2025학년도 중등학교교사 임용후보자 선정경쟁시험

화 학

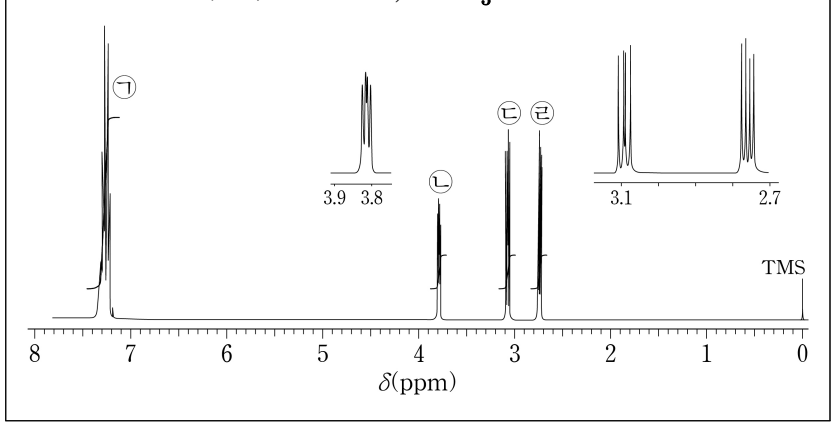
수험 번호 : ( ) **성 명 : ( )**

제1차 시험	3교시 전공B	11문항 40점	시험 시간 90분

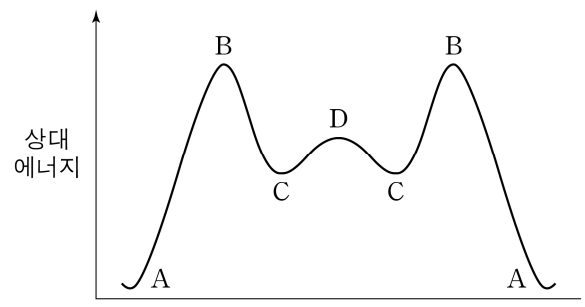
○ 문제지 전체 면수가 맞는지 확인하시오.
○ 모든 문항에는 배점이 표시되어 있습니다.

1. 다음은 분자식이 C_8H_8O인 화합물의 ^1H NMR 스펙트럼이다. 피크의 적분 비 ㉠ : ㉡ : ㉢ : ㉣은 5 : 1 : 1 : 1이다. 이 화합물의 구조를 그리고, 피크 ㉡에 해당하는 수소에 동그라미로 표시하시오. (단, ^1H NMR 스펙트럼의 여백에 있는 그림은 피크 ㉡~㉣을 확대한 것이다.) [2점]

[^1H NMR 스펙트럼(300 MHz, $CDCl_3$)]



2. 다음은 사이클로헥세인(cyclohexane)의 다양한 형태인 A~D의 상대 에너지를 나타낸 것이다. A~D는 각각 의자(chair), 반쪽의자(half-chair), 보트(boat), 꼬인보트(twist-boat) 형태 중 하나이다.



A와 D에 해당하는 각각의 형태를 수소를 제외한 탄소만으로 그리시오. 또한, A에 해당하는 점군을 쓰시오. [2점]

3. <자료>는 2022 개정 과학과 교육과정(교육부 고시 제2022-33호) '물질과 에너지'의 '반응 속도' 영역에서 온도와 반응 속도에 관한 교수·학습 과정안의 일부이다. <작성 방법>에 따라 서술하시오. [4점]

<자 료>

학습 목표	온도에 따라 반응 속도가 달라짐을 설명할 수 있다.
단계	교수·학습 활동
탐색	○ 일상생활에서 음식을 오랫동안 보관하기 위해 어떻게 해야 하는지 생각해 보게 한다. ○ 다음 실험을 수행하게 한다. (1) 흰색 종이에 X 표시를 하고, 싸이오황산나트륨($Na_2S_2O_3$) 수용액이 든 비커를 올려놓는다. (2) 실온에서 (1)의 비커에 묽은 염산(HCl)을 반응시켜 바닥의 X 표시가 보이지 않을 때까지 걸리는 시간을 측정한다. (3) 싸이오황산 나트륨 수용액과 묽은 염산이 든 각 시험관을 찬물에 담가 두었다가 과정 (1)~(2)를 반복한다. (4) 싸이오황산 나트륨 수용액과 묽은 염산이 든 각 시험관을 더운물에 담가 두었다가 과정 (1)~(2)를 반복한다. ○ 실험 결과를 서술하게 한 후, 온도와 반응 속도 관계에 관한 인과적 질문을 한다. ○ 이전에 학습한 내용인 온도와 분자 운동, 화학 반응과 활성화 에너지를 실험 결과와 연결하여 ㉠ 온도에 따라 반응 속도가 달라지는 원인에 대해 잠정적인 설명을 하게 한다.
용어 도입	… (생략) …
개념 적용	… (생략) …

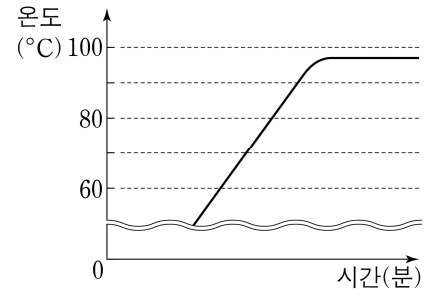
<작성 방법>

○ 로슨(A. Lawson)의 3가지 순환학습 모형 중에서 <자료>에 적용된 교수·학습 모형에 해당하는 것 1가지를 쓰고, 그렇게 판단한 이유를 서술할 것.
○ <자료>를 참고하여, 용어 도입 단계에서 제공할 수 있는 밑줄 친 ㉠에 대한 교사 설명을 서술할 것.

4. <자료>는 물의 가열 실험에서 얻은 결과에 대해 예비 교사와 학생이 나눈 대화이다. <작성 방법>에 따라 서술하시오. [4점]

<자 료>

예비 교사 : 1기압에서 물 100 mL를 가열하는 실험을 수행하고, 다음과 같은 시간-온도 그래프를 얻었어요. 이 실험 결과로부터 무엇을 알 수 있을까요?



학 생 : ㉠ 수평 구간의 온도를 보니, 물의 끓는점은 100 ℃인 것을 알 수 있어요.
예비 교사 : 그래프 모양을 다시 관찰해 볼까요?
학 생 : 다시 보니 ㉡ 수평 구간의 온도가 100 ℃보다 낮네요.
예비 교사 : 그럼 그 관찰로부터 무엇을 알 수 있나요?
학 생 : ㉢ 가열해도 온도가 더 이상 올라가지 않는 수평 구간에서 상태 변화가 일어나므로, 100 ℃보다 낮은 온도에서 물이 끓는다는 것을 알 수 있어요. 1기압에서 물의 끓는점은 100 ℃인데, 왜 물이 100 ℃보다 낮은 온도에서 끓죠?
예비 교사 : ㉣ 그 이유는 주위로 열을 많이 잃어버리는 물의 표면 가까이에 온도계를 넣어 온도를 측정했기 때문이에요.

<작성 방법>

○ 밑줄 친 ㉠~㉢ 중 잘못된 해석을 하고 있는 것 1가지를 찾아 쓰고, 그렇게 판단한 이유를 관찰의 이론 의존성 관점에서 서술할 것.
○ 구성주의 학습 관점에서 학생의 질문에 대한 밑줄 친 ㉣과 같은 대응의 문제점을 쓰고, 적절한 대응으로 수정하여 서술할 것.

한국교육과정평가원

5. <자료 1>은 '물질의 특성과 용해도' 단원의 [**학습 목표**]와 예비 교사가 수업에서 사용할 [**실험 계획**]의 일부이고, <자료 2>는 <자료 1>의 수업에 대해 예비 교사가 개발한 [**형성 평가 문항**]이다. <작성 방법>에 따라 서술하시오. [4점]

<자료 1>

[**학습 목표**]

○ 용해도가 물질의 특성임을 설명할 수 있다.

○ 실험 결과를 해석하여 용해도가 물질의 특성임을 결론 내릴 수 있다.

[**실험 계획**]

(가) 시험관 4개에 각각 물 10g을 넣고 질산 칼륨을 6g, 9g, 12g, 15g씩 넣는다.

(나) 물이 든 500mL 비커에 4개의 시험관을 넣고 가열하여 질산 칼륨을 모두 녹인다.

(다) ㉠ (나)의 시험관에 온도계를 꽂은 후 시험관을 찬물에 넣어 시험관에서 결정이 생기는 순간의 온도를 기록한다.

(라) 20℃에서 4개의 시험관에 생성된 질산 칼륨 결정을 거른 후, 물에 녹아 있는 질산 칼륨의 질량을 구해 서로 비교한다.

(마) (다)에서 기록한 온도를 이용하여 용해되어 있는 질산 칼륨의 질량과 온도 관계를 그래프로 나타낸다.

<자료 2>

[**형성 평가 문항**]

일정 온도에서 일정량의 물에 녹을 수 있는 물질의 최대 질량을 의미하는 물질의 특성을 쓰시오.

<작성 방법>

○ <자료 1>의 [**실험 계획**]에 대해 지도 교사가 제시할 수 있는 검토 의견을 측정의 신뢰도 관점과 실험의 타당성 관점에서 각각 1가지씩 서술할 것.

○ 밑줄 친 ㉠에 드러난 기초 탐구 기능을 2가지 제시할 것.

○ 첫 번째 [**학습 목표**]를 고려하여 지도 교사가 <자료 2>의 [**형성 평가 문항**]에 대해 제시할 수 있는 검토 의견을 1가지 서술할 것.

6. 다음은 변분 원리를 이용하여 1차원 조화진동자의 최저 에너지를 구하기 위한 자료이다.

[**시도 파동함수(trial wavefunction)**]

$\psi(x) = A\,\mathrm{e}^{-\alpha x^2}$

(A : 정규화 상수, α : 변분 계수(variation coefficient))

[**해밀턴 연산자**]

$$\hat{H} = -\frac{\hbar^2}{2m}\frac{d^2}{dx^2} + \frac{1}{2}m\omega^2 x^2$$

(m : 입자의 질량, $\omega = \left(\frac{k_\mathrm{f}}{m}\right)^{1/2}$, k_f : 힘상수,

h : 플랑크 상수, $\hbar = h/2\pi$)

[**에너지 기댓값**]

$$\int_{-\infty}^{\infty} \psi(x)\hat{H}\psi(x)dx = \left(\frac{\alpha\hbar^2}{2m} + \frac{m\omega^2}{8\alpha}\right)$$

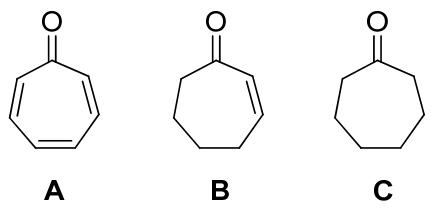
[**적분식**]

$$\int_{-\infty}^{\infty} \mathrm{e}^{-2\alpha x^2}dx = \sqrt{\frac{\pi}{2\alpha}}$$

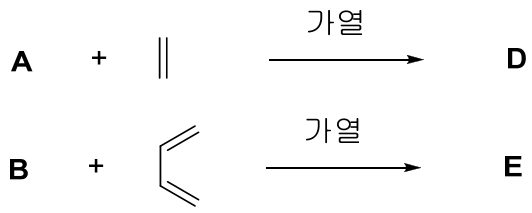
[**시도 파동함수**]의 A를 α를 포함하는 식으로 쓰시오. α를 이용하여 최저 에너지를 구하는 과정을 쓰고, 이때의 α를 $m, \hbar, \omega$를 포함하는 식으로 쓰시오. 구한 최저 에너지를 $\hbar, \omega$를 포함하는 식으로 쓰시오. (단, A와 α는 양의 실수이다.) [4점]

7. 다음은 칠각 고리 케톤 화합물 **A**~**C**의 [**구조**]와 [**반응**]을 나타낸 것이다.

[**구조**]



[**반응**]



화합물 **A**의 공명 구조 중 방향족성(aromaticity)을 가지는 구조를 그리시오. 또한, IR 스펙트럼에서 C＝O 결합의 신축 진동 파수(cm^{-1})가 큰 것부터 작은 것 순서대로 **A**~**C**를 나열하시오. 가능한 주생성물 **D**($C_9H_{10}O$)의 구조와 **E**($C_{11}H_{16}O$)의 입체 구조를 각각 그리시오. [4점]

8. 다음은 정팔면체 구조를 갖는 착화합물 $Cr(CO)_6$의 점군인 [O_h**의 지표표의 일부**]와 화합물 A～D의 IR 스펙트럼에서 나타나는 [CO **신축 진동 기본 흡수띠**]를 나타낸 것이다. A～D는 각각 $Cr(CO)_6$, $[Fe(CO)_6]^{2+}$, $[V(CO)_6]^{-}$, $[Ti(CO)_6]^{2-}$ 중 하나이다.

[O_h**의 지표표의 일부**]

O_h	E	(a)	$6C_2$	$6C_4$	$3C_2(=C_4^2)$	i	$6S_4$	$8S_6$	$3\sigma_h$	$6\sigma_d$
A_{1g}	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
A_{2g}	1	1	-1	(b)	1	1	-1	1	1	-1

[CO **신축 진동 기본 흡수띠**]

화합물	$\nu_{CO}\,(cm^{-1})$
A	2204
B	2000
C	1859
D	1748

[O_h**의 지표표의 일부**]에서 a와 b를 각각 쓰시오. 이를 이용하여 $Cr(CO)_6$에서 C－O 신축 진동 6개에 해당하는 가약 표현을 각 대칭 조작에 해당하는 순서대로 지표를 쓰시오. [CO **신축 진동 기본 흡수띠**]를 이용하여 B와 D에 해당하는 화합물을 각각 쓰고 그 이유를 설명하시오. (단, Ti, V, Cr, Fe의 원자 번호는 각각 22, 23, 24, 26이다.) [4점]

9. [**자료**]는 금속 이온(M^{3+})의 수화 반응식과 수화 엔탈피를 나타낸 것이다. [**그림**]은 정팔면체장에 놓여 있는 d^3 이온의 상관 도표이다. 이때 스핀 허용 전이는 3가지이고 각각의 전이에 해당하는 파수는 $\nu_1 < \nu_2 < \nu_3$이다. X ~ Z는 각각 V, Cr, Fe, Ni 중 하나이다.

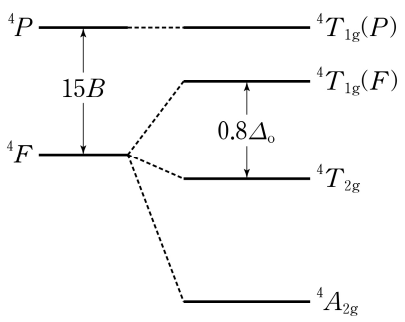
[**자료**]

$M^{3+}(g) + 6H_2O(l) \rightarrow [M(H_2O)_6]^{3+}(aq)$

M^{3+}	$\Delta H_1(kJ\,mol^{-1})$	$\Delta H_2(kJ\,mol^{-1})$	$\Delta_o(kJ\,mol^{-1})$
X^{3+}	−5700	−5700	180
Y^{3+}	−5560	−5740	225
Z^{3+}	−5646	−5898	210

ΔH_1 : d 궤도함수 갈라짐을 고려하지 않고 계산한 수화 엔탈피
ΔH_2 : 실험을 통해 얻은 4주기 일부 금속 이온의 수화 엔탈피
Δ_o : 팔면체 착화합물의 결정장 갈라짐 에너지

[**그림**]



B (cm^{-1}) : 라카(Racah) 인자

[**자료**]를 이용하여 Y에 해당하는 금속을 결정하여 쓰시오. 또한, X^{3+} 자유 이온의 바닥 상태 항기호(term symbol)를 쓰시오. [**자료**]와 [**그림**]을 이용하여 $[Z(H_2O)_6]^{3+}$의 ν_3 cm^{-1}가 $462a$ cm^{-1}일 때, B(cm^{-1})를 구하는 과정을 제시하고, 그 결과를 a가 포함된 값으로 쓰시오. (단, V, Cr, Fe, Ni의 원자 번호는 각각 23, 24, 26, 28이고, a cm^{-1}에 해당하는 에너지는 1 kJ mol^{-1} 이다. 스핀-궤도 짝지음, 뒤틀림(distortion), 같은 상태 항의 혼합(mixing)은 무시한다.) [4점]

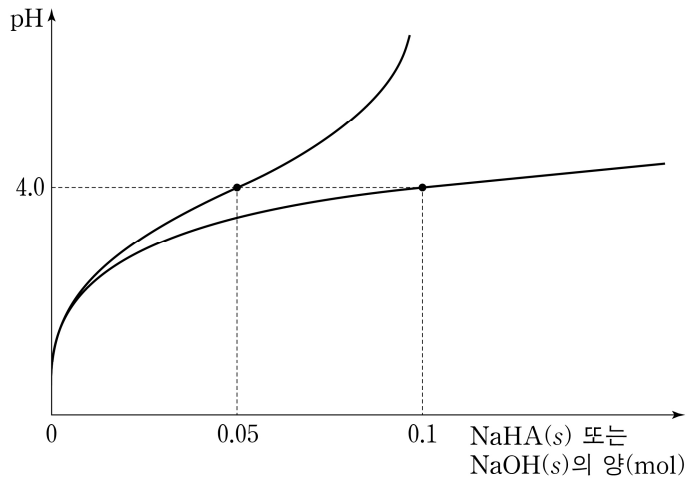
10. [**자료**]는 이양성자성 약산 H_2A의 해리 평형식과 25℃에서의 산 해리 상수(K_a)를 나타낸 것이다. [**그림**]은 25℃에서 부피가 100 mL이고 H_2A의 농도가 xM인 수용액 (가)에 NaHA(s) 또는 NaOH(s)를 가했을 때 용액의 pH를 각각 나타낸 것이다.

[**자료**]

$H_2A(aq) + H_2O(l) \rightleftarrows H_3O^+(aq) + HA^-(aq) \quad K_{a1} = ?$

$HA^-(aq) + H_2O(l) \rightleftarrows H_3O^+(aq) + A^{2-}(aq) \quad K_{a2} = 1.0 \times 10^{-9}$

[**그림**]



H_2A의 농도인 xM을 구하는 과정과 결과를 쓰고, K_{a1}의 값을 쓰시오. 또한, 25℃에서 수용액 (가)에 NaOH(s)를 0.12 mol 만큼 가했을 때 혼합 용액의 H_3O^+의 농도(M)를 쓰시오. (단, 고체의 첨가로 인한 용액의 부피 변화는 무시한다.) [4점]

11. 다음은 유도 결합 플라즈마 원자 방출 분광법(ICP-Atomic Emission Spectrometry)과 교정 곡선법을 이용하여 Pb^{2+}의 농도를 결정하고, 이를 통해 25℃에서 $PbSO_4(s)$의 용해도곱(K_{sp})을 결정하는 실험이다.

[자료]

○ 관련 평형 반응식과 25℃에서의 평형 상수

$PbSO_4(s) \rightleftarrows Pb^{2+}(aq) + SO_4^{2-}(aq)$ $\quad K_{sp} = ?$

$HSO_4^-(aq) \rightleftarrows H^+(aq) + SO_4^{2-}(aq)$ $\quad K_a = 1 \times 10^{-2}$

[실험 과정]

(가) ICP 원자 방출 분광기를 이용하여 Pb^{2+}에 대한 교정 곡선식을 얻는다.

(나) 증류수 100 mL에 과량의 $PbSO_4(s)$를 첨가하여 바닥에 $PbSO_4(s)$가 존재하는 포화 수용액을 만든다.

(다) (나)의 수용액의 pH를 2.0으로 조정한 후 $PbSO_4(s)$가 남아 있는 것을 확인하고, $PbSO_4(s)$를 완전히 제거한다.

(라) (다)의 수용액을 ICP 원자 방출 분광기에 주입하고, Pb^{2+} 방출선 신호 세기를 측정한다.

[결과]

○ **[실험 과정]** (가)에서 얻은 교정 곡선식 :

Pb^{2+} 방출선 신호 세기(mV)
$= 1000(\text{mV/M}) \times Pb^{2+}$ 농도(M) $+ 0.1(\text{mV})$

○ **[실험 과정]** (라)에서 측정된 Pb^{2+} 방출선 신호 세기 : 1.3 mV

교정 곡선식을 적용하여 결정한 **[실험 과정]** (다)의 수용액의 Pb^{2+}의 농도(M)를 쓰시오. **[실험 과정]** (다)의 수용액에서의 SO_4^{2-}와 관련된 질량 균형식을 쓰시오. 또한, 25℃에서 $PbSO_4(s)$의 K_{sp}를 구하는 과정과 그 결과를 쓰시오. (단, 온도는 25℃로 일정하고, 제시된 평형 반응 이외의 반응은 고려하지 않는다.) [4점]

<수고하셨습니다.>