부하 (총 500g 이상)로 사용하지 않는다. 모든 반응 용기는 이 질량 한계 내에 있다.
- 측정한 질량은 답안지의 적절한 칸에 모두 기록한다.
- 용기에 반응물을 넣고, 질량을 측정하여 기록한다. 저울에서 용기를 제거한다.
- 적정할 때, 적정 용액과 적정액을 담은 용기 및 사용한 피펫의 총 질량을 측정한다. 적정 전에 이 질량을 기록하고, 이 후 종말점에 도달했을 때 다시 질량을 기록한다.
- 저울 위에서 적정을 절대 직접 진행하지 말라. 천천히 방울을 첨가할 때, 저울은 자동으로 보정하는 기능이 있어, 저울 위에서 적정하면 결과가 부정확할 수 있다.
- 반응이 완료될 때까지 시약을 계속 첨가한다. 종말점에서 적정용액, 용기, 사용한 피펫의 총 질량을 기록한다. 사용한 적정 용액의 무게를 계산한다.
- 이 실험은 일반적인 적정 실험과 주의할 사항이 다르다. 먼저 용기 바깥 쪽이 젖지 않도록 주의해야 한다. 질량을 측정할 반응 플라스크에 어떤 물질을 첨가할 때나 용기에서 시약을 옮길 때는 매우 조심해야 한다.
- 필요한 경우 실험을 반복한다. 이 실험의 경우 재현성이 부피 적정만큼 높지는 않지만 비슷하다. 개별 결과와 계산에 사용할 결과를 기록한다.
- 저울이 저부하 상태가 되면 (|_____|로 표시됨) ON/OFF 버튼을 길게 눌러 저울을 끈다.
- 3분 동안 아무런 동작이 없으면 저울은 자동으로 꺼진다.
- 장갑을 착용한 상태에서 질량을 측정하는 경우 정전기 영향을 피하기 위해 손은 저울 접시에서 떨어져 있어야 한다.
- 저울이 이상하게 작동하거나 문자가 표시되는 경우 실험실 감독에게 도움을 요청한다.

계산 시 다음 몰 질량을 사용한다.

$Na_2S_2O_3 \cdot 5\,H_2O$	$Na_2S_2O_3$	$KMnO_4$	KI
$248.18\ g\ mol^{-1}$	$158.11\ g\ mol^{-1}$	$158.03\ g\ mol^{-1}$	$166.00\ g\ mol^{-1}$

파트 A. 묽은 산 용액에서 과망가니즈산염 용액의 정확한 농도 결정

과망가니즈산염은 반응이 빠르고 정량적이기 때문에 산성 용액 (예 : 묽은 황산) 에서 주로 사용한다. 이 실험에서는 과망가니즈산 포타슘 용액 ($KMnO_4$, 약 1% 질량 분율)이 사용된다.

고체 상태의 $Na_2S_2O_3 \cdot 5\,H_2O$ ($M = 248.18\ g\ mol^{-1}$) 약 2.5 g 을 플라스틱 컵에서 물에 녹여 약 50 g 의 용액을 제조한다.

A.1 티오황산 소듐 용액 제조에 사용한 고체의 정확한 질량을 답안지에 **기록한다.** 0.0 pt

A.2 준비한 용액에서 $Na_2S_2O_3$($M = 158.11\ g\ mol^{-1}$) 의 질량 분율(w_1)을 **계산하시오.** 2.0 pt

- 플라스틱 컵에 약 5 g의 과망가니즈산염 용액을 첨가하고 정확한 무게를 기록한다.
- $1\ mol\ dm^{-3}$ H_2SO_4 $10\ cm^3$와 **고체** KI 2 g 을 첨가한다.
- 생성된 아이오딘을 티오황산염 용액으로 즉시 적정한다.
- 종말점이 가까워지면 녹말 용액 10 방울을 첨가한다.
- 필요한 경우 적정을 반복한다.

A.3 질문 A.4에서 결과를 작성하는데 필요한 모든 측정 결과(저울로 측정한 질량)를 답안지에 **기록한다.** 0.0 pt

A.4 답안지의 표에 적정 결과 질량을 **기록한다.** 각 적정 별로 한 컬럼을 **작성한다.** $KMnO_4$용액 질량 ($m(KMnO_4)$), $Na_2S_2O_3$ 용액 질량 ($m(Na_2S_2O_3)$)을 **제시하고,** 과망가니즈산염 용액 5.00 g의 적정에 필요한 $Na_2S_2O_3$ 용액의 질량 ($m_{5.00\,g}(Na_2S_2O_3)$)을 **계산하시오.** 1.0 pt

A.5 5.00 g의 과망가니즈산염 용액을 적정하는데 필요한 티오황산염 용액의 질량을 채택하여 최종 질량 (m_1)을 **보고하시오.** 15.0 pt

A.6	적정과 관련된 균형 이온 반응식을 **쓰시오.**	4.0 pt

A.7	과망가니즈산염 용액에서 $KMnO_4$ ($M = 158.03$ g mol^{-1})의 질량 분율(w_2)을 **계산하시오.**	3.0 pt

파트 B 진한 염산 용액에서 아이오딘화 이온과 과망가니즈산염의 반응

진한 염산 (>15%) 용액에서, 과망가니즈산염은 파트 A에서와 같은 환원 생성물이 되지만, 아이오딘화 이온은 다른 생성물 형태로 산화된다.

- 삼각 플라스크를 사용한다. 10 g의 KI 용액 (질량 분율은 약 1%)을 플라스크에 넣고 정확한 용액의 질량을 기록한다.
- 20% HCl 용액 30 g과 CH_2Cl_2 5 cm^3 를 첨가한다.
- 즉시 과망가니즈산염 용액으로 적정을 시작한다. 용액을 잘 저어주면서 천천히 적정한다. 적정 혼합물이 아닌 적정용액이 담긴 병의 질량을 지속적으로 확인해야 한다. .
- 적정의 종말점은 유기층(orgnaic phase)에서 색이 완전히 사라질 때이다.
- 종말점에 가까워지면, 두 층 사이에서 분배 평형이 이루어질 수 있도록 충분히 기다려야 한다.
- 필요한 경우 적정을 반복한다.
- 플라스크를 재사용하는 경우 내용물을 후드 안 “Waste B” 통에 버린다. 싱크대에서 세척하고 종이 타월로 외부를 잘 말린다.

B.1	질문 B.2에서 결과를 작성하는데 필요한 모든 측정 결과(저울로 측정한 질량)를 답안지에 **기록한다.**	0.0 pt

B.2	답안지의 표에 적정 결과 질량을 **기록한다.** 각 적정 별로 한 컬럼을 **작성한다.** KI 용액 질량 (m(KI)), $KMnO_4$ 용액 질량 (m($KMnO_4$)) 을 **제시하고**, 10.00 g의 KI 용액 적정에 필요한 $KMnO_4$용액의 질량 ($m_{10.00\,g}$($KMnO_4$))을 **계산하시오**.	1.0 pt

B.3	10.00 g의 KI 용액을 적정하는데 필요한 과망가니즈산염 용액의 질량을 채택하여 최종 질량 (m_2)을 **보고하시오.**	15.0 pt

B.4	답안지에 적정 종말점 이전의 유기층의 색깔과 이 색을 유발하는 화학종을 **선택하시오.** a) 보라색 MnO_4^- b) 보라색 I_2 c) 갈색 MnO_4^- d) 갈색 I_2	2.0 pt

B.5	적정 종말점 이후에 과량의 과망가니즈산염의 색이 나타나지 않는 이유를 답안지에서 **선택하시오.** a) 과망가니즈산염 이온은 매우 강한 산성 용액에서 불균등화 반응으로(disproportionate) 갈색이 된다. b) 과망가니즈산염 이온은 염소 이온과 반응한다. c) 과망가니즈산염은 디클로메테인(dichloromethane)과 반응한다. d) 과망가니즈산염의 색은 수용액에서만 보인다.	2.0 pt

B.6	아이오딘화 이온 용액(1%)을 이용한 적정 반응에서 과망가니즈산염과 아이오딘 이온의 화학양론적 비, $\frac{n(MnO_4^-)}{n(I^-)}$ 를 **계산하시오**. 계산과정도 **제시하시오.**	2.0 pt

B.7	주생성물의 아이오딘의 산화 상태를 정수로 **쓰시오.** 계산 과정도 **제시하시오.**	2.0 pt

참고: 예상되는 정수 값이 나온 결과에 대해서 반드시 가장 높은 점수가 주어지는 것은 아니다.

B.8	이 생성물을 얻는 반응은 정량적이라고 가정한다. KI ($M = 166.00\,\text{g mol}^{-1}$)의 정확한 질량 분율($w_3$) 를 **계산하시오**. 계산 과정도 **제시하시오.**	3.0 pt

파트 C 강염기성 용액에서의 과망가니즈산염의 반응

과망가니즈산염은 강염기성 용액에서도 강한 산화제 역할을 하며, 환원 생성물로는 녹색의 망가니즈산 이온 (MnO_4^{2-})이 형성된다. 다음 단계별 절차를 **잘 따르시오**.

- 5 g의 $KMnO_4$ 용액을 플라스틱 컵에 첨가하고 정확한 질량을 기록한다.
- 포화 $BaCl_2$ 용액 5 cm^3 을 첨가한다.
- 적정 반응을 촉진하기 위해 1% $CuSO_4$ 용액 10방울 첨가한다.
- 5% NaOH 용액 2.5 cm^3를 첨가한다.
- 즉시 HCOONa 용액을 이용하여 적정을 시작한다. 적정 용액은 항상 한 방울씩 첨가한다.
- 적정 용액을 천천히 첨가하면 원하는 청흑색(bluish-black) 망가니즈산 바륨 (barium manganate) 침전물이 적정 초기에 나타난다. 종말점까지 적정 용액을 계속해서 한 방울씩 첨가한다.
- 어두운 침전물 때문에 용액의 색을 관찰하기 어려울 수 있지만, 흰색 바탕에서는 반응하지 않은 과망가니즈산염의 존재를 명확하게 관찰할 수 있다.
- 필요한 경우 적정을 반복한다.

C.1	질문 C.2에서 결과를 작성하는데 필요한 모든 측정 결과(저울로 측정한 질량)를 답안지에 **기록한다.**	0.0 pt

C.2	답안지의 표에 적정 결과 질량을 **기록한다.** 각 적정 별로 한 컬럼을 **작성한다.** $KMnO_4$의 질량($m(KMnO_4)$), HCOONa 용액의 질량 ($m(HCOONa)$)을 **제시하고**, 5.00 g의 과망가니즘산염 용액을 적정하는데 필요한 HCOONa 용액의 질량($m_{5.00\,g}(HCOONa)$)을 **계산하시오**.	1.0 pt

C.3	5.00 g의 과망가니즈산염 용액을 적정하는데 필요한 포름산염(formate) 용액의 질량을 채택하여 최종 질량 (m_3)을 **제시하시오.**	10.0 pt

C.4	강염기성 용액 내에 염화 바륨이 존재하는 상태에서 포름산 이온이 과망가니즈산 이온에 의해 산화되는 반응의 균형 이온 반응식을 **쓰시오.** 각 생성물 및 반응물의 물리적 상태 (s = 고체, g = 기체, aq = 수용액, l = 액체)도 **나타내시오.**	2.0 pt

파트 D 강염기성 용액에서 아이오딘화 이온과 과망가니즈산 이온의 반응

이 조건에서는 아이오딘화 이온이 파트 A와 B에서와는 다른 산화 생성물을 형성한다.

주어진 KI 용액을 이용하여 5배 희석된 용액을 준비한다. 약 40 g의 희석 용액을 만든다.

D.1	희석된 KI 용액을 만드는데 사용한 정확한 질량을 **기록한다.**	0.0 pt

D.2	준비한 희석 용액에서 KI의 질량 분율 (w_4) 을 **계산하시오.**	1.0 pt

단계별 절차를 잘 **따르시오.**

- 플라스틱 컵에 5% NaOH 용액 $1\ cm^3$ 를 첨가한다.
- **희석한** KI 용액 3 g 을 첨가하고 정확한 질량을 기록하라.
- $KMnO_4$ 용액 10 g을 첨가하고 정확한 질량을 기록한다.
- 적정 반응을 촉진하기 위해 1% $CuSO_4$ 용액 10방울을 첨가한다.
- 추가로 포화 $BaCl_2$용액 $5\ cm^3$ 를 첨가한다.
- 청흑색(bluish-black)의 망가니즈산 바륨 침전물이 생성되기 때문에 혼합물의 색은 더 어두워질 것이다.
- 즉시 HCOONa 용액을 이용하여 적정을 시작한다. 적정용액은 항상 한 방울씩 첨가한다.
- 어두운 침전물 때문에 용액의 색을 관찰하기 어려울 수 있지만, 흰색 바탕에서는 반응하지 않은 과망가니즈산염의 존재를 명확하게 관찰할 수 있다.
- 필요한 경우 적정을 반복한다.

D.3	질문 D.4에서 결과를 작성하는데 필요한 모든 측정 결과(저울로 측정한 질량)를 답안지에 **기록한다.**	0.0 pt

D.4	답안지의 표에 적정 결과 질량을 **기록한다.** 각 적정 별로 한 컬럼을 **작성한다.** KI 용액의 질량 (m(KI)), $KMnO_4$ 용액의 질량 ($m(KMnO_4)$) HCOONa 용액의 질량 (m(HCOONa))을 **제시하시오**,	1.0 pt

D.5	각 적정에 대해 10.00 g의 KI 희석 용액과 반응한 $KMnO_4$ 용액의 질량 ($m_{10.00\,g}(KMnO_4)$) 을 **계산하시오.** 채택한 최종 질량(m_4)을 **제시하시오**.	14.0 pt

D.6	강염기성 용액에서 과망가니즈산 이온과 아이오딘화 이온의 화학양론적 비, $\frac{n(MnO_4^-)}{n(I^-)}$ 를 **계산하시오**. 계산과정도 **제시하시오.**	2.0 pt

참고: 예상되는 정수 값이 나온 결과에 대해서 반드시 가장 높은 점수가 주어지는 것은 아니다.

D.7	생성물 내 아이오딘의 산화 상태를 정수로 **쓰시오.**	2.0 pt

시약의 GHS 유해성 코드

시약	유해성 코드
1% 녹말 용액	무해함
1% $CuSO_4$ 용액	H319, H412
고체 $Na_2S_2O_3 \cdot 5\,H_2O$	H315, H319, H335
고체 KI	H372
CH_2Cl_2	H351
~1% KI 용액	H372
~1% $KMnO_4$ 용액	H272, H302, H400
~0.6% HCOONa 용액	무해함
1 mol dm^{-3} H_2SO_4 용액	H290, H314, H315, H318, H319
20% HCl 용액	H290, H314, H335
5% NaOH 용액	H290, H314, H315
포화 $BaCl_2$ 용액	H301, H332, H319