

화 학

성명 : ()

3. <자료>는 교사와 예비 교사가 고체의 결정 구조를 3D 소프트웨어를 활용하여 지도하는 수업을 계획하면서 나눈 대화의 일부이다. <작성 방법>에 따라 서술하시오. [4점]

— <자 료> —

예비 교사: 지난 수업에서 고체의 결정 구조에 대한 수업을 했어요. 교과서의 그림을 보고 단위 세포 안에 들어 있는 입자수를 세어 보게 했는데, 학생들이 잘 이해하지 못한 것 같아요. 어떤 방법이 있을까요?

교 사: 고체의 결정 구조를 이해하는 데 3D 소프트웨어를 활용할 수 있을 거예요.

예비 교사: 3D 소프트웨어를 어떻게 활용할 수 있나요?

교 사: ㉠ 다양한 결정 구조를 3D 형태의 모형으로 형상화하여 다양한 각도에서 입체적으로 볼 수 있어요.

예비 교사: 그렇군요. 3D 소프트웨어를 활용하면 비대면 수업에서도 학생 스스로 이온의 종류를 바꿔 가면서 결정 구조가 어떻게 변하는지 3차원으로 살펴보고, 단위 세포당 입자수나 배위수 등의 변화를 볼 수 있겠네요.

교 사: 그렇지요. 이 방법으로 학생들이 스스로 ‘탐구 설계의 수행’과 ‘자료 수집 분석 및 해석’ 기능을 수행해 볼 수 있겠네요.

예비 교사: 맞아요. 2015 개정 과학과 교육과정의 교수·학습 및 평가의 방향에도 교사 중심의 확인 실험을 지양하고 (㉡) 탐구 실험을 강조하고 있네요.

— <작성 방법> —

- 2015 개정 과학과 교육과정의 ‘내용 체계’에 제시된 8가지 기능 중 ㉠에 해당하는 기능 1가지를 제시할 것. (단, <자료>에 제시된 기능은 제외할 것.)
- ㉠을 제외하고 3D 소프트웨어를 활용하는 사례 1가지를 <자료>에서 찾아 쓸 것.
- ㉡에 들어갈 용어를 쓰고, 그 근거를 <자료>에서 찾아 쓸 것.

4. <자료>는 근대 화학사에 관한 내용이다. <작성 방법>에 따라 서술하시오. [4점]

— <자 료> —

(가) 카우프만(W. Kaufmann)은 톰슨(J. J. Thomson)보다 더 좋은 장비로 동일한 음극선관 전자 발견 실험을 수행했다. 그러나 ㉠ 카우프만은 ‘원자는 실재하지 않는다’는 믿음 때문에 실험 결과를 전하를 띤 입자가 아니라 대전된 에테르의 흐름으로 설명하였다.

(나) 프리스틀리(J. Priestley)와 라부아지에(A. L. Lavoisier)는 붉은색 수은 금속재를 가열하여 물질을 잘 타게 하는 새로운 기체를 얻었다. ㉡ 이 기체를 프리스틀리는 플로지스톤이 결합된 ‘탈플로지스톤 공기’라고 불렀고, 라부아지에는 비금속과 결합하여 산을 만드는 물질이라는 뜻으로 ‘산소’라고 불렀다.

(다) 돌턴(J. Dalton)이 주목했던 원자의 핵심 성질은 질량이었다. 돌턴은 원소 A, B로 이루어진 두 가지 이상의 화합물이 있다면 ‘두 화합물에서 일정량의 A와 결합한 B의 질량 사이에는 정수비가 성립할 것이다’라는 일반화된 원리를 제안하였다. 그리고 돌턴은 실험을 통해 이산화 질소(NO_2)와 일산화 이질소(N_2O), 이산화 탄소(CO_2)와 일산화 탄소(CO) 사이에 이 원리가 적용된다는 것을 증명하였다.

— <작성 방법> —

- ㉠과 ㉡에서 공통으로 포함된 과학의 본성 1가지를 쓰고, 그 이유를 <자료>에 근거해서 쓸 것.
- (다)에서 사용된 과학적 탐구 방법을 쓰고, 그 이유를 <자료>에 근거해서 쓸 것.

5. <자료 1>은 2015 개정 과학과 교육과정에 따른 ‘과학탐구실험’의 ‘지문 찾기’에 대한 교사의 학생 면담 내용의 일부이고, <자료 2>는 학생 면담 평가표의 일부이다. 작성 방법에 따라 서술하시오. [4점]

—<자료 1>—

교사: 실험은 어땠나요?

학생: 닐하이드린 용액을 이용하여 지문을 검출한 실험은 매우 재미있었어요. 평소에 과학 수사물을 좋아해서 어떻게 지문을 검출하는지 정말 궁금했거든요.

교사: 그랬군요. 실험은 어떤 과정으로 진행했나요?

학생: 지문이 묻은 종이를 닐하이드린 에탄올 용액에 담갔다가 꺼낸 뒤 에탄올이 증발하도록 놓아두었어요. 그리고 종이가 마른 뒤에 지문이 찍힌 면을 다리미로 다려 나타나는 지문과 지문 카드를 대조했어요. ㉠ 대조한 것을 바탕으로 제 지문이 아치 모양인 궁상문 유형이라는 것을 알게 되었어요.

교사: 실험에서 닐하이드린 용액을 다룰 때 주의해야 할 점이 무엇인지 말해 보세요.

학생: 실험복과 보안경, 실험용 고무장갑을 착용했어요. 실험 중에는 95% 에탄올의 휘발성을 고려해서 (㉡). 실험 후에는 사용한 시약을 유기 용매 폐수통에 따로 버렸어요.

교사: 네, 시약 안전 유의 사항을 잘 지켰군요. 그런데 실험 활동을 관찰했는데 모둠장이 혼자서 실험을 수행하는 것 같았어요. 각 모둠원들이 실험에서 어떤 역할을 했나요?

학생: 모둠원들의 역할을 나누긴 했지만, 모듬장인 제가 혼자서 실험을 수행했어요.

—<자료 2>—

평가 요소		평가 준거	평정	
			미충족	충족
기초 탐구 과정	㉢	실험에서 얻은 자료를 바탕으로 새로운 사실을 이끌어 내었다.		
과학적 태도	과학적 흥미와 호기심	현상에 대해 알고 싶어 하고 재미를 느낀다.		
	㉣ <u>협동성</u>	역할을 나누고 서로 협력하여 활동을 한다.		
실험 안전	시약 취급 및 처리	시약에 대한 주의 사항 (성질과 다루는 방법)을 알고 바르게 사용한다.		

—<작성 방법>—

- <자료 1>의 ㉠에 근거하여 ㉢에 해당하는 평가 요소를 쓸 것.
- <자료 2>의 시약 취급 및 처리를 고려하여 <자료 1>의 ㉡으로 적절한 내용을 쓸 것.
- 학생 면담 평가표의 평가 요소 ㉣을 평정하고, 그 근거를 <자료 1>에서 찾아 쓸 것.

6. <자료>는 x 축상의 1차원 상자 속 입자에 대한 것이다.

—<자 료>—

○ $0 < x < a$ 에서 퍼텐셜 에너지(V)는 0이다.

$x \leq 0, x \geq a$ 에서 $V = \infty$ 이다.

○ 파동함수:

$0 \leq x \leq a$ 에서 $\psi_n(x) = \sqrt{\frac{2}{a}} \sin\left(\frac{n\pi x}{a}\right)$ (n : 양자수)

$x < 0, x > a$ 에서 $\psi_n(x) = 0$

○ 임의의 측정값 A 의 불확정성(ΔA): $\sqrt{\langle A^2 \rangle - \langle A \rangle^2}$

$\langle A^2 \rangle$: A 제곱(A^2)의 기댓값

$\langle A \rangle^2$: A 기댓값의 제곱

○ 선형 운동량 연산자: $\hat{p}_x = -i\hbar \frac{d}{dx}$

○ 정적분:

$$\int_0^a \sin^2\left(\frac{n\pi x}{a}\right) dx = \frac{a}{2}$$

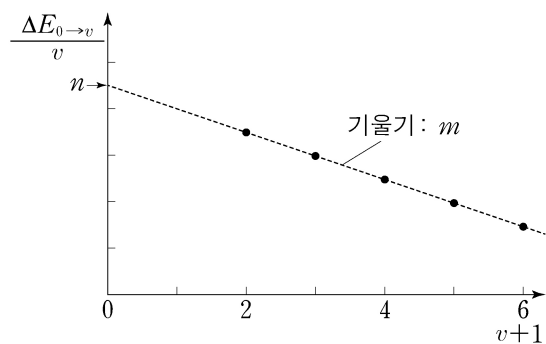
$$\int_0^a x \sin^2\left(\frac{n\pi x}{a}\right) dx = \frac{a^2}{4}$$

$$\int_0^a x^2 \sin^2\left(\frac{n\pi x}{a}\right) dx = \left(\frac{a}{2n\pi}\right)^3 \left(\frac{4n^3\pi^3}{3} - 2n\pi\right)$$

$$\int_0^a \sin\left(\frac{n\pi x}{a}\right) \cos\left(\frac{n\pi x}{a}\right) dx = 0$$

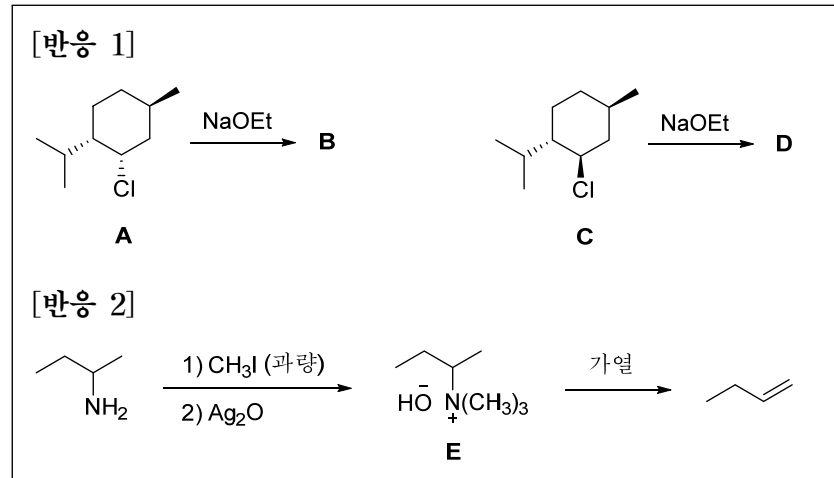
상자 속 입자의 위치(x)의 기댓값($\langle x \rangle$)을 a 를 포함하는 값으로 쓰고, x 축에 평행한 선형 운동량(p_x)의 기댓값($\langle p_x \rangle$)을 쓰시오. 또한, x 의 불확정성(Δx)을 a, π, n 을 포함하는 식으로, p_x 의 불확정성(Δp_x)을 $\hbar, a, \pi, n$ 을 포함하는 식으로 각각 쓰시오. 그리고 $\Delta x \Delta p_x$ 의 최솟값을 $\hbar, \pi$ 를 포함하여 쓰시오. (단, $\hbar = \frac{h}{2\pi}$ 이고 h 는 플랑크 상수이다.) [4점]

7. 그림은 HCl의 진동 양자수(v)와 진동 전이 에너지($\Delta E_{0 \rightarrow v}$)의 관계를 나타낸 것이고, m 과 n 은 각각 직선의 기울기와 y 절편이다. 진동 에너지(E_v)는 $E_v = h\nu_0(v + \frac{1}{2}) - ah\nu_0(v + \frac{1}{2})^2$ 로 주어진다.



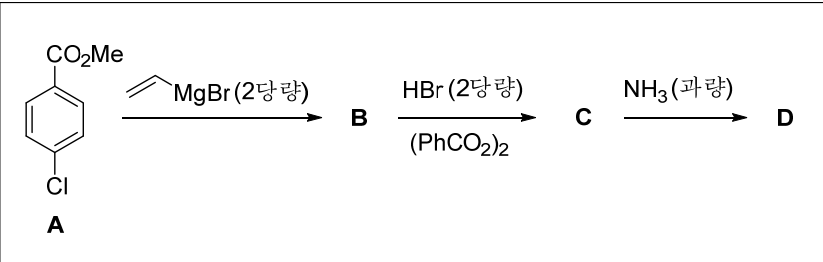
E_v 와 E_{v+1} 가 같아지는 진동 양자수($v_{\text{해리}}$)에서 HCl 분자가 H 원자와 Cl 원자로 해리될 때 $v_{\text{해리}}$ 를 a 를 포함하는 식으로 쓰시오. 또한, m 을 a , h , ν_0 를 포함하는 식으로, n 을 h , ν_0 를 포함하는 식으로 각각 쓰시오. 그리고 바닥 진동 상태에 있는 HCl 분자의 결합 해리 에너지(D)를 구하는 과정을 쓰고, D 를 m 과 n 을 포함하는 식으로 나타내시오. (단, $\Delta E_{0 \rightarrow v} = E_v - E_0$ 이고, h , a , ν_0 는 각각 플랑크 상수, 비조화 상수, 기본 전이 진동수이다.) [4점]

8. 다음은 E2 제거반응을 거쳐 최종 생성물이 형성되는 반응이다. (단, **A**와 **C**는 카이랄(chiral) 화합물이고, 각 반응에서 적절한 분리·정제 과정을 수행하였다.)



[반응 1]에서 주생성물 **B**와 **D**의 입체구조를 각각 그리시오. 또한, 동일 반응 조건에서 **A**와 **C** 중 반응 속도가 큰 것의 구조를 가장 안정한 의자 형태(chair conformation)로 그리시오. 그리고 [반응 2]에서 **E**로부터 최종 주생성물 1-butene이 생성되는 E2 반응 메커니즘을 **E**의 뉴먼 투영도(Newman projection)를 그려서 설명하시오. [4점]

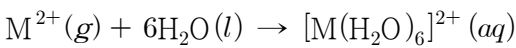
9. 다음은 반응물 **A**로부터 중간 주생성물 **B** ($C_{11}H_{11}ClO$)와 **C** ($C_{11}H_{13}Br_2ClO$)를 거쳐 최종 주생성물 **D** ($C_{11}H_{14}ClNO$)를 합성하는 반응식이다. (단, 각 단계에서 적절한 분리·정제 과정을 수행하였다.)



B와 **C**, **D**의 구조를 그리시오. 또한, **B**가 **C**로 전환되는 과정에서 benzoyl peroxide ($(PhCO_2)_2$)의 역할을 설명하시오. [4점]

10. <자료 1>은 금속 이온(M^{2+})의 수화 반응식과 실험을 통해 얻은 4주기 일부 금속 이온의 수화 엔탈피(ΔH_1) 및 d 궤도함수 갈라짐을 고려하지 않고 계산한 수화 엔탈피(ΔH_2)를 나타낸 것이고, <자료 2>는 d^3 정팔면체 착화합물의 3개의 스핀허용 전이와 각각의 전이에 해당하는 파수(ν_1, ν_2, ν_3)를 나타낸 것이다.

<자료 1>



금속 이온	$\Delta H_1(kJ \cdot mol^{-1})$	$\Delta H_2(kJ \cdot mol^{-1})$
V^{2+}	- 2814	- 2640
Mn^{2+}	- 2743	- 2743
Co^{2+}	- 2904	- 2816
Zn^{2+}	- 2936	- 2936

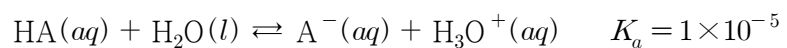
<자료 2>

스핀허용 전이	파수(cm^{-1})
${}^4A_{2g} \rightarrow {}^4T_{2g}$	ν_1
${}^4A_{2g} \rightarrow {}^4T_{1g}(F)$	ν_2
${}^4A_{2g} \rightarrow {}^4T_{1g}(P)$	ν_3

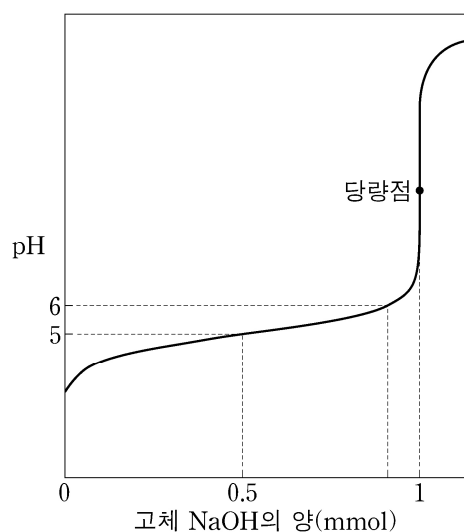
<자료 1>에서 수화 엔탈피의 절댓값($|\Delta H_1|$)이 Mn^{2+} 보다 Zn^{2+} 이 큰 이유를 쓰고, $[Co(H_2O)_6]^{2+}$ 의 $\Delta_o(kJ \cdot mol^{-1})$ 의 값을 구하여 쓰시오. 또한, <자료 1>과 <자료 2>를 이용하여 $[V(H_2O)_6]^{2+}$ 의 $\nu_1(cm^{-1})$ 을 구하는 과정과 결과를 쓰시오. (단, Δ_o 는 팔면체 착화합물의 결정장 갈라짐 에너지이다. V과 Co의 바닥 상태의 전자 배치는 각각 $[Ar]3d^34s^2$ 와 $[Ar]3d^74s^2$ 이며, $1.0 kJ \cdot mol^{-1} = 84 cm^{-1}$ 이다. 스핀-궤도 짝지음과 일그러짐(distortion) 및 같은 상태 항의 혼합(mixing)은 무시한다.) [4점]

11. <자료>는 약산 HA의 해리 평형식과 25℃에서의 산 해리 상수(K_a)를 나타낸 것이고, <그림>은 미지 농도의 HA 수용액 100 mL에 가해 준 고체 NaOH의 양(mmol)에 따른 수용액의 pH를 나타낸 것이다.

<자료>



<그림>



용액의 pH가 각각 5와 6일 때 파장 510 nm에서 측정한 흡광도가 1로 동일하였다. 적정 곡선을 이용하여 구한 $\text{HA}(aq)$ 의 초기 몰농도를 쓰고, $\text{HA}(aq)$ 와 $\text{A}^-(aq)$ 각각의 몰흡광 계수 (ϵ , $\text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$)를 구하는 과정과 결과를 쓰시오. 또한, 당량점일 때 510 nm에서의 흡광도를 구하는 과정과 결과를 쓰시오. (단, 수용액에서 $\text{HA}(aq)$ 와 $\text{A}^-(aq)$ 만 510 nm의 빛을 흡수하고, 흡광도는 Beer의 법칙을 따르며 셀의 경로 길이는 1 cm이다. 온도는 25℃로 일정하고 고체 NaOH을 가할 때 용액의 부피 변화는 무시한다.)

[4점]

<수고하셨습니다.>