도전을 즐기고, 스마트하길!

(Face Your Challenge, Be smart)

실험 시험

2013 년 7 월 18 일

러시아, 모스크바

지시 사항

- **안전 규칙**은 실험 문제지에 주어진 것을 따르며, 실험실에서 먹거나 마시지 않는다.
- **안전 규칙을 위반하면** 한 번만 경고하며, 다시 위반하면 탈락한다.
- 실험은 3 문제이며, 표지와 주기율표를 포함하여 **문제지와 답안지**는 총 35 쪽이다. 문제 1 부터 시작하라.
- **시험** 시간은 5 시간이며, 시작 전 15 분 동안 읽기 시간이 있고, 끝나기 30 분 전에 시간을 알려준다.
- **매 쪽마다 학생 번호**를 써라.
- **답안은 문제지의 답안 상자 안에만** 써라**.** 그 밖에 쓴 내용은 채점 대상이 아니다. 관계 있는 계산은 반드시 적어라.
- **주어진 펜, 연필, 계산기만을 사용하라.**
- **뷰렛**은 가능한 한 정확하게 읽어라.
- **시약이 더 필요한가?** 실험 조교에게 요청하라. 다음의 경우에만 감점하고, 나머지는 감점하지 않는다.
- **알데히드, 2,4-dinitrophenylhydrazine, 50 mL의 HCl, EDTA 적정액, 고분자 용액:** 추가 시약 요청마다 총 40 점 중 1 점씩 감점
- **주의하라! 점도계를 깨면 절대 다시 제공되지 않는다!**
- 안전, 장치, 시약, 개수대 고장에 대한 **질문은 실험 조교에게 문의하라.**
- **화학 폐기물**은 “WASTE”라고 적힌 800 mL 지정 비커에만 버려라.
- 실험 번역이 불분명한 경우, **실험 시험의 공식 영문판**을 실험 조교에게 요청하라.
- **종료(stop)를 알리는 지시가 나오면,** 답안지와 모눈 종이를 봉투에 담고(봉하지 말라) 테이블에 놓아라.
- **종료 지시가 나오면 즉시 실험을 멈춰야 한다. 5 분을 연장하면, 수행 중이던 실험은 0 점 처리된다.**
- **실험 시험 중 몇 가지 유리와 플라스틱 기구는 여러 번 사용할 수 있다. 깨끗하게 씻어서 사용하라.**

화학 물질 목록

시약(Reagent)	양(Quantity)	담긴 곳	표시 사항	안전
문제 1				
2,4-Dinitrophenylhydrazine	각 200 mg, 2 vials	small screw neck vial (작은 바이얼)	2,4-dinitrophenylhydrazine	H228, H302
Sulfuric acid, concentrated (진한 황산)	각 1 mL , 2 tubes	Plastic tube with screw neck (플라스틱 튜브)	H_2SO_4 concentrated	H314
Aldehyde solution 1 mmol in ethanol (1 mmol 알데히드를 에탄올에 녹인 용액)	각 4 mL, 2 bottles	30 mL small glass-stoppered bottle (30 mL 작은 유리 마개 병)	Aldehyde 1 and Aldehyde 2	H319 and H302
Ethanol (에탄올)	30 mL	glass-stoppered bottle (유리 마개 병)	Ethanol	H225
NaOH solution (used in problems 1 and 2) (NaOH 수용액 (문제 1 과 문제 2 에 사용함))	27 mL	60 mL glass-stoppered bottle (60 mL 유리 마개 병)	NaOH 2M	H314
Acetone (아세톤)	30 mL	amber glass screw neck vial (갈색 유리 바이얼)	Acetone	H225, H319, H336
문제 2				
EDTA, 0.0443M* standard solution (EDTA, 0.0443M* 표준 용액)	70 mL	125 mL glass-stoppered bottle (125 mL 유리 마개 병)	EDTA 0.05M	H319
HCl, 0.0535M* standard solution (HCl, 0.0535M* 표준 용액)	70 mL	125 mL glass-stoppered bottle (125 mL 유리 마개 병)	HCl	H314, H335
Methyl orange, 0.1% in water (메틸 오렌지, 0.1 % 수용액)	25 mL	dropping bottle (지시약 병)	Methyl orange	H301
Murexide indicator, solid mix with NaCl (1:250 by mass) (Murexide 지시약, NaCl 과 섞은 고체 혼합물 (질량비 1:250))	in 10 mL bottle (10 mL 병 안에)	small screw neck vial (작은 바이얼)	Murexide	
Sample of water (물 시료)	500 mL	0.5 L plastic can (0.5 L 플라스틱 용기)	Water sample	
문제 3				
Poly(vinyl) alcohol (폴리(비닐) 알코올)	각 40 mL, 5 vials	amber glass screw neck vial (갈색 유리 용기)	P1, P2, P3, P4 and X	
모든 문제에서 사용되는 것				
Distilled water (증류수)	500 mL	Plastic wash bottle (플라스틱 씻기병)	H_2O	
To be shared by students, on the common table (공용 테이블에서 함께 사용하는 것)				
Sodium hydrocarbonate	800 mL	800 mL beaker (800 mL 비커)	$NaHCO_3$	

***용기 라벨에 적힌 농도는 대략적인 값이다. 정확한 값은 표에 주어져 있다.**

실험기구와 장치

Item (품목)	**Quantity (수량)**
On every working place (개인 실험대에 있는 물품)	
5 mL Plastic tube with screw neck labeled “1” with your student code (학생 번호가 적혀있고, “1” 이라고 표시된 5 mL 플라스틱 튜브)	1
5 mL Plastic tube with screw neck labeled “2” with your student code (학생 번호가 적혀있고, “2” 라고 표시된 5 mL 플라스틱 튜브)	1
Lab stand (스탠드)	1
50 mL beaker (50 mL 비커)	2
25 mL beaker (25 mL 비커)	2
25 or 50 mL beaker (25 또는 50 mL 비커)	1
Magnetic stirrer (자석 교반기)	1
Stirring bar (교반자석)	2
Glass filter (글래스 필터)	2
Adapter (어댑터)	1
50 mL round bottom flask (50 mL 둥근바닥 플라스크)	1
Water-jet pump (물 펌프)	1
2 mL pipette (2 mL 피펫)	2
5 mL pipette (5 mL 피펫)	2
Pipette filler (피펫 필러)	1
Spatula (스패츌라)	2
500 mL plastic washer bottle (500 mL 플라스틱 씻기병)	1
800 mL beaker for waste (폐기물용 800 mL 비커)	1
10 mL measuring cylinder (10 mL 메스실린더)	1
Filter paper, round (원형 여과지)	2
Scissors (가위)	1
Filter paper (여과지)	2
Glass rod (유리 막대)	1
pH indicator papers (in a zipper-bag) (pH 지시약 종이(지퍼백 안에 있음))	3
Viscometer (점도계)	1
Stop-watch (스톱 와치)	1
30 mL rubber bulb (30 mL 고무 벌브)	1
Ruler (자)	1
Marker (마커)	1
25 mL burette (25 mL 뷰렛)	1
25 mL pipette (25 mL 피펫)	1

Plastic funnel (플라스틱 깔때기)	1
Erlenmeyer flask (삼각 플라스크)	2
Test strips for determining total dissolved solids content in zipper bag (용해된 고체 총량 결정을 위한 test strip (지퍼백 안에 있음))	1
Paper tissues (on the corner of each table, to be shared between 3 students) (종이 티슈, 각 테이블에 놓여 있어 공동 사용함)	1 package
Plastic basket (플라스틱 바스켓)	1
Graph paper (모눈 종이)	4 sheets
pH scale (in zipper bag) (pH 척도(지퍼백 안에 있음))	1
On the tables for the common use (공용 테이블에 있는 물품)	
Filter paper, round (원형 여과지)	
Filter paper (여과지)	
Gloves (장갑)	
Balances (저울)	
Bottle labeled "H_2O dist." ("H_2O dist"로 표시된 증류수 병)	
Thermometer immersed in H_2O (물에 담긴 온도계)	
Measuring cylinder 100 mL (100 mL 메스실린더)	
pH-meter (pH 미터)	

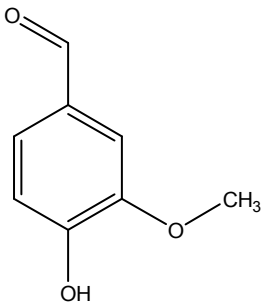
*여과지가 더 필요하면 공용 테이블에서 가져올 수 있다.

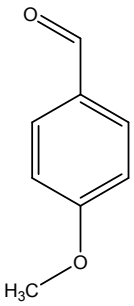
문제 1	학생번호 **KOR1**	문항	1	2	3	4	5	총점
		점수	3.5	1.5	1	3	35	44

문제 1. 2,4-dinitrophenylhydrazones(2,4-다이니트로페닐하이드라존)의 합성 (총 40 점 중 13 점)

Hydrozone(하이드라존)은 imine(이민) 계열의 화합물로서, 탄소-질소 이중결합에 참여하는 질소 원자가 질소-질소 단일결합도 갖는 화학종이다. NH_2 가 있는 hydrazine(하이드라진)이 적당한 조건에서 알데히드 또는 케톤과 반응하면 hydrazone 이 합성된다. 카보닐 화합물의 hydrazone 유도체는 대부분 안정하고, 결정성이 있으며, 매우 진한 색을 띠는 고체이기 때문에 알데히드 및 케톤을 확인하는데 사용되고 있다.

이 문제는 2,4-dinitrophenylhydrazine 의 반응 생성물을 연구하여 두 종류의 벤즈알데히드를 확인하는 실험이다.





<실험과정>

(가) 2,4-dinitrophenylhydrazones 의 합성

주의: 두 개의 합성 실험을 동시에 진행하지 않는다. 실험을 동시에 진행하면 비커가 자석 교반기에서 떨어져서 반응 혼합물이 손실될 수 있다.

50 mL 비커에 교반자석(stirring bar)을 넣는다. 스탠드에 연결된 금속링을 사용하여 비커를 자석교반기 위에 고정한다. 바이얼의 내용물(2,4-dinitrophenylhydrazine, 200 mg)을 비커에 넣고, 조심스럽게 교반을 시작한다. **반드시 실험조교가 보는 앞에서**, 진한 황산 시료(1 mL)를 비커에 조심스럽게

문제 1	학생번호 **KOR1**	문항	1	2	3	4	5	총점
		점수	3.5	1.5	1	3	35	44

넣는다. 피펫을 이용하여 물(1.6 mL)과 에탄올(4 mL)을 차례로 반응 혼합물에 첨가한다. 피펫을 이용하여 알데히드 용기("**aldehyde 1**" 또는 "**aldehyde 2**", 각각의 알데히드 용기에는 1.00 mmole 의 알데히드가 존재함)의 내용물을 방울방울 넣어준다. 밝은 색을 띠는 침전물이 한번에 생성되기 시작한다. 10 분간 더 교반하고, 물 10 mL 를 첨가한 후, 3 분간 더 교반해 준다.

(나) 생성물의 분리 및 정제

가위를 이용하여 glass filter 의 지름보다 약 1 cm 정도 크게 원형 여과지를 동그랗게 오려낸다. 오려낸 여과지를 물로 적신 후, 조심스럽게 glass filter 위에 밀착한다. 이 때 여과지는 균일하고 확실하게 밀착되어야 한다. **동그랗게 오려내지 못한 경우에는 공용 테이블에서 새 여과지를 가져와서 사용할 수 있다.** 여과장치를 설치하고, 스패츌라를 이용하여 교반자석을 제거한 후, 반응 생성물을 glass filter 에 붓는다. 물펌프를 작동시켜서 침전물을 여과한다 (**물펌프를 작동하는데 어려움이 있으면 실험조교에게 도움을 요청한다**). 비커에 소량의 물을 넣어, 비커에 남은 생성물을 glass filter 에 붓는다. 여과지 위의 고체 침전물을 물로 씻어준다. 여과 장치를 통과해서 나오는 여과액이 중성이 될 때까지 씻는다. (둥근바닥 플라스크의 내용물은 **WASTE** 비커에 버린다). 고체 침전물을 에탄올로 두 번 씻어준다. 이 때 사용하는 에탄올의 양은 각각의 경우에 3 mL 를 넘지 않는다 (**주의! Hydrozone 은 에탄올에 약간 녹는다**). 물펌프를 이용하여 여과지 위의 고체 생성물을 건조시킨다, 이 과정에서 여러 번 유리막대를 사용하여 생성물을 흐트리고 눌러준다. 약 20-30 분 후에 건조된 생성물 분말을 자체 제작한 여과 박스로 조심스럽게 옮긴다. 여과 박스를 안전한 곳(예:선반 위)으로 옮기고 마지막으로 건조시킨다. **물펌프를 사용하지 않을 때에는 물펌프를 끈다!** 저울 사용시 기다리지 않으려면 생성물이 건조되었다고 판단될 때 곧바로 생성물의 무게를 측정한다. 학생 번호가 적힌 플라스틱 튜브에 생성물을 옮기고, 아래의 답안 상자에 값을 적는다. **주의!** 실험실 관계자들이 학생들이 제출한 생성물을 재검사할 예정이다.

문제 1	학생번호 **KOR1**	문항	1	2	3	4	5	총점
		점수	3.5	1.5	1	3	35	44

다른 알데히드에 대하여 동일한 실험을 반복한다.

플라스틱 튜브 **1**	플라스틱 튜브 **2**
빈 튜브 질량 (mass of empty tube) _____ mg 생성물이 담긴 튜브 질량 (mass of tube with product) _____ mg 생성물 질량 (mass of product) _____ mg	빈 튜브 질량 (mass of empty tube) _____ mg 생성물이 담긴 튜브 질량 질량 (mass of tube with product)_____ mg 생성물 질량 (mass of product) _____ mg

Lab assistant's signature(실험 조교 서명) _____

1.1. 2,4-dinitrophenylhydrazine 과 두 생성물의 구조를 모두 그려라.

문제 1	학생번호 **KOR1**	문항	1	2	3	4	5	총점
		점수	3.5	1.5	1	3	35	44

1.2. 위의 Hydrozone 화합물에서 어떤 종류의 입체 이성질 현상이(혹시 있다면) 가능한가? 해당 상자에 표시하라.

☐ R/S ☐ E/Z ☐ threo/erythro ☐ manno/gluco ☐ D/L

2.1. 2,4-dinitrophenylhydrazone 을 합성할 때 황산의 역할은 무엇인가? 해당 상자에 표시하라.

☐ 당량 시약(stoichiometric reagent)

☐ 촉매(catalyst)

☐ 환원제(reducing agent)

☐ 산화제(oxidizing agent)

2.2. 만약 중성 조건에서 위의 합성을 수행한다면 반응 속도에는 어떠한 변화가 있을까? 해당 상자에 표시하라.

☐ 크게 증가한다(highly increase)
☐ 약간 증가한다(slightly increase)
☐ 변화하지 않는다(not change)
☐ 매우 느리게 진행한다(the reaction would proceed slowly)

2.3. 만약 염기성 조건에서 위의 합성을 수행한다면 반응 속도에는 어떠한 변화가 있을까? 해당 상자에 표시하라

☐ 크게 증가한다(highly increase)

☐ 약간 증가한다(slightly increase)

☐ 변화하지 않는다(not change)

☐ 반응이 진행되지 않는다(the reaction would not proceed)

문제 1	학생번호 **KOR1**	문항	1	2	3	4	5	총점
		점수	3.5	1.5	1	3	35	44

(다) 시료확인 (Characterization)

각각의 생성물을 소량 취해서 ("스패츌라 끝부분 사용") 25 mL 비커에 하나씩 담은 후, 각 비커에 아세톤을 10 mL 씩 넣는다. **이 때 두 비커의 색이 노란색이고, 노란색의 강도(진함-옅음 정도)가 비슷한 경우에 최적의 결과를 얻을 수 있다.** 각 비커에 $NaHCO_3$ 용액 5 mL 를 첨가한 후, 유리막대의 양끝 부분을 각각 사용하여 반응 혼합물을 저어준다.

3.1. 용액의 색 변화 관찰 결과를 해당 상자에 표시하라.

☐ 어떤 비커에서도 용액의 색이 변하지 않는다
(The color does not change in either beaker)
☐ 두 비커에서 모두 상당히 큰 색 변화가 일어난다
(Color changes significantly in both beakers)
☐ 하나의 비커에서만 상당히 큰 색 변화가 일어난다
(Color changes significantly only in one beaker)

실험 3.1 로부터 얻은 각각의 혼합물 용액에 NaOH 용액 2 mL 를 첨가한 후, 유리막대를 사용하여 반응 혼합물을 저어준다.

3.2. 용액의 색 변화 관찰 결과를 해당 상자에 표시하라.

☐ 어떤 비커에서도 용액의 색이 변하지 않는다
(The color does not change in either beaker)
☐ 두 비커에서 모두 상당히 큰 색 변화가 일어난다
(Color changes significantly in both beakers)
☐ 하나의 비커에서만 상당히 큰 색 변화가 일어난다
(Color changes significantly only in one beaker)

문제 1	학생번호 **KOR1**	문항	1	2	3	4	5	총점
		점수	3.5	1.5	1	3	35	44

4.1. 생성물의 어떠한 구조적인 특성 때문에, $NaHCO_3$ 용액과의 반응에서 색이 변하는가? 해당 상자에 표시하라.

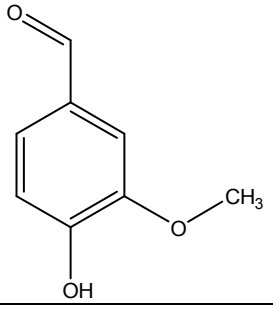
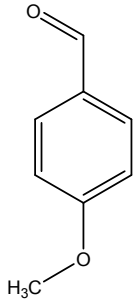
☐ 벤젠 고리에 있는 4-OMe 작용기
(presence of MeO group at position 4 in the benzene ring)
☐ 벤젠 고리에 있는 3-OMe 작용기
(presence of MeO group at position 3 in the benzene ring)
☐ 벤젠 고리에 있는 4-OH 작용기
(presence of the OH group at position 4 in the benzene ring)
☐ 벤젠 고리에 있는 OMe 와 OH 의 두 작용기
(presence of both MeO and OH groups)

4.2. 2,4-dinitrophenylhydrazones 과 NaOH 수용액을 반응시키면 색 변화가 일어난다. 여기에 해당하는 반응을 아래 상자에서 선택하라.

☐ 염기성 가수분해 반응 (alkaline hydrolysis)
☐ 탈수반응 (dehydration)
☐ 가수반응 (hydration)
☐ 탈양성자 반응 (deprotonation)
☐ 탈수소화 반응 (dehydrogenation)

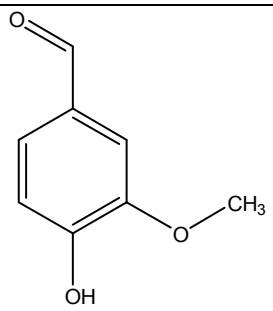
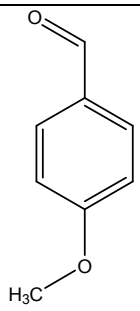
문제 1	학생번호 **KOR1**	문항	1	2	3	4	5	총점
		점수	3.5	1.5	1	3	35	44

4.3. 시료확인 실험에서 존재하는 주요 유기 화학종의 구조를 아래의 해당 상자에 각각 그려라.

반응 전 알데히드 (Initial Aldehyde)	반응 전 알데히드 (Initial Aldehyde)
	
$NaHCO_3$ 용액 처리 후	$NaHCO_3$ 용액 처리 후
NaOH 용액 처리 후	NaOH 용액 처리 후

문제 1	학생번호 **KOR1**	문항	1	2	3	4	5	총점
		점수	3.5	1.5	1	3	35	44

5. 각각의 구조 아래에 번호 **1** 또는 **2** 를 기입하라. 두 가지 hydrazone 에 대하여 반응 수율을 각각 계산하라.

 번호:_____ 수율 계산:	 번호:_____ 수율 계산:
수율: 번호 1_____ % 번호 2_____ %	

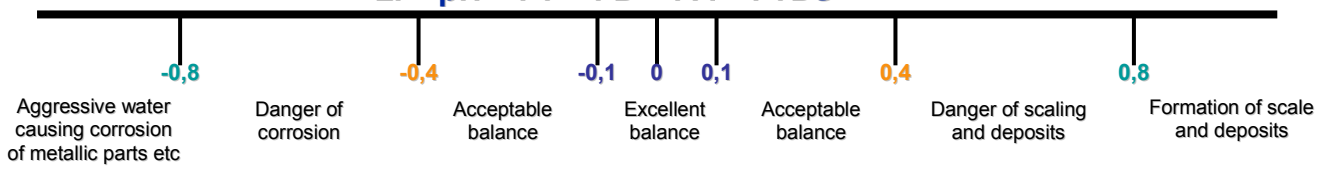
Replacement or extra chemical (교체 또는 추가 시약)	Lab assistant signature (실험 조교 서명)	Penalty (벌점)
_____ _____ _____	_____ _____ _____	_____ _____ _____

문제 2	학생번호 **KOR1**	문항	1	2	3	4	5	6	7	8	9	총점
		점수	27	0	5	25	0	4	8	1	9	79

문제 2. 수영장 물의 Langelier Saturation Index(LI) 결정 (총 40 점 중 12 점)

Langelier Saturation Index(LI) 값은 수영장 물 부식 정도와 탄산칼슘의 용해 또는 침전 여부를 결정한다. 만약 LI 값이 0 에 가까우면, 물은 "균형"잡힌 상황이다. 만약 LI 값이 양수이면, 물에서 탄산칼슘이 침전되는 경향이 있으며 물때(scale)가 형성된다. 만약 LI 값이 음수이면, 물은 부식성을 가지며 탄산칼슘은 녹게 된다. LI 값은 표 1 에 있는 물리 값을 조합하여 다음 식으로부터 구할 수 있다.

$$LI = pH + FT + FD + FA - FTDS$$



pH : pH 값

FT : 온도 인자 (Temperature factor)

FD : 칼슘 경도 인자 (Calcium hardness (CH) factor)

FA : 총 알카리도 인자 (Total alkalinity (TA) factor)

FTDS : 용해된 고체 총량 인자 (Total dissolved solids (TDS) factor)

표 1. 물리화학적 값과 해당 인자 값

온도 (^oC)	FT	칼슘 경도 (CH) (mg/L $CaCO_3$)	FD	총 알카리도 (TA) (mg/L $CaCO_3$)	FA	용해된 고체 총량 (TDS) (mg/L NaCl)	FTDS
0	0.0	5	0.3	5	0.7	0	12.0
3	0.1	25	1.0	25	1.4	-	-
8	0.2	50	1.3	50	1.7	1000	12.1
12	0.3	75	1.5	75	1.9	-	-
16	0.4	100	1.6	100	2.0	2000	12.2
19	0.5	150	1.8	125	2.1	-	-
24	0.6	200	1.9	150	2.2	3000	12.25
29	0.7	250	2.0	200	2.3	-	-
34	0.8	300	2.1	300	2.5	4000	12.3
41	0.9	400	2.2	400	2.6	-	-
53	1.0	600	2.35	800	2.9	5000	12.35
-	-	800	2.5	1000	3.0	-	-
-	-	1000	2.6	-	-	6000	12.4

문제 2	학생번호 **KOR1**	문항	1	2	3	4	5	6	7	8	9	총점
		점수	27	0	5	25	0	4	8	1	9	79

이 실험에서는 주어진 물 시료의 LI 값을 구할 것이다. 경도는 $CaCO_3$ 농도(mg/L)로 표시한다. 총 알칼리도(alkalinity)는 carbonate와 hydrocarbonate 총량에 의해 결정되는 산 당량(acid equivalent)이며, $CaCO_3$ 농도(mg/L)로 표시한다. 용해된 고체 총량(TDS)은 NaCl 농도(mg/L)로 표시한다.

<실험 과정>

(가) 칼슘 경도(Calcium hardness)는 EDTA (Na_2H_2Y) 적정으로 결정한다. 이 실험은 마그네슘 이온의 영향을 최소화하기 위해 강한 염기성 용액에서 수행한다. 단, 염기성 용액을 첨가하는 경우 $CaCO_3$가 침전되지 않도록, 즉시 적정해야 한다.

1.1. Na_2H_2Y로 적정하는 동안 일어나는 반응식을 적어라.

칼슘 농도를 결정하는 실험 과정

a) 뷰렛에 0.0443 M **EDTA** 표준용액을 넣는다.
b) 피펫을 이용하여 삼각 플라스크에 **물 시료** 용액 20 mL 를 넣는다
c) 10-mL 메스실린더를 이용하여 2 M NaOH 용액 3 mL 를 넣는다.
d) 스패츌라를 이용하여 분홍색이 뚜렷이 나타나도록 murexide 지시약을 넣는다.
e) 1-2 분 이내에 바로 적정을 시작한다. 용액이 분홍색에서 보라색으로 될 때까지 EDTA로 적정한다.

문제 2	학생번호 **KOR1**	문항	1	2	3	4	5	6	7	8	9	총점
		점수	27	0	5	25	0	4	8	1	9	79

1.2. 표 2 의 빈 칸을 채워라.

표 2

칼슘 적정	**적정 번호**			
뷰렛 초기 값 (mL)				
뷰렛 최종 값 (mL)				
적정에 사용된 부피 (mL)				

가장 신뢰할 만한 부피 또는 그들의 평균 부피 (mL) _____

2. 물 시료의 경도(mg/L $CaCO_3$) 를 계산하라**.** 계산 결과를 문제 7 에 있는 표 4 에 적어라.

계산 과정:

문제 2	학생번호 **KOR1**	문항	1	2	3	4	5	6	7	8	9	총점
		점수	27	0	5	25	0	4	8	1	9	79

(나) pH 측정. 실험실에 있는 pH 미터를 찾아라. (또는 조교에게 문의하라.)

a) 물 시료 70-90 mL 를 깨끗한 삼각플라스크에 넣는다.

b) pH-미터 보호 뚜껑을 연다. (뚜껑 안에 용액이 들어 있으므로 뚜껑은 세운 상태로 둔다)

c) 플라스틱 씻기병에 있는 증류수를 이용하여 전극을 씻어준다.

d) ON/OFF 스위치를 밀어 pH-미터를 켠다.

e) pH-미터를 측정할 용액에 담가 플라스크를 잘 흔들어 섞어준다.

f) 플라스크를 테이블 위에 놓고 pH값이 안정할 때까지 기다린다. (1 분 이상 기다리지 않는다.)

g) pH 값을 읽고 기록한다.

h) pH 미터를 끄고, 증류수를 이용하여 pH-미터를 씻은 뒤 보호 뚜껑을 다시 닫는다. (기다리는 학생이 있는 경우 다음 학생에게 준다.)

3.1. pH 값을 문제 7 의 표 4 에 적는다.

3.2. 물 시료에는 어떤 형태의 탄산 종이 가장 많이 존재하는가? 계산을 통해 확인하고 선택 종을 해당 상자에 표시하라.

주의. 탄산의 해리상수: $K_1 = 4.5 \times 10^{-7}$; $K_2 = 4.8 \times 10^{-11}$.

계산 과정

☐ Carbonate ☐ Hydrogen carbonate ☐ Carbonic acid

문제 2	학생번호 **KOR1**	문항	1	2	3	4	5	6	7	8	9	총점
		점수	27	0	5	25	0	4	8	1	9	79

3.3. 물 시료와 HCl 용액의 적정반응에서 가장 중요한 이온반응식을 써라.

(다) 총 알칼리도 결정. 총 알칼리도를 구하기 위해 물 시료를 H_2CO_3 형태로 적정해야 한다. 지시약으로 메틸오렌지를 사용하며, pH 4.5 근처에서 노란색에서 오렌지 색으로 변한다.

a) 증류수로 뷰렛을 씻은 후 0.0535 M HCl 표준 용액으로 채운다.

b) 피펫을 이용하여 50.0 mL 물 시료를 삼각플라스크에 넣은 후, 세 방울의 메틸오렌지 지시약을 넣는다.

c) 산을 넣기 전에 오렌지 색이면 총 알칼리도는 0 이다. 시료 용액이 노란색이면 처음으로 오렌지 색을 띨 때까지 산 표준 용액으로 적정한다. 적정에 사용된 부피를 기록한다.

4.1. 표 3 의 빈칸을 채워라.

표 3

알칼리도 결정	**적정 번호**			
뷰렛 초기 값 (mL)				
뷰렛 최종 값 (mL)				
적정에 사용된 부피 (mL)				

가장 신뢰할 만한 부피 또는 그들의 평균 부피 (mL) ____

문제 2	학생번호 **KOR1**	문항	1	2	3	4	5	6	7	8	9	총점
		점수	27	0	5	25	0	4	8	1	9	79

4.2. 총 알칼리도(mg/L $CaCO_3$)를 계산하라. 계산 결과를 문제 7 의 표 4 에 적는다.

계산 과정:

5. 온도 측정. 공용 테이블에 있는 온도계의 온도를 읽고 문제 7 의 표 4에 적는다.

문제 2	학생번호 **KOR1**	문항	1	2	3	4	5	6	7	8	9	총점
		점수	27	0	5	25	0	4	8	1	9	79

6. Test strip을 이용하여 물 시료의 **TDS 결정하기**.

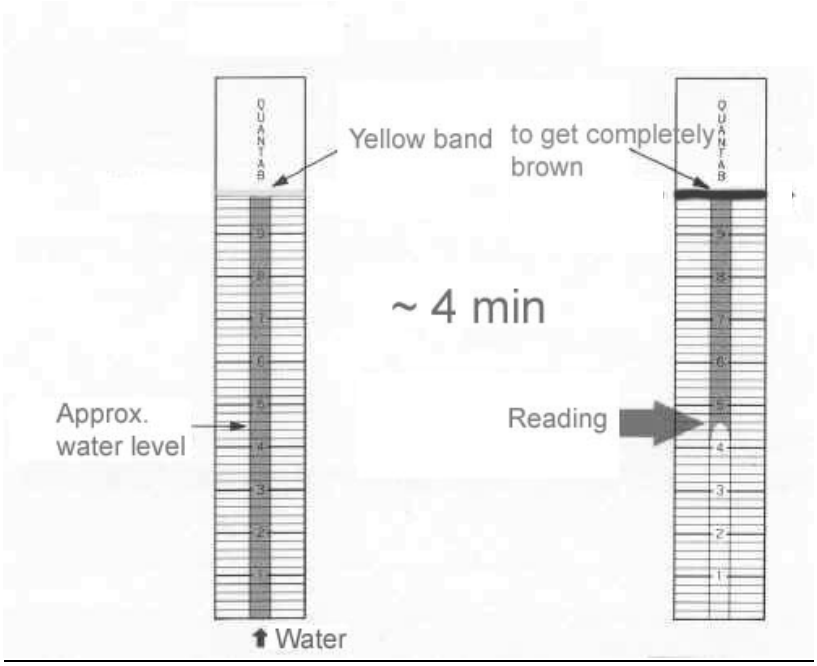
a) 비커에 약 3 cm 높이만큼 물 시료를 채운다. Strip 을 물에 담근다. Strip 위에 있는 노란 띠가 액체에 닿지 않도록 주의한다.

b) 노란 띠가 완전히 갈색이 될 때까지 3-4 분 정도 기다린다. 아래 그림과 같이 눈금을 읽는다. 눈금은 소수점 첫째 자리까지 읽는다.

c) 읽은 값(reading)을 기록하라.

d) 다음 그림 오른쪽에 있는 표를 이용하여 TDS 농도(NaCl, mg/L)를 찾아라.

e) NaCl 농도를 문제 7 의 표 4 에 적는다.



읽은 값 (Reading)	NaCl conc. (mg/L)
1.4	360
1.6	370
1.8	420
2.0	430
2.2	470
2.4	530
2.6	590
2.8	660
3.0	730
3.2	800
3.4	880
3.6	960
3.8	1050
4.0	1140
4.2	1240
4.4	1340
4.6	1450
4.8	1570
5.0	1700

문제 2	학생번호 **KOR1**	문항	1	2	3	4	5	6	7	8	9	총점
		점수	27	0	5	25	0	4	8	1	9	79

7. 표 4의 빈칸을 모두 채워라. LI를 계산하고 결과를 표 4에 적어라. 인자 값은 소수점 둘째 자리까지 써라.

계산 과정:

표 4. 물 시료의 LI 계산

물 시료 번호 _____

CH (mg/L $CaCO_3$)	TA (mg/L $CaCO_3$)	t (°C)	pH	TDS (mg/L NaCl)	**LI**
FD	FA	FT		FTDS	

문제 2	학생번호 **KOR1**	문항	1	2	3	4	5	6	7	8	9	총점
		점수	27	0	5	25	0	4	8	1	9	79

이론 문제. 물 균형 복구 (Water balance correction)

만일 LI 값이 0에서 많이 벗어난 경우에는 LI 값을 0이 되도록 복구시켜야 한다. 앞의 실험처럼 분석할 수영장 물이 제공되었다고 가정한다. 그 분석 결과가 다음과 같다:

CH = 550 mg/L, FD = 2.31, TA = 180 mg/L,
FA=2.26, t° = 24°C, FT = 0.6;
TDS = 1000 mg/L , FTDS = 12.1, pH = 7.9, LI = 0.97.

6개의 200 mL 수영장 물 시료가 있다. 각각의 물 시료에 0.0100 M 시약 용액 ($NaHCO_3$, NaOH, $NaHSO_4$, $CaCl_2$, EDTA (Na_2H_2Y), HCl) 중 한 가지를 10 mL 첨가하였다.

8. $NaHSO_4$를 첨가하는 경우 $CaSO_4$이 침전되는지 여부를 결정하라.

주의: $CaSO_4$ 용해도곱 상수는 5×10^{-5} 이다. 위 반응물의 첨가에 의한 $CaCO_3$의 침전은 없다고 가정한다.

계산 과정:

답 (해당 상자에 표시하라.) Yes ☐ No ☐

문제 2	학생번호 **KOR1**	문항	1	2	3	4	5	6	7	8	9	총점
		점수	27	0	5	25	0	4	8	1	9	79

9. 8 번의 물 시료 각각에 아래 시약을 첨가하는 경우 나타날 변화 경향성을 아래 표에 표시하라 (인자 값이 증가하면 “+”, 값이 감소하면 “–“ , 변화가 없다면 “0”으로 표시하라.).

표 5

시약	pH	FA	FD	FTDS	LI
$NaHCO_3$					
NaOH					
$NaHSO_4$					
$CaCl_2$					
Na_2H_2Y					
HCl					

Replacement or extra chemicals (교체 또는 추가 시약)	Lab assistant signature (실험 조교 서명)	Penalty (벌점)
_____ _____ _____	_____ _____ _____	_____ _____ _____

문제 3	학생번호 **KOR1**	문항	1	2	3	4	5	6	7	8	9	총점
		점수	3	2	0	27.5	5	0	19.5	4	1	64

문제 3. 점성도 측정을 이용한 분자량 결정 (총 40 점 중 15 점)

유체의 흐름에 대한 저항을 점성도(Viscosity)라고 한다. 얇은 관을 통해 흐르는 유체의 속력을 측정하여, 점성도를 구할 수 있다. 고분자 용액의 농도가 증가하면 점성도도 증가한다. 고분자 농도가 일정한 경우, 고분자와 용매간 인력이 증가하면 고분자가 더 펼친 구조를 가지게 되어 점성도가 증가하게 된다.

묽은 고분자 용액의 밀도가 용매의 밀도와 같다고 가정하면, 고분자 용액의 환산 점성도 계수 (reduced viscosity, η_{red})는 다음과 같이 정의된다.

$$\eta_{red} = \frac{t - t_0}{t_0 c} \qquad [mL/g]$$

여기서 c (g/mL)는 고분자 용액의 농도이고, t 와 t_0 는 각각 고분자 용액과 순수한 용매의 유출 시간(flow time) 이다.

고분자 용액의 환산 점성도 계수는 다음의 식과 같이 농도에 의존한다.

$$\eta_{red}(c) = [\eta] + kc$$

여기서 k 는 매개 변수(mL^2/g^2)이고, $[\eta]$는 고유 점성도(intrinsic viscosity (mL/g))이다. 고유 점성도 $[\eta]$는 환산 점성도 계수를 고분자 농도가 0 이 될 때까지 외삽하여 구할 수 있다. 일반적으로, 고유 점성도는 고분자의 분자량(M)과 밀접한 연관이 있는데, 다음의 Mark-Kuhn-Houwink 식을 따른다:

$$[\eta] = KM^{\alpha}$$

여기서 K 와 α 는 온도와 고분자와 용매의 종류에 따라 정해지는 매개 변수이다.

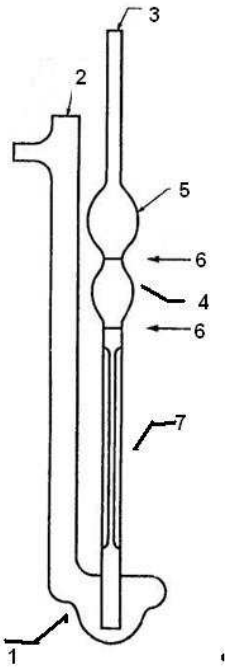
따라서 실험으로 $[\eta]$, K, α 에 대한 정보를 얻으면, Mark-Kuhn-Houwink 식으로부터 M 을 구할 수 있다.

점도계 사용법

주의: 점도계를 조심히 다뤄야 한다!

점도계를 깨면 절대 다시 제공되지 않는다. 만일 점도계를 깨면 실험 조교에게 알리고, 25 mL 피펫과 비커를 점도계 대신 사용할 수 있다.

문제 3	학생번호 **KOR1**	문항	1	2	3	4	5	6	7	8	9	총점
		점수	3	2	0	27.5	5	0	19.5	4	1	64



1 – 수집 용기 (Collection vessel)
2, 3 – 보충관 (Supplementary tubing)
4 – 측정 용기 (Measurement vessel)
5 – 수집 용기 (Collection vessel)
6 – 눈금 표시들 (The match marks)
7 – 모세관 (Capillary)

a) 보충관 (3)이 수직이 되도록 점도계를 잘 설치한다. 수집 용기 (1)이 스탠드 바닥에 놓이게 하라. 고정 클램프를 가능한 한 낮춘다.

b) 피펫을 이용하여 보충관 (2)를 통해 분석 용액 10 mL 를 수집 용기 (1)에 넣어라.

c) 피펫 필러 (또는 고무 벌브)를 보충관 (3)의 꼭대기에 꽂아 액체를 측정 용기 (4)로 빨아 올려, 수집 용기 (5)까지 도달하게 한다. 액체를 빨아 올릴 때, 모세관 (7), 측정 용기 (4), 수집 용기 (5)에 공기 방울이 생기지 않도록 주의하라. 공기 방울이 실험 오차를 야기할 수 있다. 액체의 메니스커스(meniscus)가 위쪽 눈금 표시 (6)으로부터 약 10 mm 위에 있도록 하라.

d) 스톱 와치를 0 에 맞추고 피펫 필러 (또는 고무 벌브)를 보충관 (3)으로부터 제거하라. 액체는 수집 용기 (1)로 흘러 내리기 시작한다.

e) **유출 시간(flow time)**을 측정하라: 액체의 메니스커스가 위쪽 눈금 표시 (6)을 지날 때 스톱 와치를 시작하고, 아래쪽 눈금 표시 (6)을 지날 때 스톱 와치를 멈추어라.

문제 3	학생번호 **KOR1**	문항	1	2	3	4	5	6	7	8	9	총점
		점수	3	2	0	27.5	5	0	19.5	4	1	64

새로운 고분자 샘플로 실험하기 전에, 점도계를 먼저 수돗물로 세 번 씻고 나서 증류수로 한 번 씻어라. 고분자 용액으로 점도계를 씻을 필요는 없다. 실험 오차가 발생할 수 있지만 매우 작아 무시할 수 있다.

답안 상자 표의 모든 칸을 채울 필요는 **없다**. 정확한 평균값을 얻기 위해 원하는 횟수만큼 측정하라.

< 실험과정 >

고분자 저장 용액 (0.01 g/mL, stock solutions) 샘플들이 제공되며, 저장 용액 P1-P4 중 세 개는 poly(vinyl alcohol) 수용액이다. 나머지 하나는 부분-가수분해된 poly(vinyl acetate) 용액이다. 이 부분-가수분해된 poly(vinyl acetate)의 단위체 (units) 중 약 10%가 가수분해되지 않았다. P1-P4 수용액 중 어느 것이 부분적으로 가수분해된 poly(vinyl acetate)인지 모른다. P1-P4 고분자들의 분자량은 아래 표와 같다.

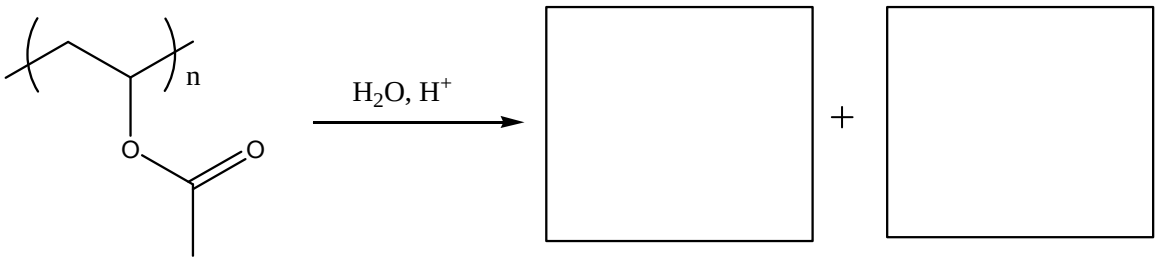
대략적인 분자량	샘플 번호
26650	P2
50850	P1
65300	P4
91900	P3

문제 3	학생번호 **KOR1**	문항	1	2	3	4	5	6	7	8	9	총점
		점수	3	2	0	27.5	5	0	19.5	4	1	64

샘플 X 는 분자량을 모르는 poly(vinyl acetate) 용액이다.
이 실험에서는 P1-P4 중 어느 샘플이 부분-가수분해된 poly(vinyl acetate) 용액인지 알아내고 샘플 X 에 포함된 고분자의 분자량을 구한다.

1. poly(vinyl acetate)의 가수분해를 통해서 poly(vinyl alcohol)을 얻는 반응 스킴 (reaction scheme)을 써라.

반응 스킴 (Reaction scheme):



2. 물과 더 강한 상호작용을 하는 고분자를 해당 상자에 표시하라. 그리고 poly(vinyl acetate)가 완전히 가수분해된 수용액과 부분-가수분해된 poly(vinyl acetate) 수용액의 점성도를 비교하라. 고분자의 분자량과 농도가 모두 같다고 가정하라.

Poly(vinyl alcohol) ☐
부분 - 가수분해된 poly(vinyl acetate) ☐
(partially hydrolyzed poly(vinyl acetate))

점성도 값을 비교하라:

$\eta_{\text{poly(vinyl alcohol)}}$ _____ $\eta_{\text{partially hydrolyzed poly(vinyl acetate)}}$ (< 또는 > 또는 ≈를 넣어라)

3. 순수한 물 (증류수)의 유출 시간을 측정하라. 아래 박스를 모두 채울 필요는 없다.

가장 신뢰할 만한 값
또는 그들의 평균값:
_____ s

문제 3	학생번호**_KOR1**	문항	1	2	3	4	5	6	7	8	9	총점
		점수	3	2	0	27.5	5	0	19.5	4	1	64

4. P1-P4 수용액과 샘플 X 의 유출 시간을 측정하라. 환산 점성도 계수를 계산하라. 아래 답안 상자 표의 모든 칸을 채울 필요는 **없다**. 정확한 평균을 구하기 위해 원하는 만큼 실험을 수행하라.

샘플→	**P2** (26650)	**P1** (50850)	**P4** (65300)	**P3** (91900)	**X**
유출시간 (s)					
가장 신뢰할 만한 유출 시간 또는 그들의 평균 유출시간	_____ s	_____ s	_____ s	_____ s	_____ s

계산 과정:

샘플→	**P2** (26650)	**P1** (50850)	**P4** (65300)	**P3** (91900)	**X**
환산 점성도 계수 (mL/g)					

문제 3	학생번호 **KOR1**	문항	1	2	3	4	5	6	7	8	9	총점
		점수	3	2	0	27.5	5	0	19.5	4	1	64

5. P1-P2-P3-P4 중 부분-가수분해된 poly(vinyl acetate) 용액을 골라 동그라미로 표시하라. **힌트:** P1-P4 고분자의 분자량을 고려하라.

P1	P2	P3	P4

부분-가수분해된 고분자를 이후 실험에서는 사용하지 않는다.

6. Mark-Kuhn-Houwink 식의 매개변수들을 구하고 샘플 X 의 고분자 분자량을 계산하기 위해서, 가장 적절한 poly(vinyl alcohol) 수용액 샘플 2 개를 골라 동그라미로 표시하라. 고유 점성도 결정 실험의 절대 오차는 분자량에 의존하지 않는다고 가정한다.

P1	P2	P3	P4

7. 적절한 유리기구를 이용하여 세 개의 poly(vinyl alcohol) 샘플 (6 번에서 정한 샘플 2 개와 샘플 X)을 희석하고, 각 희석 용액의 유출 속도를 측정한 후, 환산 점성도 계수를 계산하라. 고분자 용액의 농도를 계산할 때, 고분자 수용액의 밀도가 물의 밀도와 같다고 가정한다. 각 샘플의 고유 점성도를 결정하라. 그래프를 그린 모눈 종이를 답안지와 함께 제출하라. **주의:** 만일 여러 고분자 샘플의 데이터를 한 그래프에 그리고자 한다면, 각 샘플의 데이터를 각각 다른 기호로 표시하여 명확하게 구별할 수 있도록 하라. 아래 답안 상자 표의 모든 칸을 채울 필요는 **없다**.

문제 3	학생번호 **KOR1**	문항	1	2	3	4	5	6	7	8	9	총점
		점수	3	2	0	27.5	5	0	19.5	4	1	64

샘플: _____

농도(g/mL)					
저장 용액 (mL)					
물(mL)					
유출시간 (s):					
가장 신뢰할 만한 유출 시간 또는 그들의 평균 유출시간 (s)					
환산 점성도 계수(mL/g)					
고유 점성도 [η] (mL/g)					

문제 3	학생번호 **KOR1**	문항	1	2	3	4	5	6	7	8	9	총점
		점수	3	2	0	27.5	5	0	19.5	4	1	64

샘플: _____					
농도 (g/mL)					
저장 용액 (mL)					
물(mL)					
유출시간(s):					
가장 신뢰할 만한 유출 시간 또는 그들의 평균 유출시간 (s)					
환산 점성도 계수 (mL/g)					
고유 점성도 [η] (mL/g)					

문제 3	학생번호 **KOR1**	문항	1	2	3	4	5	6	7	8	9	총점
		점수	3	2	0	27.5	5	0	19.5	4	1	64

샘플: _____					
농도 (g/mL)					
저장 용액 (mL)					
물(mL)					
유출시간(s):					
가장 신뢰할 만한 유출 시간 또는 그들의 평균 유출시간 (s)					
환산 점성도 계수 (mL/g)					
고유 점성도 [η] (mL/g)					

문제 3	학생번호 **KOR1**	문항	1	2	3	4	5	6	7	8	9	총점
		점수	3	2	0	27.5	5	0	19.5	4	1	64

실험 결과 요약 (측정 값들만 입력하라)

샘플→	P__	P__	X
농도 (c) (g/mL)	0.01	0.01	0.01
환산 점성도 계수 (η_{red}) (mL/g)			
c (첫 번째 희석 용액) (g/mL)			
η_{red} (mL/g)			
c (두 번째 희석 용액) (g/mL)			
η_{red} (mL/g)			
c (세 번째 희석 용액) (g/mL)			
η_{red} (mL/g)			
c (네 번째 희석 용액) (g/mL)			
η_{red} (mL/g)			
c (다섯 번째 희석 용액) (g/mL)			
η_{red} (mL/g)			

8. K 와 α 를 구하는 데 필요한 형태로 식을 써라.

poly(vinyl alcohol) 수용액의 K 와 α 값을 구하라.

K = _____ mL/g	α = _____

문제 3	학생번호 **KOR1**	문항	1	2	3	4	5	6	7	8	9	총점
		점수	3	2	0	27.5	5	0	19.5	4	1	64

9. 위에서 얻은 K 와 α 값과 샘플 X 의 고유 점성도를 이용하여, 샘플 X 에 포함된 고분자의 분자량을 구하라. 만일 K 와 α 값을 구하지 못했다면, K = 0.1 mL/g 과 α = 0.5 를 이용해서 계산하라.

계산 과정   M (X) = _____

Replacement or extra chemicals (교체 및 추가 시약)	Lab assistant signature (실험 조교 서명)	Penalty (벌점)
Broken viscometer(깨진 점도계) _____ _____	_____ _____	0 _____ _____

IUPAC Periodic Table of the Elements

1																	18
1 H hydrogen [1.007; 1.009]	2		Key: atomic number **Symbol** name standard atomic weight									13	14	15	16	17	2 He helium 4.003
3 Li lithium [6.938; 6.997]	4 Be beryllium 9.012											5 B boron [10.80; 10.83]	6 C carbon [12.00; 12.02]	7 N nitrogen [14.00; 14.01]	8 O oxygen [15.99; 16.00]	9 F fluorine 19.00	10 Ne neon 20.18
11 Na sodium 22.99	12 Mg magnesium 24.31	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13 Al aluminium 26.98	14 Si silicon [28.08; 28.09]	15 P phosphorus 30.97	16 S sulfur [32.05; 32.08]	17 Cl chlorine [35.44; 35.46]	18 Ar argon 39.95
19 K potassium 39.10	20 Ca calcium 40.08	21 Sc scandium 44.96	22 Ti titanium 47.87	23 V vanadium 50.94	24 Cr chromium 52.00	25 Mn manganese 54.94	26 Fe iron 55.85	27 Co cobalt 58.93	28 Ni nickel 58.69	29 Cu copper 63.55	30 Zn zinc 65.38(2)	31 Ga gallium 69.72	32 Ge germanium 72.63	33 As arsenic 74.92	34 Se selenium 78.96(3)	35 Br bromine 79.90	36 Kr krypton 83.80
37 Rb rubidium 85.47	38 Sr strontium 87.62	39 Y yttrium 88.91	40 Zr zirconium 91.22	41 Nb niobium 92.91	42 Mo molybdenum 95.96(2)	43 Tc technetium	44 Ru ruthenium 101.1	45 Rh rhodium 102.9	46 Pd palladium 106.4	47 Ag silver 107.9	48 Cd cadmium 112.4	49 In indium 114.8	50 Sn tin 118.7	51 Sb antimony 121.8	52 Te tellurium 127.6	53 I iodine 126.9	54 Xe xenon 131.3
55 Cs caesium 132.9	56 Ba barium 137.3	57-71 lanthanoids	72 Hf hafnium 178.5	73 Ta tantalum 180.9	74 W tungsten 183.8	75 Re rhenium 186.2	76 Os osmium 190.2	77 Ir iridium 192.2	78 Pt platinum 195.1	79 Au gold 197.0	80 Hg mercury 200.6	81 Tl thallium [204.3; 204.4]	82 Pb lead 207.2	83 Bi bismuth 209.0	84 Po polonium	85 At astatine	86 Rn radon
87 Fr francium	88 Ra radium	89-103 actinoids	104 Rf rutherfordium	105 Db dubnium	106 Sg seaborgium	107 Bh bohrium	108 Hs hassium	109 Mt meitnerium	110 Ds darmstadtium	111 Rg roentgenium	112 Cn copernicium		114 Fl flerovium		116 Lv livermorium		

57 La lanthanum 138.9	58 Ce cerium 140.1	59 Pr praseodymium 140.9	60 Nd neodymium 144.2	61 Pm promethium	62 Sm samarium 150.4	63 Eu europium 152.0	64 Gd gadolinium 157.3	65 Tb terbium 158.9	66 Dy dysprosium 162.5	67 Ho holmium 164.9	68 Er erbium 167.3	69 Tm thulium 168.9	70 Yb ytterbium 173.1	71 Lu lutetium 175.0
89 Ac actinium	90 Th thorium 232.0	91 Pa protactinium 231.0	92 U uranium 238.0	93 Np neptunium	94 Pu plutonium	95 Am americium	96 Cm curium	97 Bk berkelium	98 Cf californium	99 Es einsteinium	100 Fm fermium	101 Md mendelevium	102 No nobelium	103 Lr lawrencium

INTERNATIONAL UNION OF PURE AND APPLIED CHEMISTRY

Notes

- IUPAC 2009 Standard atomic weights abridged to four significant digits (Table 4 published in *Pure Appl. Chem.* 83, 359-396 (2011); doi:10.1351/PAC-REP-10-09-14). The uncertainty in the last digit of the standard atomic weight value is listed in parentheses following the value. In the absence of parentheses, the uncertainty is one in that last digit. An interval in square brackets provides the lower and upper bounds of the standard atomic weight for that element. No values are listed for elements which lack isotopes with a characteristic isotopic abundance in natural terrestrial samples. See PAC for more details.

- "Aluminum" and "cesium" are commonly used alternative spellings for "aluminium" and "caesium."

- Claims for the discovery of all the remaining elements in the last row of the Table, namely elements with atomic numbers 113, 115, 117 and 118, and for which no assignments have yet been made, are being considered by a IUPAC and IUPAP Joint Working Party.

For updates to this table, see iupac.org/reports/periodic_table/. This version is dated 1 June 2012.

Copyright © 2012 IUPAC, the International Union of Pure and Applied Chemistry.