

2022학년도 중등학교교사 임용후보자 선정경쟁시험

화 학

수험 번호 : ()

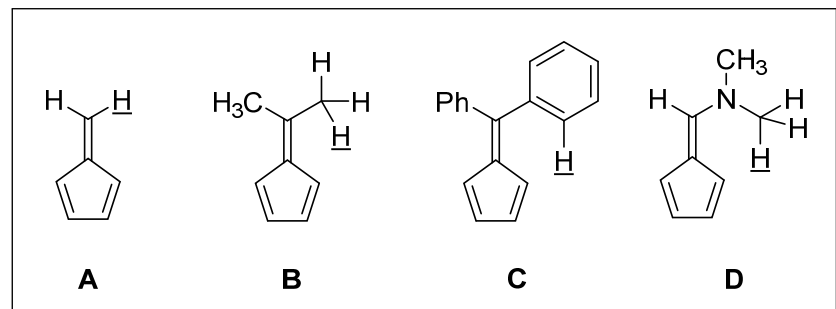
성 명 : ()

제1차 시험	2 교시 전공 A	12문항 40점	시험 시간 90분
--------	-----------	----------	-----------

- 문제지 전체 면수가 맞는지 확인하십시오.
- 모든 문항에는 배점이 표시되어 있습니다.

1. $^1\text{H}^{79}\text{Br}$ 의 마이크로파 스펙트럼에서 인접한 두 피크의 간격(Δ)이 $a\text{ cm}^{-1}$ 로 일정할 때, $J=4 \leftarrow J=3$ 전이에 해당하는 피크의 파수(cm^{-1})를 쓰시오. 또한, $^2\text{H}^{79}\text{Br}$ 의 마이크로파 스펙트럼에서 예측되는 Δ 를 a 를 포함하는 값으로 쓰시오. (단, ^1H , ^2H , ^{79}Br 의 원자량은 각각 1, 2, 79이고, $^1\text{H}^{79}\text{Br}$ 와 $^2\text{H}^{79}\text{Br}$ 의 결합 길이는 같다. J 는 각운동량 양자수이고, 원심 일그러짐과 Stark 효과는 무시한다.) [2점]

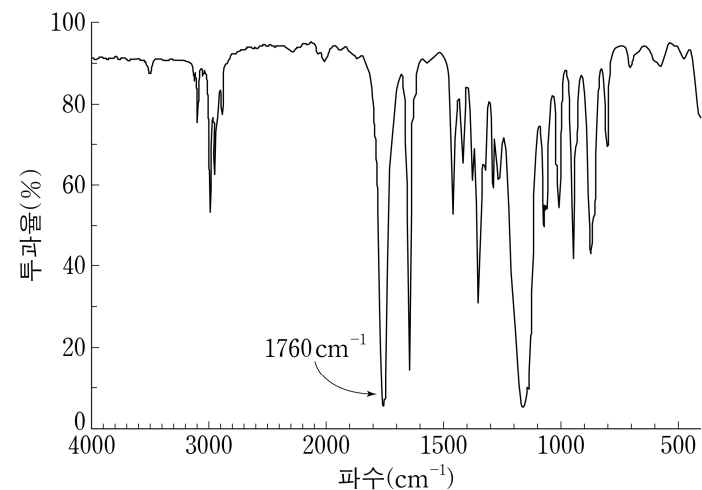
2. 다음은 4가지 methylene cyclopentadiene 화합물이다.



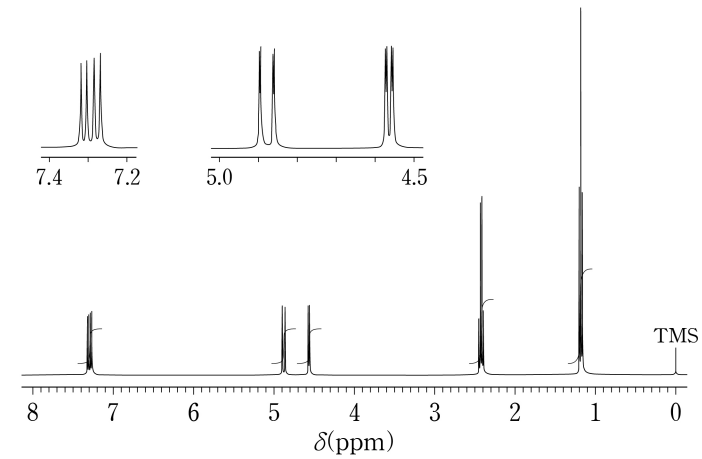
밑줄 친 수소에 해당하는 $\text{p}K_{\text{a}}$ 만을 고려할 때, **A~D** 중 $\text{p}K_{\text{a}}$ 값이 가장 작은 것을 쓰시오. 화합물 **C**는 탄소와 수소로만 이루어졌음에도 불구하고 쌍극자 모멘트가 크다. 이를 설명하기 위한 **C**의 공명 구조 1가지를 그리고, 쌍극자 모멘트를 화살표를 이용하여 양전하에서 음전하 방향으로 표시하십시오. [2점]

3. 다음은 분자식이 $C_5H_8O_2$ 인 어떤 화합물의 IR와 1H NMR 스펙트럼이다. 이 화합물의 구조를 그리고, 4.87 ppm 피크에 해당하는 수소에 동그라미로 표시하시오. (단, 1H NMR 스펙트럼의 여백에 있는 그림은 4.5~7.4 ppm 영역의 피크를 확대한 것이다.) [2점]

[IR 스펙트럼]



[1H NMR 스펙트럼 (400MHz, $CDCl_3$)]



4. 표는 금속 X와 Y에 대한 자료이다.

금속	X	Y
결정 구조	단순 입방	면심 입방
단위 세포		
원자량	a	$0.2a$
밀도	d	$2.7d$
원자 반지름	r	$\textcircled{L}$

$\textcircled{l}$ 을 l 을 포함하는 값으로 쓰고, $\textcircled{L}$ 을 r 를 포함하는 값으로 쓰시오. [2점]

5. <자료 1>은 멘델레예프(D. Mendeleev)의 주기율표에 관한 과학사의 사례이고, <자료 2>는 양초의 연소 실험을 수행하면서 교사와 학생이 나눈 대화의 일부이다. <작성 방법>에 따라 서술 하시오. [4점]

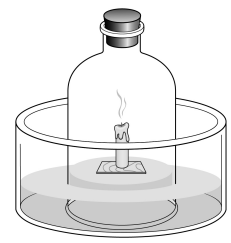
<자료 1>

(가) 멘델레예프는 원소의 대표적인 성질들과 원자량을 적은 일련의 카드를 만들고, 이 카드들을 여러 가지 방법으로 배열해봄으로써 원소의 성질과 원자량 사이의 주기적인 관계를 알아냈다. 그런데 그가 발견한 규칙으로 원소를 배열 할 때, 채워지지 않은 빈 자리들이 있었다. 멘델레예프는 그가 만든 주기율표가 맞지 않을 수도 있다고 생각한 것이 아니라, 주기율표의 빈칸에 그때까지 발견되지 않았던 새로운 원소들이 발견될 것이라고 주장하였다. 예를 들어, 멘델레예프는 규소(Si)와 성질이 비슷하고 원자량이 70쯤 되는 원소가 발견될 것이라고 주장하였다.

(나) 현대식 주기율표의 맨 오른쪽 세로줄(18족, 비활성 기체)은 멘델레예프가 처음 주기율표를 만들었을 때는 알려지지 않았기 때문에 멘델레예프의 원래 주기율표에는 그 줄 자체가 없었다. 그런데 멘델레예프의 주기율표에 존재하지 않던 아르곤(Ar)이 1894년에 발견되었다. 멘델레예프는 아르곤이 자신의 이론 체계에서 설명될 수 없기 때문에 원소일 수 없다고 생각했다.

<자료 2>

수조에는 물이 담겨 있고, 물 위에는 타고 있는 양초가 있다. 고무마개로 입구를 막은 유리종으로 양초를 덮었다. 잠시 후에 그림과 같이 양초의 불이 꺼졌고, 유리종 속으로 물이 들어왔다.



교사: 촛불이 꺼진 후 유리종 속으로 물이 들어오는 이유를 설명해보세요.

학생: 양초가 연소할 때 유리종 속의 산소를 사용하므로 소비된 산소의 양만큼 물이 올라왔어요.

교사: 동일한 조건에서 유리종 속에 양초 3개를 넣고 불을 붙였을 때는 어떻게 될까요?

학생: 유리종 속의 산소의 양은 일정하니까 양초 3개에 불을 붙여도 물이 올라온 높이는 변화가 없을 것 같아요.

... (중략) ...

학생: 양초 3개에 불을 붙여 실험을 해봤더니 더 많은 양의 물이 들어왔어요. 양초가 1개일 때보다 3개일 때 산소를 좀 더 많이 소비하므로 올라온 물의 양이 더 많은 것 같아요.

교사: 양초 1개와 3개를 비교할 때, 유리종을 덮기 전에 관찰한 두 실험의 다른 점은 없었나요?

학생: 양초 1개보다 3개가 탈 때 양초 주위의 온도가 더 높았어요. 제가 온도를 고려하지 않고 있었네요.

교사: 촛불이 꺼진 후 유리종 속으로 물이 들어오는 이유를 다시 설명해 보겠어요?

학생: 촛불이 꺼진 후에 유리종 속의 온도가 낮아져서 내부 압력이 낮아지기 때문에 물이 올라오는 것 같아요.

<작성 방법>

- <자료 1>의 (가)와 (나) 중 라카토스(I. Lakatos)의 긍정적 발견법이 사용된 사례를 고르고, 그 이유를 설명할 것.
- <자료 2>에 나타난 학생 반응을 라카토스의 발견법으로 설명할 것.
- <자료 2>의 실험을 설명하는 학생 개념이 어떻게 변하는지 설명할 것.

6. 다음은 2015 개정 과학과 교육과정의 통합과학에서 산·염기에 대한 탐구 학습 활동지를 제작하는 과정이다. <자료 1>은 탐구 학습 활동지 초안이며, <자료 2>는 학생들이 기초 탐구 과정을 경험할 수 있는 활동이 탐구 학습 활동지에 포함되어 있는지를 점검하는 평가표이다. <작성 방법>에 따라 서술하시오. [4점]

<자료 1>

[학습 목표]
 - 탐구: 산·염기 물질의 반응을 통해 기초 탐구 과정을 익힌다.
 - 지식: 탐구 활동을 통해 산·염기의 특징을 이해한다.

[실험 과정]
 (1) 홈 판과 시험관에 식초, 유리 세정제, 묽은 염산, 베이킹 소다 용액을 소량 넣는다.
 (2) 간이 전기 전도계로 각 용액에 전류가 흐르는지 확인한다.
 (3) BTB 용액을 1방울씩 떨어뜨려 각 용액의 색을 관찰한다.
 (4) 시험관의 용액에 마그네슘 조각을 넣고, 기체가 발생하는 시험관 위에 불꽃을 갖다 대어 관찰한다.

[결과 및 논의]
 (1) 실험 결과를 표에 정리한다.

	식초	유리 세정제	묽은 염산	베이킹 소다 용액
전기 전도계 실험				
BTB 지시약 실험				
마그네슘 조각 실험				

(2) BTB 용액을 떨어뜨렸을 때 노랗게 변하는 미지의 용액에 마그네슘 조각을 넣는다면 어떤 반응이 일어날지 서술해보자.
 (3) [실험 과정] (4)에서 기체가 발생했다면 ㉠ 어떤 기체가 발생했는지 써보자.

<자료 2>

기초 탐구 과정	충족/미충족	평가 근거	충족을 위한 대안
관찰			
측정			
분류			
예상			
추리			

- <작성 방법>
- <자료 2>의 평가표에서 미충족으로 판단되는 ‘기초 탐구 과정’ 요소 2가지를 찾아 쓸 것.
 - 미충족인 2가지 기초 탐구 과정을 학생들이 경험할 수 있도록 탐구 학습 활동지의 [실험 과정]이나 [결과 및 논의]의 일부 내용을 수정할 것.
 - ㉠에서 학생들이 경험할 수 있는 ‘기초 탐구 과정’ 요소를 쓸 것.

7. 다음은 2015 개정 과학과 교육과정에 근거한 중학교 과학 실험 수업 설계 과정이다. <자료 1>은 성취기준, 학습 목표, 수업에서 지향하는 과학과 핵심역량과 핵심역량 구현 방법, <자료 2>는 이 수업에서 이용한 활동지, <자료 3>은 수업 중 이용하려는 동료평가의 준거와 성취수준이다. <작성 방법>에 따라 서술하시오. [4점]

<자료 1>

[성취기준] 질량 보존 법칙을 이해하고, 이를 모형을 사용하여 설명할 수 있다.

[학습 목표] 여러 가지 화학 반응에서 질량 보존 법칙이 성립함을 설명할 수 있다.

[과학과 핵심역량]

- 과학적 사고력: 화학 반응에서 질량이 보존되는 이유를 근거를 이용하여 설명할 수 있다.
- 과학적 의사소통 능력: 실험 결과를 해석하고 논의하는 과정에서 여러 의견을 조정할 수 있다.

<자료 2>

[관찰 1] 탄산 나트륨 수용액과 염화 칼슘 수용액의 반응에서 질량 변화를 관찰한다.

[관찰 2] 묽은 염산과 수산화 나트륨 수용액의 반응에서 질량 변화를 관찰한다.

[관찰 3] 탄산수소 나트륨과 식초의 반응에서 질량 변화를 관찰한다.



[결과 및 논의]

(1) 반응 전과 후의 전체 질량을 3회씩 측정하여 평균값을 기록한다.

	반응 전 전체 질량(g)	반응 후 전체 질량(g)
[관찰 1]		
[관찰 2]		
[관찰 3]		

(2) 이 관찰을 통해 알 수 있는 ㉠ 규칙성을 찾는다.

(3) 다음은 [관찰 1]에서 반응 전과 후의 물질을 입자 모형으로 나타낸 것이다. 이를 이용하여 (2)에서 작성한 내용을 설명한다.

	반응 전	반응 후
입자 모형	... (생략) ...	... (생략) ...

(4) 3D 입자 모형 프로그램을 사용하여 입자 모형을 새로 그려 보고, 조원들이 만든 입자 모형의 장단점을 토의한다.

<자료 3>

평가 준거	성취수준		
	상	중	하
질량 보존 법칙이 성립하는 이유에 대한 설명이 적절한가?	㉡	질량 보존 법칙이 성립하는 이유를 실험 결과를 이용하여 설명하였다.	화학 반응에서 반응물과 생성물의 질량이 같다는 것을 말하였다.
과학적 의사소통 능력이 적절한가?	㉢	실험 결과를 바탕으로 자신의 의견을 제시하였다.	실험 결과에 대한 동료의 생각을 경청하였다.

<작성 방법>

- ㉠을 도출하는 데 필요한 과학적 사고 방법을 쓸 것.
- <자료 1>의 성취기준을 참고하여 ㉡을, 과학과 핵심역량을 참고하여 ㉢을 쓸 것.
- 교사가 <자료 3>의 동료평가의 ‘평가 준거’와 ‘성취수준’ 작성을 계획할 때, 학습 목표를 반영하여 제작해야 하는 이유를 쓸 것.

8. 다음은 고리형 $C_3H_3^+$ (A)에 대한 휘켈(Hückel) 근사법에 대한 자료이다.

[원자 궤도함수]

- $\chi_1 \sim \chi_3$ 은 3개의 탄소 원자가 이루는 평면에 수직인 각 탄소의 정규화된 $2p$ 원자 궤도함수이다.

[연산자, 쿨롱 적분, 공명 적분, 겹침 적분]

- $\hat{H}$: 해밀턴 연산자
- $\int \chi_i^* \hat{H} \chi_i d\tau = \alpha$
- $\int \chi_i^* \hat{H} \chi_j d\tau = \beta \quad (|i-j|=1 \text{ 또는 } 2)$
- $\int \chi_i^* \chi_j d\tau = 0 \quad (i \neq j)$

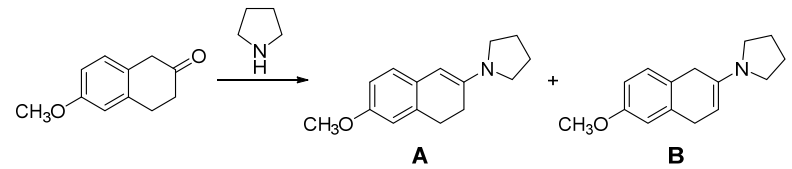
[3×3 행렬식의 전개]

- $\begin{vmatrix} a & b & c \\ d & e & f \\ g & h & i \end{vmatrix} = a \begin{vmatrix} e & f \\ h & i \end{vmatrix} - b \begin{vmatrix} d & f \\ g & i \end{vmatrix} + c \begin{vmatrix} d & e \\ g & h \end{vmatrix}$

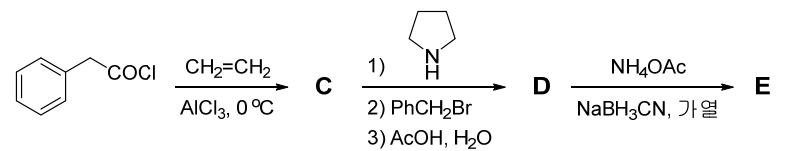
A에서 π 분자 궤도함수의 에너지 준위가 E 이고 $\frac{\alpha-E}{\beta} = x$ 일 때, 3×3 영년 행렬식(secular determinant)을 x 를 포함하는 식으로 쓰시오. 또한, 바닥상태 A의 비편재화(delocalization) 에너지를 구하는 과정과 결과를 α 또는 β 를 포함하는 값으로 쓰시오. 그리고 A의 최고 점유 분자 궤도함수(HOMO)가 $\psi_{\text{HOMO}} = c_1\chi_1 + c_2\chi_2 + c_3\chi_3$ 일 때, $c_1 + c_2 + c_3$ 의 값을 쓰시오. (단, $\beta < 0$ 이고 $c_1 > 0$ 이다. ψ_{HOMO} 는 정규화되어 있다. 휘켈 근사법으로 구한 에틸렌의 π 결합 궤도함수의 에너지 준위는 $\alpha + \beta$ 이다.) [4점]

9. 다음은 카보닐(carbonyl) 화합물의 반응과 화합물 C의 ^1H NMR 스펙트럼을 나타낸 것이다. (단, 각 단계에서는 적절한 분리·정제 과정을 수행하였다.)

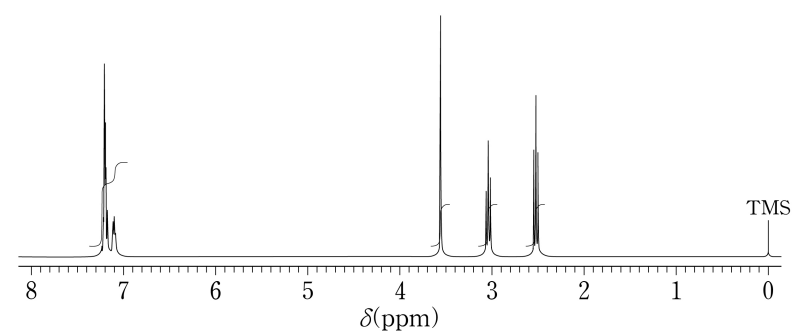
[반응 1]



[반응 2]



[C의 ^1H NMR 스펙트럼(300 MHz, CDCl_3)]



[반응 1]에서 A와 B 중 주생성물을 쓰고 그 이유를 서술하시오. 또한, [반응 2]에서 중간 주생성물 C ($\text{C}_{10}\text{H}_{10}\text{O}$), D ($\text{C}_{17}\text{H}_{16}\text{O}$)와 최종 주생성물 E ($\text{C}_{17}\text{H}_{19}\text{N}$)의 구조를 그리시오. [4점]

10. 표는 2가지 착화합물에 대한 자료이다.

착화합물	$[\text{CoCl}_4]^{2-}$	$[\text{IrBr}_6]^{2-}$
순스핀(spin-only) 자기 모멘트(BM)	3.87	1.73

$[\text{CoCl}_4]^{2-}$ 의 결정장 안정화 에너지(CFSE) 절대값이 9600 cm^{-1} 일 때, 착화합물 $[\text{CoCl}_6]^{4-}$ 의 d 궤도함수 갈라짐 에너지 $\Delta_o(\text{cm}^{-1})$ 를 구하는 과정과 결과를 쓰시오. 또한, $[\text{IrBr}_6]^{2-}$ 과 착화합물 $[\text{IrBr}_6]^{3-}$ 의 UV/Vis 스펙트럼에서 리간드로부터 금속으로의 전하 이동에 의해 나타나는 흡수 띠의 개수를 각각 쓰시오. (단, Co와 Ir의 바닥상태 전자 배치는 각각 $[\text{Ar}]3d^74s^2$ 와 $[\text{Xe}]4f^{14}5d^76s^2$ 이다. BM은 Bohr magneton이고, 팔면체 화합물에서 일그러짐은 무시한다.) [4점]

11. 표는 3가지 약산 HA, HB, HC가 혼합된 수용액을 분리하기 위해 역상 크로마토그래피를 수행하였을 때 이동상의 pH에 따른 머무름 인자(k)를 나타낸 것이다.

약산	k			
	pH = 11	pH = 8	pH = 5	pH = 2
HA	0.2	0.2	1.0	2.2
HB	0.2	0.2	0.2	5.5
HC	0.2	3.0	6.6	6.6

이동상의 pH가 5에서 2로 감소하면 HA의 k 가 증가하는 이유를 설명하시오. 또한, 3가지 약산 중 $\text{p}K_\text{a}$ 가 가장 작은 것을 쓰고, pH = 5에서 가장 늦게 용리되는 것을 쓰시오. 그리고 pH를 5로 유지하면서 이동상의 극성을 감소시켰을 때 HC의 머무름 인자 크기를 6.6과 비교하시오. [4점]

12. 다음은 3가지 평형 반응식과 25 ℃에서의 평형 상수이다.

$\circ \text{HA}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{A}^-(\text{aq}) + \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$ $\circ \text{HB}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{B}^-(\text{aq}) + \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) \quad K_\text{a} = 1 \times 10^{-3}$ $\circ \text{A}^-(\text{aq}) + \text{HB}(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{HA}(\text{aq}) + \text{B}^-(\text{aq}) \quad K = x$
--

HA 0.01 mol과 NaA 0.05 mol을 물에 녹여 1 L로 만든 용액의 pH가 8.0일 때, x 의 값을 쓰시오. 또한, 이 용액에 HCl 0.01 mol과 HB 0.02 mol이 녹아 있는 수용액 1 L를 가했을 때, 혼합 용액의 $\frac{[\text{B}^-]}{[\text{HB}]}$ 를 구하는 과정과 결과를 쓰고, pH의 값을 쓰시오. (단, 온도는 25 ℃로 일정하고, 혼합 용액의 부피는 초기 용액과 가한 용액의 부피의 합과 같다.) [4점]

<수고하셨습니다.>