2024학년도 중등학교교사 임용후보자 선정경쟁시험

화 학

수험 번호 : ( )　　**성 명 : ( )**

제1차 시험	3교시 전공B	11문항 40점	시험 시간 90분

○ 문제지 전체 면수가 맞는지 확인하시오.
○ 모든 문항에는 배점이 표시되어 있습니다.

1. 다음은 양쪽양성자성(amphiprotic)인 HA의 [**해리 평형식과 평형 상수**] 및 HA 수용액에서 [$[H_3O^+]$**를 구하는 식**]을 나타낸 것이다.

[**해리 평형식과 평형 상수**]

$$HA(aq) + H_2O(l) \rightleftarrows H_3O^+(aq) + A^-(aq) \qquad K_{a2}$$

$$HA(aq) + H_2O(l) \rightleftarrows H_2A^+(aq) + OH^-(aq) \qquad K_{b2}$$

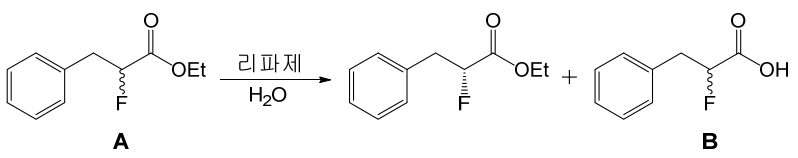
[$[H_3O^+]$**를 구하는 식**]

$$[H_3O^+] = \sqrt{\frac{K_{a1}(\ \text{㉠}\ )[HA] + (\ \text{㉡}\ )K_w}{K_{a1} + (\ \text{㉢}\ )}}$$

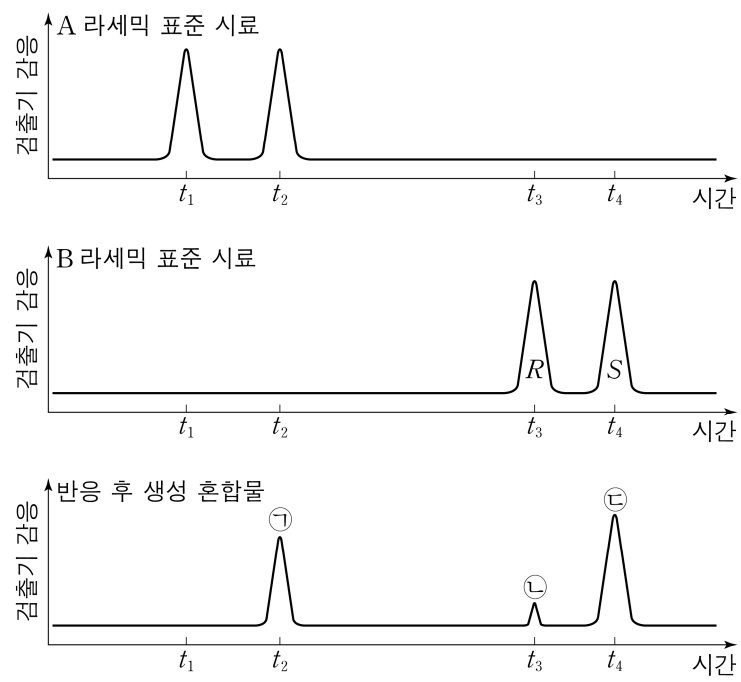
HA 수용액에서의 전하 균형식을 쓰고, 괄호 안의 ㉠~㉢에 해당하는 것을 K_{a1}, K_{a2}, K_w, [HA]에서 찾아 순서대로 쓰시오. (단, K_{a1}은 H_2A^+의 첫 번째 산해리 상수이고, $K_{a1} \times K_{b2} = K_w$이다. K_w는 물의 자동이온화 상수이다.) [2점]

2. 다음은 효소 리파제(lipase)를 이용한 화합물 **A**의 입체선택적 가수분해 반응의 [**반응식**]과, 카이랄 칼럼을 이용한 액체 크로마토그래피로 거울상체 혼합물을 분석한 [**액체 크로마토그램**]이다. **A**와 **B** 라세믹 표준 시료로부터 얻은 각각의 크로마토그램에서, 검출된 두 피크의 면적비는 1 : 1이다. (단, 반응에서는 적절한 정제 과정을 수행하였다.)

[**반응식**]



[**액체 크로마토그램**]



반응 후 생성 혼합물의 크로마토그램에서 피크 ㉠에 해당하는 화합물의 R, S 배열(configuration)을 쓰고, 피크 ㉡과 ㉢의 면적비가 1 : 9일 때 거울상 초과도(enantiomeric excess, %)를 쓰시오. [2점]

3. <자료 1>의 (가)는 연소에 대한 플로지스톤 모형에 관한 과학사 자료이고, (나)는 이 모형을 검증하기 위한 실험 자료이다. <자료 2>는 기어리(R. Giere)가 제시한 방법에 따라 이 모형을 평가하기 위해 작성한 것이다. <작성 방법>에 따라 서술하시오. [4점]

<자료 1>

(가)

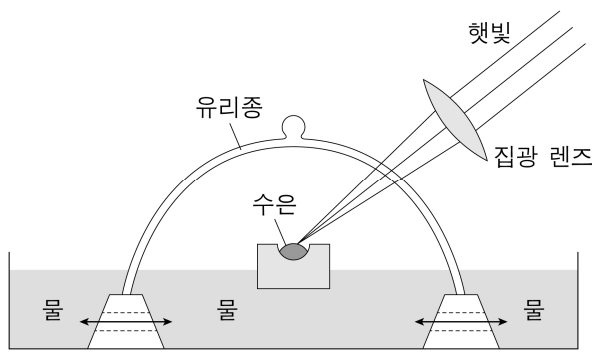
플로지스톤 모형은 18세기까지 많은 화학 현상을 설명하는 데 사용되었다. 당시 화학자들은 플로지스톤을 질량을 가진 열소로 간주했고, 연소나 부식, 용해 과정을 플로지스톤 모형으로 설명했다.

플로지스톤 모형에 따르면, 가연성 물질은 플로지스톤을 함유하고 있다고 가정된다. 가열하는 것은 플로지스톤을 공기 중으로 방출하는 것이고, 냉각하는 것은 플로지스톤의 휘발성을 감소시키는 것이며, 불을 덮어 끄는 것은 플로지스톤이 빠져나가지 못하도록 가두는 것이다.

연소에 대한 연구는 매우 어려웠다. 우리가 흔히 태우는 것들은 대부분 다양한 물질로 이루어져 있으며, 연소할 때 여러 가지 가스를 많이 배출한다. 또한, 연소는 일반적으로 신속하고 격렬하게 일어난다. 따라서 간단하고 잘 통제되는 실험을 고안할 필요가 있었다. 영국의 프리스틀리(J. Priestley)와 프랑스의 라부아지에(A. Lavoisier)를 선두로 하여, 1770년대 화학자들은 다양한 실험 기법들을 개발했다.

(나)

라부아지에는 프리스틀리가 처음 개발한 기법들을 이용하여 잘 통제된 연소 실험을 고안했다. 수은을 물 위에 띄우고 공기를 채운 후 유리종으로 덮었다. 실험에 사용한 수은의 무게와 공기의 부피를 측정했다. 그런 다음 집광 렌즈로 햇빛을 모아 수은을 가열했다. 수은의 표면 위에 붉은 가루 즉, 재가 생겼다. 수은과 재의 혼합물은 원래 수은보다 무게가 증가했고, 유리종 안의 수위는 높아졌다.



<자료 2>

※ 각 요소 간 관계 설명은 생략됨.

- 실제 세계 : 조사 중인 실제 세계의 현상은 연소 과정이다. 실험 상황은 통제된 상황에서 수은을 연소시킨 것이다.
- 모 형 : 물질에 열을 가하면 플로지스톤이 방출된다는 플로지스톤 모형이다.
- 예 측 : 수은과 재의 혼합물은 원래 수은보다 무게가 (㉠), 유리종 안의 수위는 (㉡).
- 데 이 터 : … (생략) …

<작성 방법>

○ <자료 1>을 참고하여, <자료 2>의 괄호 안의 ㉠과 ㉡에 해당하는 현상을 그 근거와 함께 각각 서술할 것.

○ <자료 2>의 기어리(R. Giere)가 제시한 방법에 따라 플로지스톤 모형의 수용 여부를 판정하고, 그 이유를 제시할 것.

한국교육과정평가원

4. <자료 1>은 화학 전지 만들기에 관한 예비 교사의 실험 자료이다. <자료 2>는 예비 교사의 추가 실험 계획이고, <자료 3>은 실험 결과에 대해 예비 교사들이 설명한 내용이다. <작성 방법>에 따라 서술하시오. [4점]

<자료 1>

[실험 제목]

화학 전지 만들기

[준비물]

비커, 0.1 M 황산구리($CuSO_4$) 수용액, 0.1 M 황산아연($ZnSO_4$) 수용액, 질산칼륨(KNO_3), U자 유리관, 집게 달린 전선, 알코올램프, 아연판, 구리판, 한천, 유리솜, 전압계

[실험 과정]

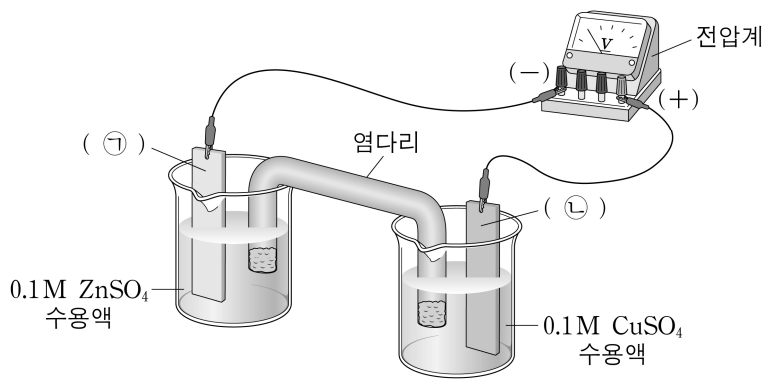
(가) 비커에 증류수 100 mL를 넣고, KNO_3를 넣어 포화될 때까지 녹인 다음 한천 4 g을 넣고 저어 가면서 끓인다.

(나) (가)의 용액을 U자 유리관에 채우고 유리솜으로 막아 염다리를 만든다.

(다) 그림과 같이 한 비커에는 0.1 M $ZnSO_4$ 수용액에 (㉠)을 넣고, 다른 비커에는 0.1 M $CuSO_4$ 수용액에 (㉡)을 넣는다.

(라) 그림과 같이 염다리를 두 용액 속에 잠기게 한다.

(마) 전압계의 (−) 단자를 (㉠)에 연결하고 (+) 단자를 (㉡)에 연결한 후, 전압계의 눈금을 읽는다.



<자료 2>

예비 교사들은 염다리를 만드는 과정에서 생긴 의문을 해결하기 위해 추가 실험을 계획했다.

문제 인식	(㉢)
가설 설정	KNO_3 수용액의 농도에 따라 전지의 전압 크기가 달라질 것이다.
변인 설정	○ 조작 변인 : (㉣) ○ 종속 변인 : … (생략) … ○ 통제 변인 : 온도, 물의 양, U자 유리관, 끓이는 시간, 용질의 종류 등

… (하략) …

<자료 3>

예비 교사 A : 아연 전극에서는 아연 원자가 전자를 내어 놓고 이온이 되어 용액으로 이동한다.

예비 교사 B : 도선을 통해 전자가 아연 전극에서 구리 전극으로 이동한다.

예비 교사 C : 염다리에서 NO_3^- 이온은 황산아연 용액으로 이동한다.

예비 교사 D : 아연 전극의 질량은 증가한다.

<작성 방법>

○ <자료 1>의 괄호 안의 ㉠, ㉡에 해당하는 것을 준비물에서 찾아 순서대로 쓸 것.

○ <자료 2>의 괄호 안의 ㉢에 해당하는 내용을 <자료 1>에서 실험 과정을 참고하여 1가지 쓰고, 괄호 안의 ㉣에 해당하는 내용을 적을 것.

○ <자료 3>에서 예비 교사의 옳지 않은 설명 1개를 찾아 과학적으로 옳은 설명으로 고칠 것.

5. <자료>는 과학의 본성에 대해 예비 교사들이 나눈 대화이다. <작성 방법>에 따라 서술하시오. [4점]

<자 료>

예비 교사 A : 학생들이 ㉠ 여러 가지 조건에서 실험을 실시하여 실험 결과의 규칙성을 찾아보는 경험을 할 수 있도록 실험을 활용하면 됩니다. 그래야 과학 지식을 스스로 발견하는 경험을 할 수 있습니다.

예비 교사 B : 때로는 교사가 시범 실험을 한 후에 과학 지식을 설명하는 것도 필요할 것 같습니다. 이미 충분히 많은 연구 결과를 통해 검증된 지식을 확인하는 실험인데, 실험을 잘못하면 오히려 혼란을 불러일으킬 수도 있으니까요. 지금 교과서에서 배우고 있는 과학 지식은 많은 연구 결과를 통해 밝혀진 것이라 앞으로도 바뀔 수가 없어요.

예비 교사 C : 현재 가장 인정받고 있는 과학 이론을 배우고 있는 것이지만 나중에는 새로운 사실이 발견될 수도 있지요. 따라서 지금의 과학 이론이 오류로 밝혀질 수도 있지 않을까요? 예를 들어 처음에 원자는 더 이상 나눌 수 없는 입자라고 했지만, 이후에 톰슨(J. Thomson)은 전자를 발견했고 최근 과학자들은 원자핵에 들어 있는 양성자와 중성자 그리고 이를 구성하는 쿼크까지 사용하여 원자의 구조를 설명하고 있잖아요.

예비 교사 D : 흥미롭게도 컴퓨터를 이용한 과학 연구들이 빠르게 발전하고 있어요. 최근 우리나라에서 인공지능(AI)이 다양한 금속을 학습하고 조합하여 단기간에 최적의 촉매 후보 물질을 찾아내는 능력을 활용해서 그린수소를 생성하는 효율적인 촉매를 만들었습니다.

예비 교사 E : 이런 비슷한 사례가 예전에도 있었지요. 양자화학 계산 프로그램을 사용하여 슈뢰딩거 방정식을 풀어 분자의 구조와 에너지를 쉽게 계산할 수 있어요. 예를 들어 빛에 의하여 레티날의 구조가 변화되는 과정을 계산 프로그램을 이용하여 예측했는데 이후에 실험적으로도 증명이 되었지요.

<작성 방법>

○ 예비 교사 A의 설명에서 밑줄 친 ㉠에 사용된 과학적 방법을 쓰고, 이 방법의 한계점 1가지를 제시할 것.

○ 예비 교사 C가 가진 과학 지식에 대한 인식론적 관점을 제시할 것.

○ 예비 교사 D와 E의 설명에서 공통적으로 발견되는 과학의 본성 1가지를 제시할 것.

6. 다음은 물질 A의 가열에 대한 [**실험**]과 1 atm에서의 A에 대한 [**자료**]이다.

[**실험**]

<과정 1>

410 K의 1 mol A(l)를 가열하여 451 K의 A(l)이 되었다.

<과정 2>

300 K의 2 mol A(s)를 가열하여 430 K의 A(l)이 되었다.

[**자료**]

○ 일정 압력 몰열용량($C_{p,\mathrm{m}}$) $= a + bT$ (T는 절대 온도)

	$a\,(\mathrm{J\,K^{-1}\,mol^{-1}})$	$b\,(\mathrm{J\,K^{-2}\,mol^{-1}})$
A(s)	40	0.05
A(l)	80	0

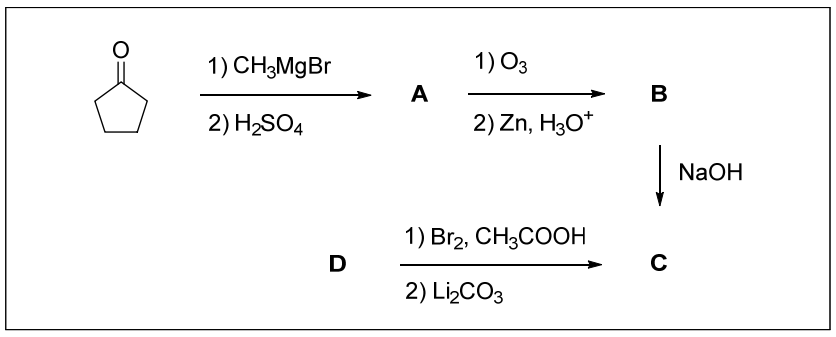
○ 녹는점 : 400 K

○ 400 K에서 A(s)의 몰용융 엔탈피 : 15 kJ mol^{-1}

400 K, 1 atm에서 A(s)의 몰용융 엔트로피(J K^{-1} mol^{-1})를 쓰시오. <과정 1>에서 A(l)의 엔트로피 변화(J K^{-1})를 쓰시오. <과정 2>에서 A의 엔탈피 변화(kJ)를 구하는 과정과 그 결과를 쓰시오. (단, 실험에서 압력은 1 atm으로 일정하다.) [4점]

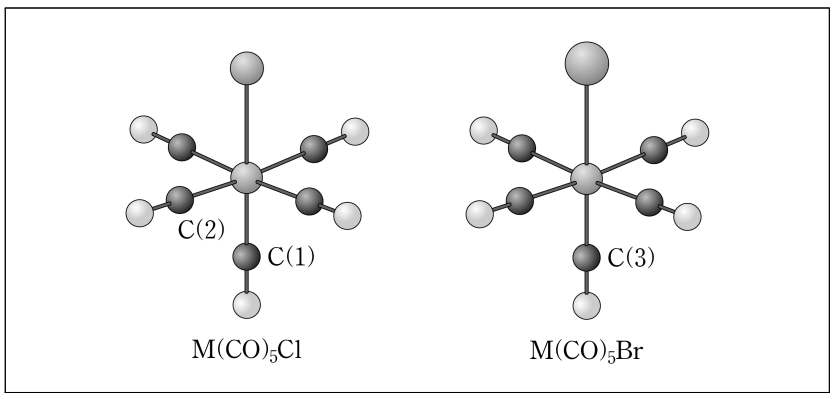
한국교육과정평가원

7. 다음은 cyclopentanone으로부터 중간 주생성물 **A**(C_6H_{10})와 **B**($C_6H_{10}O_2$)를 거쳐 최종 주생성물 **C**(C_6H_8O)를 합성하는 반응과 고리 화합물 **D**($C_6H_{10}O$)로부터 2단계로 **C**를 합성하는 반응을 나타낸 것이다. (단, 각 반응에서는 적절한 분리·정제 과정을 수행하였다.)



A, **C**, **D**의 구조를 각각 그리시오. **B**가 **C**로 전환되는 과정에서 생성되는 중간체($C_6H_{10}O_2$)의 구조를 그리시오. [4점]

8. 다음은 18-전자 착화합물 $M(CO)_5Cl$과 $M(CO)_5Br$의 구조 모형을 나타낸 것이다. M은 4주기 원소이다.



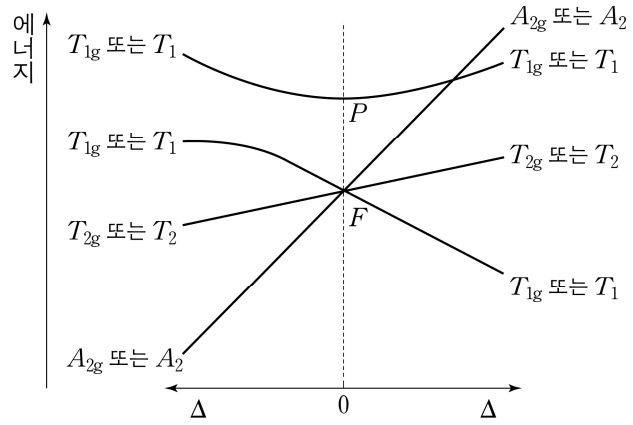
M의 원소 기호를 쓰시오. C(1)－O, C(2)－O, C(3)－O를 결합 길이가 긴 것부터 짧은 것 순서대로 나열하고, 그 이유를 서술하시오. $M(CO)_5Br$에 해당하는 점군과 그 차수(order)를 쓰시오. [4점]

9. 다음은 d^8 착화합물 A의 [**전자 흡수 스펙트럼 자료**]와 A에 적용할 수 있는 [**오겔(Orgel) 도표**]를 나타낸 것이다. $7500 < \nu_2 < 24000$이다.

[**전자 흡수 스펙트럼 자료**]

스핀 허용 전이	**1**	**2**	**3**
파수(cm^{-1})	7500	ν_2	24000
몰흡광 계수($L\,mol^{-1}\,cm^{-1}$)	3	3.5	

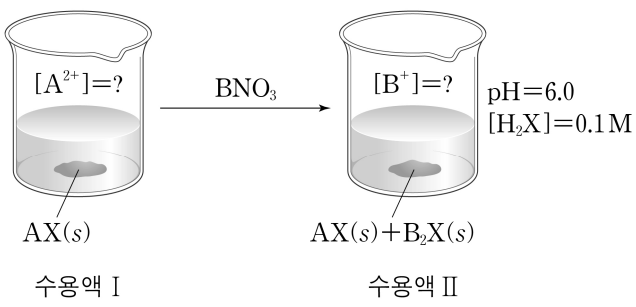
[**오겔(Orgel) 도표**]



정사면체와 정팔면체 중 A의 구조로 타당한 것을 쓰고, 그 이유를 선택 규칙(selection rule)에 근거하여 서술하시오. 전이 **2**에 해당하는 바닥 상태 항기호와 들뜬 상태 항기호를 순서대로 쓰고, A의 결정장 안정화 에너지(CFSE, cm^{-1})의 절댓값을 쓰시오. (단, 대칭성이 같은 상태 항의 혼합(mixing)은 무시한다.) [4점]

10. [**그림**]에서 수용액 Ⅰ은 난용성 염 $AX(s)$로 포화된 수용액이고 수용액 Ⅱ는 수용액 Ⅰ에 BNO_3를 가한 후 pH와 $[H_2X]$를 각각 6.0과 0.1 M로 조정하였을 때 $B_2X(s)$가 생성된 수용액이다. [**자료**]는 이와 관련된 평형 반응식과 25℃에서의 평형 상수를 나타낸 것이다.

[**그림**]



[**자료**]

$AX(s) \rightleftarrows A^{2+}(aq) + X^{2-}(aq)$ $\quad K_{sp}$

$X^{2-}(aq) + H^+(aq) \rightleftarrows HX^-(aq)$ $\quad K_1$

$HX^-(aq) + H^+(aq) \rightleftarrows H_2X(aq)$ $\quad K_2$

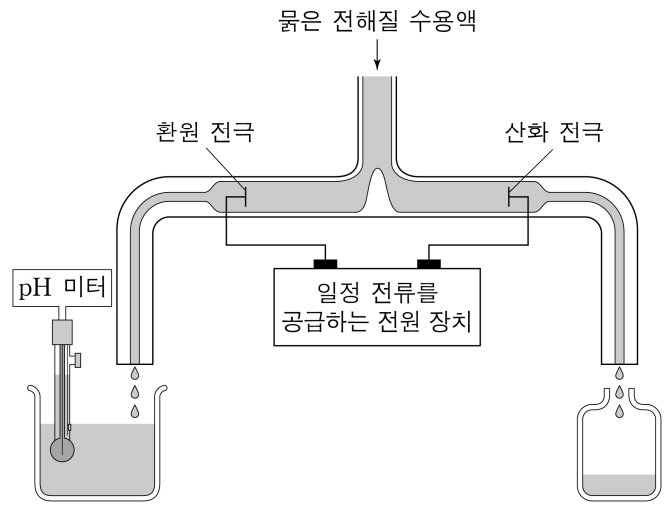
$B_2X(s) \rightleftarrows 2B^+(aq) + X^{2-}(aq)$ $\quad K'_{sp} = y$

수용액 Ⅰ에서 $[A^{2+}]$를 $[H^+]$, K_1, K_2, K_{sp}를 포함하는 식으로 나타내는 과정과 그 결과를 쓰시오. 수용액 Ⅱ에서 $[B^+]$를 K_1, K_2, y를 포함하는 식으로 나타내는 과정과 그 결과를 쓰시오. (단, A, B, X는 임의의 원소 기호이고, 수용액의 온도(25℃)와 부피는 일정하며 BNO_3는 완전 해리한다.) [4점]

한국교육과정평가원

11. 다음은 묽은 전해질 수용액에서 물을 전기분해할 때 환원 전극에서 얻는 OH^-을 이용하여 약산 용액을 적정하는 [**적정 장치**]와, 이 장치를 이용하여 pH가 5.00인 완충 용액을 제조하는 [**실험 과정**]과 [**실험 결과**] 및 [**자료**]를 나타낸 것이다.

[**적정 장치**]



[**실험 과정**]

① 약산 1.00 M 용액 100 mL가 들어 있는 비커를 그림과 같이 환원 전극 아래에 위치시키고, 용액의 pH를 측정할 수 있는 pH 미터를 설치한다.

② 전원 장치를 켜고 3.00 A의 전류를 일정하게 흘려주면서, 환원 전극에서 생성된 OH^-으로 약산 용액을 적정한다.

③ 약산 용액의 pH가 5.00이 될 때까지 걸리는 시간을 기록한다.

[**실험 결과**]

• 완충 용액의 pH가 5.00이 될 때까지 걸린 시간은 t(s)이다.

[**자료**]

• 1.00 M 약산 용액의 밀도: $1.06\,\mathrm{g\,mL^{-1}}$

• 약산의 몰질량: $60.0\,\mathrm{g\,mol^{-1}}$

• 25℃에서 약산의 산해리 상수(K_a): 2.00×10^{-5}

• 패러데이 상수: $F\,\mathrm{C\,mol^{-1}}$

실험에 사용한 1.00 M 약산 용액의 몰랄 농도(m)를 쓰시오. [**적정 장치**]의 환원 전극에서 일어나는 반쪽 반응식을 쓰고, [**실험 결과**]의 시간 t(s)를 F를 포함하는 식으로 나타내는 과정과 그 결과를 쓰시오. (단, 온도는 25℃로 일정하고, 흘려준 전류는 모두 물의 전기분해에만 사용되며, 시간 t 동안 생성된 OH^-은 모두 적정에 사용된다.) [4점]

<수고하셨습니다.>