

2021학년도 대학수학능력시험 6월 모의평가
과학탐구영역 화학 I 정답 및 해설

01. ⑤ 02. ④ 03. ④ 04. ⑤ 05. ④ 06. ⑤ 07. ② 08. ① 09. ③ 10. ①
 11. ① 12. ② 13. ③ 14. ③ 15. ⑤ 16. ① 17. ③ 18. ⑤ 19. ② 20. ④

1. 주기율표

[정답맞히기] 학생 A. 멘델레예프는 당시에 알려진 63종의 원소들을 원자량이 증가하는 순서로 배열하면 성질이 비슷한 원소들이 주기적으로 나타나는 것을 발견하여 주기율표를 만들었다.

학생 B. 현대 주기율표는 원자의 양성자 수인 원자 번호를 순서대로 배열하여 나타낸다.

학생 C. 현대 주기율표에서는 화학적 성질이 비슷한 원소가 같은 세로줄에 오도록 배치하였으며, 세로줄을 족, 가로줄을 주기라고 한다. 정답⑤

2. 탄소 화합물

(가)는 메테인, (나)는 아세트산, (다)는 에탄올이다.

[정답맞히기] 가. 메테인은 천연가스의 주성분으로 가정용 연료로 사용한다.

다. 에탄올은 소독용 알코올로 사용되므로 손 소독제를 만드는 데 사용한다. 정답④

[오답피하기] 나. 아세트산은 물에 녹아 수소 이온을 내놓으므로 수용액은 산성이다.

3. 분자의 구조식과 비공유 전자쌍 수

[정답맞히기] 폼산에서 원자가 전자 수가 1인 수소(H) 원자는 1개의 공유 결합을, 원자가 전자 수가 4인 탄소(C) 원자는 4개의 공유 결합을 각각 형성하므로 H, C 원자에는 비공유 전자쌍이 없다. 원자가 전자 수가 6인 산소(O) 원자는 C 원자와 2중 결합을, 또 다른 산소(O) 원자는 C 원자 1개, H 원자 1개와 각각 단일 결합을 형성하므로 각각 비공유 전자쌍 2개가 존재한다. 따라서 폼산에서 비공유 전자쌍 수는 4이다. 정답④

4. 물의 전기 분해

물을 전기 분해할 때 발생하는 기체의 부피 비는 $O_2(g):H_2(g)=1:2$ 이다. 따라서 시험관 A에는 $O_2(g)$ 가, B에는 $H_2(g)$ 가 들어 있다.

[정답맞히기] 가. A에서 모은 기체는 산소(O_2)이다.

나. 실험에서 물이 분해되어 구성 원소로 분해됨을 알 수 있으므로, 이 실험으로 물이 화합물이라는 것을 알 수 있다.

다. 물을 전기 분해할 때 (+)극에서 전자를 잃는 반응이, (-)극에서 전자를 얻는 반응이 일어나므로 물을 구성하는 원자들의 결합을 끊을 때 전자가 관여함을 알 수 있다. 따라서 물을 이루고 있는 수소(H) 원자와 산소(O) 원자 사이의 화학 결합에는 전자가 관여함을 알 수 있다. 정답⑤

5. 발열 반응

[정답맞히기] 뷰테인이 연소될 때 열과 빛이 발생하며 이때 발생한 열을 이용하여 물을 끓인다. 따라서 ㉠은 발열 반응이다. 질산 암모늄을 물에 용해시켰을 때 온도가 낮아졌으므로 용해될 때 열을 흡수하였다. 따라서 ㉡은 흡열 반응이다. 진한 황산을 물에 용해시켰을 때 온도가 높아졌으므로 용해될 때 열을 방출하였다. 따라서 ㉢은 발열 반응이다. **정답④**

6. 분자의 구조와 성질

[정답맞히기] ㄴ. (나)에서 중심 원자 B에는 비공유 전자쌍이 없으므로 (나)의 분자 구조는 평면 삼각형이다. 따라서 (나)는 쌍극자 모멘트가 0이므로 무극성 분자이다.

ㄷ. (나)는 평면 삼각형 구조이므로 결합각은 120° 이다. (다)의 분자 구조는 정사면체 형이므로 결합각은 109.5° 이다. 따라서 결합각은 (나) > (다)이다. **정답⑤**

[오답피하기] ㄱ. (가)에서 중심 원자 C에는 비공유 전자쌍이 없으므로 (가)의 분자 구조는 직선형이다.

7. 화학 반응식과 양적 관계

과산화 수소(H_2O_2) 분해 반응의 화학 반응식을 완성하면 $2H_2O_2 \rightarrow 2H_2O + O_2$ 이다. 따라서 ㉠은 O_2 이다.

[정답맞히기] ㄴ. 반응 몰비는 화학 반응식의 계수비와 같다. H_2O_2 와 H_2O 의 몰비는 1:1이므로 H_2O_2 1 mol이 분해되면 H_2O 1 mol이 생성된다. **정답②**

[오답피하기] ㄱ. ㉠은 O_2 이다.

ㄷ. 질량 보존 법칙에 따라 반응이 일어날 때 반응 전후 전체 질량은 변하지 않는다. 따라서 H_2O_2 0.5 mol의 질량은 $0.5 \times 34 = 17$ g이므로 H_2O_2 0.5 mol이 분해될 때 전체 생성물의 질량은 17 g이다.

8. 용액의 제조

[정답맞히기] ㄱ. 정확한 몰농도의 용액을 만드는데 사용하는 실험 기구는 부피 플라스크이다. 따라서 ㉠은 부피 플라스크이다. **정답①**

[오답피하기] ㄴ. 0.1M 포도당 수용액 250 mL에 들어 있는 포도당의 양은 $0.1 \text{ M} \times 0.25 \text{ L} = 0.025 \text{ mol}$ 이므로 포도당의 질량은 $0.025 \text{ mol} \times 180 \text{ g/mol} = 4.5 \text{ g}$ 이다.

ㄷ. (마) 과정에서 만든 0.1 M 포도당 수용액 250 mL에 들어 있는 포도당의 양은 0.025 mol이므로 포도당 수용액 100 mL에 들어 있는 포도당의 양은 0.01 mol이다.

9. 이온 결합 물질, 공유 결합 물질, 금속의 성질

ABC에서 A^+ 은 +1가의 양이온이므로 A는 전자 수가 11인 Na이고 H_2B 에서 B는 2개의 전자를 공유하여 결합하였으므로 B는 전자 수가 8인 O이다. 따라서 C는 전자 수가 17인 Cl이다.

[정답맞히기] ㄱ. A(s)는 금속이며 외부에서 힘을 가하면 자유 전자의 빠른 재배열에 의해 금속 결합이 유지되므로 부스러지지 않고 넓게 퍼진다.

ㄷ. AC는 이온 결합 물질이므로 AC(l)에서 A⁺과 C⁻이 자유롭게 움직일 수 있어 전기 전도성이 있다. 정답③

[오답피하기] ㄴ. B의 원자 전자 수는 6이므로 B₂에는 2중 결합이 있고 C의 원자 전자 수는 7이므로 C₂에는 단일 결합이 있다.

10. 원자의 전자 배치

[정답맞히기] ㄱ. 전자가 들어 있는 전자 껍질 수는 원자가 전자가 들어 있는 오비탈의 주 양자수(n)와 같다. 따라서 전자가 들어 있는 전자 껍질 수는 X가 2, Y가 3이므로 Y>X이다. 정답①

[오답피하기] ㄴ. 원자가 전자 수는 Y가 2, Z가 3이므로 Z>Y이다.

ㄷ. 홀전자 수는 X와 Z가 모두 1이다.

11. 산화 환원 반응

[정답맞히기] ㄱ. (가)에서 Al은 산소를 얻었으므로 산화된다. 정답①

[오답피하기] ㄴ. (나)에서 Mg의 산화수는 0에서 +2로 증가하였으므로 산화된다. 따라서 Mg은 자신은 산화되면서 다른 물질을 환원시키므로 환원제이다.

ㄷ. 산화 환원 반응에서 증가한 총 산화수와 감소한 총 산화수는 같고, 일반적으로 화합물이나 다원자 이온에서 산소(O) 원자의 산화수는 -2이다. NO₃⁻에서 이온을 구성하는 원자의 총 산화수는 -1이므로 (N의 산화수)+3×(O의 산화수)=-1이다. 따라서 N의 산화수는 +5이다. NO₂에서 분자를 구성하는 원자의 총 산화수는 0이므로 (N의 산화수)+2×(O의 산화수)=0이다. 따라서 N의 산화수는 +4이다. (다)에서 Cu의 산화수는 0에서 +2로 증가하고 N의 산화수는 +5에서 +4로 감소하므로 반응 계수 a=c=2이다. 또한 반응 전후 질량은 보존되므로 H 원자와 O 원자 수를 같게 맞추면 H 원자 수 : 3b=2d, O 원자 수 : 3a+b=2c+d이고 b=4, d=6이다.

따라서 a=c=2, b=4, d=6이므로 a+b+c+d=14이다.

12. 오비탈과 양자수

s 오비탈은 공 모양으로 주 양자수(n)가 클수록 크기가 크다. 따라서 (가)는 2s 오비탈, (나)는 2p_z 오비탈, (다)는 1s 오비탈이다.

[정답맞히기] ㄴ. (가)와 (다)는 모두 s 오비탈이므로 방위(부) 양자수(l)는 모두 0이다.

정답②

[오답피하기] ㄱ. (가)와 (나)의 주 양자수(n)는 모두 2이다.

ㄷ. 수소 원자에서 2s 오비탈과 2p 오비탈의 에너지 준위는 같다.

13. 극성 공유 결합과 부분전하

전기 음성도는 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 크고, 같은 족에서 원자 번호가 클수록 작다.

[정답맞히기] ㄱ. 전기 음성도는 X가 W보다 크므로 W는 3주기 14족 원소이다.

ㄴ. XY_4 에서 X와 Y는 전기 음성도가 다르므로 X-Y 결합은 극성 공유 결합이다.

정답③

[오답피하기] ㄷ. 극성 공유 결합에서 전기 음성도가 큰 원자가 공유 전자쌍을 더 세게 잡아당기므로 부분적인 음전하(δ^-)를 띠고, 전기 음성도가 작은 원자는 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다. YZ에서 전기 음성도는 $Z > Y$ 이므로 Z는 부분적인 음전하(δ^-)를 띤다.

14. 물의 자동 이온화와 수용액의 pH

물은 대부분 분자 상태로 존재하지만 매우 적은 양의 물이 이온화하여 동적 평형을 이룬다. 25°C에서 물의 이온화 상수는 다음과 같다.

$$K_w = [H_3O^+][OH^-] = 1.0 \times 10^{-14}$$

[정답맞히기] ㄱ. (가)의 pH는 7이므로 중성이다. 따라서 $[H_3O^+] = [OH^-]$ 이다.

ㄴ. (나)의 pH=10이므로 $[H_3O^+] = 1.0 \times 10^{-10}$ M이다. $K_w = [H_3O^+][OH^-] = 1.0 \times 10^{-14}$ 이므로 $[OH^-] = 1.0 \times 10^{-4}$ M이다.

정답③

[오답피하기] ㄷ. (가)와 (다)를 혼합한 용액의 부피는 100 mL이므로 (가)와 (다)의 혼합 수용액의 몰농도는 (다)의 $\frac{1}{10}$ 배이다. 수용액의 몰농도를 $\frac{1}{10}$ 배로 묽히면 pH는 1 증가하므로 (가)와 (다)를 모두 혼합한 수용액의 pH=4이다.

15. 동위 원소

[정답맞히기] ㄱ. 원자의 평균 원자량은 동위 원소의 비율을 고려하여 나타내므로 원자 X의 평균 원자량은 $w = (0.199 \times A) + (0.801 \times B)$ 이다.

ㄷ. 동위 원소에서 원자량은 질량수가 클수록 크다. 따라서 원자량은 $B > A$ 이다. 1 g의 aX 에 들어 있는 전체 양성자 수는 $\frac{1}{A}$ 에 비례하고 1 g의 bX 에 들어 있는 전체 양성자 수는 $\frac{1}{B}$ 에 비례하므로 $\frac{1g의 ^aX에 들어 있는 전체 양성자수}{1g의 ^bX에 들어 있는 전체 양성자수} = \frac{B}{A} > 1$ 이다.

정답

⑤

[오답피하기] ㄴ. 질량수는 양성자 수와 중성자 수를 합한 값이다. aX 와 bX 에서 양성자 수는 같지만 질량수는 $b > a$ 이므로 중성자 수는 $^bX > ^aX$ 이다.

16. 물의 상평형

[정답맞히기] ㄱ. H_2O 은 조건에 따라 증발과 응축이 모두 일어날 수 있으므로 H_2O 의 상변화는 가역 반응이다.

정답①

[오답피하기] ㄴ. 밀폐된 용기 안에서 $H_2O(l)$ 이 증발할 때 시간이 t 일 때는 동적 평형에 도달하기 전이고 시간이 $2t$ 일 때는 증발 속도와 응축 속도가 같으므로 동적 평형 상태이다. 따라서 용기 내 $H_2O(l)$ 의 양(mol)은 t 에서가 $2t$ 에서보다 크다.
 ㄷ. 동적 평형 상태에서는 증발 속도와 응축 속도가 같으므로 $x = a$ 이다.

17. 순차 이온화 에너지

2주기에서 제2 이온화 에너지는 2족 원소가 가장 작고 제3 이온화 에너지는 2족 원소가 가장 크므로 2주기 원소에서 $\frac{E_3}{E_2}$ 는 2족 원소가 가장 크다. 따라서 W~Z의 원자 번호는 연속이고 X는 2족 원소이므로, W는 1족 원소, Y는 13족 원소, Z는 14족 원소이다.

[정답맞히기] ㄱ. 2주기에서 원자 반지름은 원자 번호가 작을수록 크다. 따라서 원자 반지름은 $W > X$ 이다.

ㄴ. 2주기 13족 원소와 14족 원소에 제1 이온화 에너지를 가하여 전자를 떼어낸 후 바닥 상태 전자 배치는 각각 $Y^+ : 1s^2 2s^2$, $Z^+ : 1s^2 2s^2 2p^1$ 이다. 제2 이온화 에너지를 가하여 두 번째 전자를 떼어낼 때 Z^+ 에서 에너지 준위가 높은 $2p$ 오비탈의 전자를 떼어내므로 Y^+ 에서 전자를 떼어낼 때보다 에너지가 적게 필요하다. 따라서 E_2 는 $Y > Z$ 이다.

정답③

[오답피하기] ㄷ. 2주기에서 제1 이온화 에너지는 1족 원소가 가장 작고 제2 이온화 에너지는 1족 원소가 가장 크므로 2주기 원소에서 $\frac{E_2}{E_1}$ 는 1족 원소가 가장 크다. 따라서 $\frac{E_2}{E_1}$ 는 $W > Z$ 이다.

18. 기체의 성질

$t^\circ C$, 1기압에서 기체 1 mol의 부피는 24 L이고 (가)의 부피는 8L이므로 (가)의 양(mol)은 $\frac{1}{3}$ mol이다.

[정답맞히기] ㄱ. (가)의 전체 원자의 양은 $\frac{1}{3} \times 3 = 1$ mol이므로 (나)의 전체 원자의 양은 1.5 mol이다. ZX_2 는 분자 당 원자 수가 3이므로 (나)의 양은 $\frac{1.5}{3} = 0.5$ mol이다. 따라서 (나)의 부피는 12 L이므로 $a = 12$ 이다.

(다)의 양은 $\frac{26}{104} = \frac{1}{4}$ mol이고 Z_2Y_4 는 분자 당 원자 수가 6이므로 전체 원자의 양은 $\frac{3}{2}$ mol이다. 따라서 (다)의 전체 원자 수(상댓값)은 1.5이므로 $b = 1.5$ 이다.

$a = 12$, $b = 1.5$ 이므로 $a \times b = 18$ 이다.

ㄴ. (나) 0.5 mol의 질량은 23 g이므로 (나) 1mol의 질량은 46 g이다. 1 mol의 질량

은 (분자량) g 과 같으므로 (나)의 분자량은 46이다. 따라서 1 g에 들어 있는 전체 원자 수는 (나)가 $\frac{1}{46} \times 3$, (다)가 $\frac{1}{104} \times 6$ 이므로 (나) > (다)이다.

ㄷ. (가) $\frac{1}{3}$ mol의 질량은 18 g이므로 (가) 1mol의 질량은 54 g이며 분자량은 54이다. X~Z의 원자량을 각각 $x \sim z$ 라고 할 때 분자량은 구성 원자의 원자량의 합과 같으므로 다음과 같은 식이 성립한다.

$$x + 2y = 54, \quad 2x + z = 46, \quad 4y + 2z = 104$$

이 식을 연립으로 풀면 $x = 16, y = 19, z = 14$ 이다. 따라서 $t^\circ\text{C}$, 1기압에서 $X_2(g)$ 6 L는 $\frac{1}{4}$ mol이므로 질량은 $\frac{1}{4} \times 32 = 8\text{g}$ 이다. 정답⑤

19. 기체 반응의 양적 관계

화학 반응식에서 A와 C의 반응 계수가 같으므로 반응한 A의 양(mol) 만큼 C가 생성된다. 따라서 A(g) V L가 들어 있는 실린더에 B(g)를 넣어 반응시킬 때 반응이 완결되는 지점까지 전체 기체의 부피는 V L로 일정하다. A가 모두 반응할 때까지 전체 기체의 부피는 일정하지만 전체 기체의 질량은 증가하므로 전체 기체의 밀도는 증가하며 A가 모두 반응한 후 전체 기체의 밀도는 감소하므로 전체 기체의 밀도(상대값)가 x 일 때 A는 모두 반응하였음을 알 수 있다.

[정답맞히기] 반응 초기 A(g) V L의 질량을 y g이라고 할 때 $\frac{y}{V} : \frac{w+y}{2.5V} = 1 : 0.8$ 이므로 $y = w$ 이다. 분자량은 A가 B의 2배이므로 A의 분자량을 $2M$, B의 분자량을 M 이라고 할 때 A(g) w g과 B(g) w g의 양은 각각 $\frac{w}{2M}$ mol, $\frac{w}{M}$ mol이다. A(g) $\frac{w}{2M}$ mol을 n mol이라고 가정하면 B(g) $\frac{w}{M}$ mol은 $2n$ mol이므로, B(g) w g을 넣었을 때까지의 반응을 양적 관계로 나타내면 다음과 같다.

	$aA(g) + B(g) \rightarrow aC(g)$		
반응 전(mol)	n	$2n$	0
반응(mol)	$-n$	$-\frac{n}{a}$	$+n$
반응 후(mol)	0	$2n - \frac{n}{a}$	n

기체의 온도와 압력이 일정할 때 기체의 부피는 기체의 양(mol)에 비례하므로 B(g)의 질량이 0일 때와 w g일 때(반응 전후)의 몰비는 $n : 2n - \frac{n}{a} + n = V : 2.5V$, $a = 2$ 이다.

또한 전체 기체의 밀도(상대값)가 x 일 때(그림에서 반응이 완결된 지점) 반응한 B(g)의 양은 $\frac{n}{2}$ mol이므로 반응한 A와 B의 질량은 각각 w g, $\frac{w}{4}$ g이고 생성된 C의 질량은 $\frac{5w}{4}$ g이다. 따라서 반응이 완결될 때까지 기체의 부피는 일정하므로 밀도 비는

전체 기체의 질량비와 같고 $w : \frac{5w}{4} = 1 : x$ 이므로 $x = \frac{5}{4}$ 이다.

따라서 $a = 2$, $x = \frac{5}{4}$ 이므로 $a \times x = \frac{5}{2}$ 이다.

정답②

20. 중화 반응과 양적 관계

(나)의 pH=1이므로 혼합 전 $\text{NaOH}(aq)$ 의 부피가 (나)보다 적은 (가)도 산성이다. $\text{H}_2\text{A}(aq)$ 과 $\text{NaOH}(aq)$ 을 혼합하였을 때 산성 용액에서 $2 \times (\text{A}^{2-}$ 의 양(mol))은 (H^+ 의 양(mol) + Na^+ 의 양(mol))과 같고 (가)의 pH는 1보다 작을 것이므로 (가)에서 용액에 존재하는 모든 이온의 몰 농도(M)비는 $\text{A}^{2-} : \text{H}^+ : \text{Na}^+ = 2 : 3 : 1$ 이다.

[정답맞히기] 이온의 양(mol)은 (몰농도(M)×용액의 부피(L))와 같으므로 (가)에서 혼합 전 0.2M $\text{H}_2\text{A}(aq)$ x mL에 들어 있는 H^+ 의 양(mol)과 A^{2-} 의 양(mol)은 각각 $2 \times 0.2 \times \frac{x}{1000}$ mol, $0.2 \times \frac{x}{1000}$ mol이고 y M $\text{NaOH}(aq)$ 20 mL에 들어 있는 Na^+ 의 양(mol)과 OH^- 의 양(mol)은 각각 $y \times \frac{20}{1000}$ mol이다. 따라서

$$\text{A}^{2-} : \text{Na}^+ = \frac{0.2x}{1000} : \frac{20y}{1000} = 2 : 1 \text{이므로 } x = 200y \text{이다.}$$

(나)에서 혼합 전 0.2 M $\text{H}_2\text{A}(aq)$ x mL에 들어 있는 H^+ 의 양(mol)과 A^{2-} 의 양(mol)은 각각 $2 \times 0.2 \times \frac{x}{1000}$ mol, $0.2 \times \frac{x}{1000}$ mol이고 y M $\text{NaOH}(aq)$ 30 mL에 들어 있는 Na^+ 의 양(mol)과 OH^- 의 양(mol)은 각각 $y \times \frac{30}{1000}$ mol이다. 두 용액을 혼합하여 반응시켰을 때, 혼합 후 H^+ 의 양(mol)은 $2 \times 0.2 \times \frac{x}{1000} - y \times \frac{30}{1000}$ mol이다. 따라서 용액의 부피는 $\frac{x+30}{1000}$ L이므로 H^+ 의 몰농도는 $\frac{0.4x-30y}{(x+30)} = 0.1$ 이고, 이 식에 $x = 200y$ 를 대입하여 풀면 $x = 20$, $y = 0.1$ 이다.

(다)에서 혼합 전 0.2M $\text{H}_2\text{A}(aq)$ $x(=20)$ mL에 들어 있는 H^+ 의 양(mol)과 A^{2-} 의 양(mol)은 각각 $2 \times 0.2 \times \frac{20}{1000} = \frac{8}{1000}$ mol, $0.2 \times \frac{20}{1000} = \frac{4}{1000}$ mol이고 $y(=0.1)$ M $\text{NaOH}(aq)$ 60 mL에 들어 있는 Na^+ 의 양(mol)과 OH^- 의 양(mol)은 각각 $0.1 \times \frac{60}{1000} = \frac{6}{1000}$ mol이다. 두 용액을 혼합하여 반응시켰을 때, 혼합 후 H^+ 의 양(mol)은 $\frac{2}{1000}$ mol이므로 (다) 용액에 존재하는 모든 이온의 몰농도 비는 $\text{A}^{2-} : \text{H}^+ : \text{Na}^+ = \frac{4}{1000} : \frac{2}{1000} : \frac{6}{1000} = 2 : 1 : 3$ 이므로 ㉠에 해당하는 이온은 A^{2-} 이다.

따라서 (다)의 부피는 80 mL이므로 A^{2-} 의 몰농도는 $\frac{0.004 \text{ mol}}{0.08 \text{ L}} = \frac{1}{20}$ M이다. 정답④