

2020학년도 대학수학능력시험
과학탐구영역 **화학 I** 정답 및 해설

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

1. 원소와 화합물, 분자

[정답맞히기] ㄱ. (가)인 H_2 는 한 가지 성분으로 이루어진 순물질이므로 원소이다.

ㄴ. (나)인 MgO 은 2가지 성분으로 이루어진 순물질이므로 화합물이다.

ㄷ. (다)인 CH_4 은 독립적으로 움직일 수 있는 물질이므로 분자이다. **정답⑤**

2. 물의 화학 결합 모형

[정답맞히기] 학생 A. H_2O 은 산소(O) 원자 1개가 수소(H) 원자 2개와 각각 전자쌍 1개를 공유하여 결합한 물질이다. 따라서 물 분자 1개는 수소 원자 2개와 산소 원자 1개로 이루어져 있다.

학생 B. 물 분자 내에서 산소 원자와 수소 원자는 전자쌍을 공유하여 결합하므로 수소와 산소의 결합은 공유 결합이다.

학생 C. 물 분자에서 산소 원자는 가장 바깥 전자 껍질에 8개의 전자가 있으므로 옥텟 규칙을 만족한다. **정답⑤**

3. 화학 반응식의 계수 맞추기

[정답맞히기] 반응 전후 질량은 보존되므로 반응 전후 원자의 종류와 수는 같다. 제시된 화학 반응식의 계수를 맞추어 완성하면 $3NO_2 + H_2O \rightarrow 2HNO_3 + NO$ 이므로 $a = 3$, $b = 1$, $c = 2$ 이다. 따라서 $a + b + c = 6$ 이다. **정답②**

4. 분자의 성질

X~Z의 원자가 전자 수는 각각 5, 6, 7이다.

[정답맞히기] ㄱ. (가)는 무극성 공유 결합을 이루고 있는 2원자 분자이므로 분자의 쌍극자 모멘트는 0이다.

[오답피하기] ㄴ. (가)에서 공유 전자쌍 수는 3이고 (나)에서 공유 전자쌍 수는 2이다.

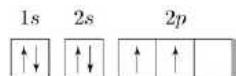
ㄷ. Z의 원자가 전자 수는 7이므로 Z 원자와 Z 원자는 전자쌍 1개를 공유하여 결합한다. 따라서 Z_2 에는 단일 결합이 있다. **정답①**

5. 원자의 전자 배치

2주기 바닥상태 원자 X와 Y의 홀전자 수의 합이 5이므로 X와 Y는 C, N, O 중 하나이다. C, N, O의 바닥상태 전자 배치는 C가 $1s^2 2s^2 2p^2$, $1s^2 2s^2 2p^3$, $1s^2 2s^2 2p^4$ 이므로 전자가 들어 있는 p 오비탈 수는 C < N = O이다. 따라서 전자가 들어 있는 p 오비탈 수는 Y > X이므로 X는 C, Y는 N이다.

[정답맞히기] X는 2주기 14족 원소인 탄소(C)이므로 전자 수가 6이다. 따라서 바닥상

태 원자 C의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^2$ 이므로 다음과 같이 나타낼 수 있다.



정답②

6. 탄소 동소체

물질 1몰을 완전 연소시켰을 때 생성되는 CO_2 의 몰수는 (가)>(다)이므로 (가)는 풀려렌(C_{60})이다. 탄소 원자의 결합각은 (나)>(다)이므로 (나)는 흑연, (다)는 다이아몬드이다.

[정답맞히기] ㄱ. (나)는 흑연이다.

[오답피하기] ㄴ. 탄소 동소체는 1 g에 들어 있는 탄소 원자 수가 모두 같다.

ㄷ. 탄소 원자 1개에 결합한 탄소 원자 수는 (가)가 3, (다)가 4이다. 정답①

7. 원자를 구성하는 입자

${}_1^1H^+$ 은 양성자 1개로 이루어져 있고 ${}_1^2H^+$ 은 양성자 1개와 중성자 1개로 이루어져 있으므로 ㉠은 중성자이다. ${}_1^2H^+$ 과 ㉠이 반응하면 (가)에는 양성자 1개와 중성자 2개가 존재하므로 (가)는 ${}^3_1H^+$ 이고 ${}^3_1H^+$ 이 ㉡과 반응하여 ${}^4_2He^{2+}$ 이 생성되므로 ㉡은 양성자이다.

[정답맞히기] ㄴ. (나)는 ${}^2_1H^+$ 과 ㉡인 양성자와 반응하여 생성되므로 (나)는 ${}^3_2He^{2+}$ 이다.

ㄷ. (가)의 질량수와 (나)의 질량수는 모두 3이다. 정답⑤

[오답피하기] ㄱ. ㉠은 중성자이다.

8. 산화수와 산화 환원 반응

[정답맞히기] ㄱ. (가)에서 H의 산화수는 0에서 +1로 증가하므로 H_2 는 산화된다. 정답①

[오답피하기] ㄴ. (나)에서 CO는 CO_2 로 산화되면서 Fe_2O_3 을 Fe로 환원시키므로 환원제이다.

ㄷ. 일반적으로 화합물에서 O의 산화수는 -2이고 금속 염화물에서 Cl의 산화수는 -1이다. 따라서 MnO_2 에서 Mn의 산화수는 +4이고 $MnCl_2$ 에서 Mn의 산화수는 +2이므로 (다)에서 Mn의 산화수는 감소한다.

9. 전기 음성도와 산화수

공유 결합을 이루고 있는 두 원자에서 전기 음성도가 큰 원자가 공유 전자쌍을 모두 가져간다고 가정할 때 구성 원자의 전하가 그 원자의 산화수이다.

[정답맞히기] 전기 음성도가 X가 Y보다 크고 Z보다 작다면, (가)에서 X 원자는 2개의 Y 원자로부터 전자 2개를 가져오고 Z 원자에게 전자 1개를 빼앗기므로 X의 산화수는 -1이다. 이는 제시된 자료에 부합한다. 따라서 (나)에서 X 원자는 Y 원자로부터 전자 1개를 가져오고 Z 원자 2개에게 전자 2개를 빼앗기므로 X의 산화수는 +1이다.

정답④

10. 이온화 에너지

[정답맞히기] ③ 15족~17족 원소들은 모두 같은 족에서 원자 번호가 커질수록 제1 이온화 에너지가 작아지므로 ‘같은 족에서 원자 번호가 커질수록 제1 이온화 에너지가 작아진다.’를 가설로 하여 탐구 활동을 했다면 가설은 옳다는 결론이 나온다. 정답③

[오답피하기] ①, ② 2주기와 3주기에서는 제1 이온화 에너지의 크기가 17족 원소 > 15족 원소 > 16족 원소로 원자량이나 원자 번호가 클수록 제1 이온화 에너지가 큰 것은 아니므로 가설이 옳지 않다.

④, ⑤ 같은 주기에서 유효 핵전하와 원자가 전자 수는 원자 번호가 클수록 크다(18족 제외). 2주기와 3주기에서 유효 핵전하와 원자가 전자 수는 16족 원소가 15족 원소보다 크지만 제1 이온화 에너지는 15족 원소가 16족 원소보다 크므로 가설이 옳지 않다.

11. 분자의 구조와 성질

제시된 분자 중 극성 분자는 FCN, NH_3 이고 다중 결합이 있는 분자는 FCN, CO_2 이므로 ㉠은 FCN, ㉡은 NH_3 이다. 따라서 ㉢은 CO_2 이다.

[정답맞히기] ㄱ. CO_2 의 분자 모양은 직선형이고 CCl_4 의 분자 모양은 정사면체형이므로 (가)로 ‘분자 모양은 직선형인가?’를 이용하면 CO_2 를 ㉢으로 분류할 수 있다.

ㄴ. ㉠은 FCN이다.

정답③

[오답피하기] ㄷ. NH_3 의 분자 모양은 삼각뿔형이고, CO_2 의 분자 모양은 직선형이므로 결합각은 ㉠>㉡이다.

12. 산 염기의 정의

[정답맞히기] ㄱ. (가)에서 HCl 는 물에 녹아 H^+ 을 내놓으므로 아레니우스 산이다. 정답①

[오답피하기] ㄴ. (나)에서 H_2O 은 HCO_3^- 으로부터 H^+ 를 받았으므로 브뢴스테드-로우리 염기이다.

ㄷ. (다)에서 $(\text{CH}_3)_3\text{N}$ 은 HI 의 H^+ 에게 전자쌍을 주었으므로 루이스 염기이다.

13. 수소 원자의 선 스펙트럼

수소 원자의 선 스펙트럼에서 방출하는 빛의 파장은 빛의 에너지에 반비례한다.

[정답맞히기] ㄱ. λ_1 에 해당하는 빛은 전자가 $n = 5 \rightarrow n = 1$ 로 전이할 때 방출하는 빛의 파장이므로 λ_1 보다 파장이 긴 λ_2 는 전자가 $n = 3 \rightarrow n = 1$ 로 전이할 때 방출하는 빛의 파장으로 λ_1 에 해당하는 빛보다 에너지가 작다. 수소 원자의 이온화 에너지는 전자가 $n = \infty \rightarrow n = 1$ 로 전이할 때 방출하는 빛의 에너지와 같으므로 λ_1 에 해당하는 빛의 에너지는 수소 원자의 이온화 에너지보다 작다.

ㄷ. λ_3 에 해당하는 빛은 전자가 $n = 2 \rightarrow n = 1$ 로 전이할 때 방출하는 빛의 파장이다. 발머 계열 중 방출하는 빛의 에너지가 가장 큰 전자 전이는 $n = \infty \rightarrow n = 2$ 이며 이 때

방출하는 빛의 에너지는 λ_3 에서 방출하는 빛의 에너지보다 작으므로 파장은 λ_3 보다 길다. 따라서 발머 계열 중 $n = \infty \rightarrow n = 2$ 의 전자 전이에서 방출하는 빛의 파장이 가장 짧으므로 발머 계열의 전자 전이에서 방출하는 빛의 파장은 모두 λ_3 보다 길다.

정답③

[오답피하기] ㄴ. λ_1 은 전자가 $n = 5 \rightarrow n = 1$ 로, λ_2 는 전자가 $n = 3 \rightarrow n = 1$ 으로 전이할 때 방출하는 빛의 파장이므로 두 빛의 에너지 차이는 $n = 5 \rightarrow n = 3$ 의 전자 전이에서 방출하는 빛의 에너지와 같다. 그러나 빛의 파장은 방출하는 빛의 에너지에 반비례하므로 $n = 5 \rightarrow n = 3$ 의 전자 전이에서 방출하는 빛의 파장은 $\frac{1}{\lambda_2} - \frac{1}{\lambda_1}$ 이다.

14. 기체의 성질

[정답맞히기] (가)와 (나)의 단위 부피당 전체 원자 수가 각각 x, y 이므로 전체 원자 수는 각각 $x, 1.4y$ 이다. (가)에서 A_4B_8 의 분자 수는 $\frac{x}{12}$ 이므로 (나)에서 혼합 기체의 분자 수를 z 라고 할 때 일정한 온도와 압력에서 기체의 분자 수는 기체의 부피에 비례하므로 $1 : 1.4 = \frac{x}{12} : z, z = \frac{7x}{60}$ 이다. 따라서 (나)에서 A_nB_{2n} 의 분자 수는 $\frac{2x}{60}$ 이다. A_4B_8 의 분자량을 a, A_nB_{2n} 의 분자량을 b 라고 할 때, A_4B_8 와 A_nB_{2n} 의 분자 수 비는 $A_4B_8 : A_nB_{2n} = \frac{x}{12} : \frac{2x}{60} = \frac{2w}{a} : \frac{w}{b}, a : b = 4 : 5$ 이다. A_4B_8 와 A_nB_{2n} 은 실험식이 같으므로 분자량 비는 분자당 A 원자 수에 비례하므로 $4 : n = 4 : 5, n = 5$ 이다. (나)에서 A_4B_8 의 분자 수는 $\frac{x}{12}, A_5B_{10}$ 의 분자 수는 $\frac{2x}{60}$ 이므로 전체 원자 수는 $x + \frac{2x}{60} \times 15 = \frac{3}{2}x = 1.4y$ 이므로 $\frac{x}{y} = \frac{14}{15}$ 이다. 따라서 $n \times \frac{x}{y} = 5 \times \frac{14}{15} = \frac{14}{3}$ 이다. 정답④

15. 원소의 주기성

원자 번호가 8~13인 원소는 O, F, Ne, Na, Mg, Al이고 이 중 흙전자 수가 같은 원소는 F, Na, Al이므로 W, X, Y는 각각 F, Na, Al 중 하나이다. 또한 F, Na, Al의 전기 음성도는 F>Al>Na이므로 ㉠은 전기 음성도이고 W는 F, X는 Na, Y는 Al이며 Z의 전기 음성도는 W보다 작고 X, Y보다 크므로 Z는 O이다. W, X, Y, Z의 이온 반지름은 Z>W>X>Y이므로 ㉡은 이온 반지름이다.

[정답맞히기] ㄴ. 제1 이온화 에너지로 원자의 전자를 떼어내면 O^+ 의 전자 배치는 N과 같은 $1s^2 2s^2 2p^3$ 가 되고, F^+ 의 전자 배치는 O와 같은 $1s^2 2s^2 2p^4$ 가 되므로 $F^+ > O^+$ 보다 전자를 떼어내기가 쉽다. 따라서 제2 이온화 에너지는 Z(O) > W(F)이다.

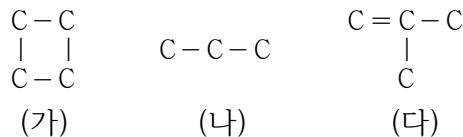
정답②

[오답피하기] ㄱ. ㉠은 이온 반지름이다.

ㄷ. X는 Na, Y는 Al이므로 원자가 전자가 유효 핵전하는 원자 번호가 큰 Y가 X보다 크다.

16. 탄화수소의 구조

(가)는 원자 4개와 결합한 C 원자 수와 H 원자 2개와 결합한 C 원자 수가 모두 4이므로 고리 모양 탄화수소이다. (나)는 원자 4개와 결합한 C 원자 수가 3이고 H 원자 3개와 결합한 C 원자 수가 2, H 원자 2개와 결합한 C 원자 수가 1이므로 사슬 모양 탄화수소이다. (다)는 원자 4개와 결합한 C 원자 수와 H 원자 3개와 결합한 C 원자 수가 모두 2이고 H 원자 2개와 결합한 C 원자 수가 1이므로 2중 결합이 있는 사슬 모양 탄화수소이다. 따라서 (가)~(다)의 탄소 골격을 나타내면 다음과 같다.



[정답맞히기] ㄱ. (가)는 고리 모양 탄화수소이다.

ㄴ. (나)는 탄소 원자 사이에 단일 결합만으로 이루어져 있으므로 포화 탄화수소이다.

ㄷ. (다)에서 중심의 탄소 원자에는 비공유 전자쌍이 없고 3개의 탄소 원자가 결합되어 있으므로, (다)에서 모든 C 원자는 동일 평면에 존재하다.

정답⑤

17. 탄소 화합물의 원소 분석

[정답맞히기] X는 탄화수소이므로 반응한 O₂의 질량과 생성물에 포함된 산소의 총 질

량이 같아야 한다. $(\frac{55a}{44} \times 2 + \frac{27a}{18}) \times 16 = (\frac{5}{2}a + \frac{3}{2}a) \times 16 = 4 \times 16a = 256$ 이므로 $a = 4$ 이다.

X에 포함된 C와 H의 질량은 다음과 같다.

$$\text{C의 질량} = \text{C의 몰수} \times \text{C의 원자량} = \frac{55 \times 4}{44} \times 12 = 60 \text{ mg}$$

$$\text{H의 질량} = \text{H의 몰수} \times \text{H의 원자량} = 2 \times \frac{27 \times 4}{18} \times 1 = 12 \text{ mg}$$

따라서 구성 원자의 몰수 비는 C:H = $\frac{60}{12} : \frac{12}{1} = 5 : 12$ 이고 실험식은 C₅H₁₂이다.

(가)와 (나)에서 생성물의 총 몰수는 각각 11n몰, 13n몰이고 (가)에서 CO₂의 몰수는 5×10^{-3} 몰, H₂O의 몰수는 6×10^{-3} 몰이므로 생성물의 총 몰수는 11×10^{-3} 몰이다. (나)

에서 생성물의 총 몰수는 $(\frac{11b}{44} + \frac{2b}{18}) \times 10^{-3} = 13 \times 10^{-3}$ 이므로 $b = 36$ 이다.

Y에 포함된 C와 H의 질량은 다음과 같다.

$$\text{C의 질량} = \text{C의 몰수} \times \text{C의 원자량} = \frac{11 \times 36}{44} \times 12 = 108 \text{ mg}$$

$$\text{H의 질량} = \text{H의 몰수} \times \text{H의 원자량} = 2 \times \frac{2 \times 36}{18} \times 1 = 8 \text{ mg}$$

생성물에 포함된 산소의 질량은 $(11 \times 36 + 2 \times 36) - (108 + 8) = 352$ mg이므로 Y에 포함된 산소의 질량은 352-288=64 mg이다. 따라서 Y에 포함된 원자의 몰수 비는

C:H:O = $\frac{108}{12} : \frac{8}{1} : \frac{64}{16} = 9 : 8 : 4$ 이고 실험식은 C₉H₈O₄이다.

C_5H_{12} 의 실험식량은 72이고, $C_9H_8O_4$ 의 실험식량은 180이므로 $\frac{X\text{의 실험식량}}{Y\text{의 실험식량}} = \frac{2}{5}$ 이다.

정답④

18. 산과 염기의 중화 반응

첨가한 용액의 부피가 0일 때 단위 부피당 전체 이온 수가 $4N$ 으로 $HCl(aq)$ 10mL에 들어 있는 전체 이온 수는 $40N$ 이라고 가정할 수 있으므로 이 속에는 H^+ $20N$ 들어 있다.

[정답맞히기] (다)에서 $NaOH(aq)$ 5mL를 넣었을 때 반응한 H^+ 수만큼 Na^+ 수가 증가하므로 전체 이온 수는 $40N$ 으로 일정하다. 또한 (라) 과정에서 $KOH(aq)$ 5mL를 넣었을 때 모두 중화되었으므로 이 혼합 용액 속 전체 이온 수도 $40N$ 이며 단위 부피당 전체 이온 수는 $\frac{40N}{20mL} = 2N$ 이다. (라) 과정에서 $KOH(aq)$ 5 mL를 추가로 넣었을 때 단위 부피당 전체 이온 수는 일정하므로 $KOH(aq)$ 5 mL의 단위 부피당 이온 수는 $2N$ 이고 전체 이온 수는 $10N$ 으로 (라)에서 처음 $KOH(aq)$ 5 mL를 넣었을 때 반응한 OH^- 수는 $5N$ 이다. 따라서 (다) 과정 후 혼합 용액 속에는 $H^+ 5N$ 들어 있으므로 단위 부피당 H^+ 수는 $\frac{5N}{15mL} = \frac{1}{3}N$ 이다.

정답①

19. 기체 반응의 양적 관계

일정한 온도와 압력에서 기체의 몰수 비는 기체의 밀도 비에 반비례한다. 또한 B와 C의 분자량 비가 1 : 16이므로 B의 분자량을 M 이라고 하면 C의 분자량은 $16M$ 이며, 반응 전후 질량은 보존되므로 A의 분자량 + $b \times B$ 의 분자량 = C의 분자량이다.

[정답맞히기] 실험 I에서 $b = 1$ 인 경우 반응 몰수 비는 $A:B:C = 1:1:1$ 으로 반응 후 실린더 속 기체의 몰수는 B(g)가 5몰, C(g)가 2몰이다. 반응 전 B(g)의 질량은 $7M$, 반응 후 B의 질량은 $5M$, C의 질량은 $2 \times 16M = 32M$ 으로 반응 전후 밀도 비는 $\frac{7M}{7} : \frac{(5M+32M)}{7} = 7:37$ 으로 제시된 자료에 맞지 않다.

$b = 2$ 인 경우 반응 몰수 비는 $A:B:C = 1:2:1$ 으로 반응 후 실린더 속 기체의 몰수는 B(g)가 3몰, C(g)가 2몰이다. 반응 전 B(g)의 질량은 $7M$, 반응 후 B의 질량은 $3M$, C의 질량은 $2 \times 16M = 32M$ 으로 반응 전후 밀도 비는 $\frac{7M}{7} : \frac{(3M+32M)}{5} = 1:7$ 으로 제시된 자료에 부합한다. 따라서 $b = 2$ 이다.

실험 II에서 반응 후 실린더 속 기체의 몰수는 B(g)가 2몰, C(g)가 3몰이다. 반응 전 B(g)의 질량은 $8M$, 반응 후 B의 질량은 $2M$, C의 질량은 $3 \times 16M = 48M$ 으로 반응 전후 밀도 비는 $\frac{8M}{8} : \frac{(2M+48M)}{5} = 1:10$ 으로 $x = 10$ 이다. 따라서 $b \times x = 20$ 이다.

정답②

20. 금속과 금속 이온의 반응

C_w g을 넣었을 때 생성된 금속의 몰수가 $4n$ 몰이고 C_{2w} g 넣었을 때와 $3w$ g을 넣었을 때 생성된 금속의 몰수 차이가 $8n - \frac{20}{3}n = \frac{4}{3}n$ 몰이므로 이온의 전하가 작은 B^{b+} 이 A^{a+} 보다 먼저 반응하였다. 이 때 C_w g과 반응한 이온의 양은 B^{b+} 이 $4n$ 몰, A^{a+} 이 $\frac{4}{3}n$ 몰이므로 이온의 전하 비는 $b:a = 1:3$ 이다. 따라서 $b=1$ 이다.

[정답맞히기] ㄴ. 금속 이온의 반응 몰수 비는 $B^+:C^{2+} = 2:1$ 이므로 C_w g에 들어 있는 C 원자 수는 $2n$ 이다. C_w g 넣었을 때와 $2w$ g을 넣었을 때 B^+ 과 반응한 C의 몰수를 p 몰, A^{3+} 과 반응한 C의 몰수를 q 몰이라고 할 때 $p+q=2n$ 이다. 또한 생성된 B와 A의 몰수는 각각 $2p$ 몰, $\frac{2}{3}q$ 몰이므로 $2p + \frac{2}{3}q = \frac{20}{3}n - 4n = \frac{8}{3}n$ 몰이다. 따라서 $p=q=n$ 이고 C_{2w} g을 넣었을 때까지 생성된 B의 몰수는 $6n$ 몰, A의 몰수는 $\frac{2}{3}n$ 몰이므로 수용액에 들어 있는 A^{3+} 은 $3n - \frac{2}{3}n = \frac{7}{3}n$ 몰이고 C^{2+} 의 몰수는 $4n$ 이다. 따라서 $x = \frac{7}{3}n + 4n = \frac{19}{3}n$ 이다.

ㄷ. C_{3w} g을 넣은 이후부터 C_y g을 넣었을 때까지 반응한 A^{3+} 의 몰수는 n 몰이고 반응 몰수 비는 $C:A^{3+} = 3:2$ 이므로 반응한 C의 몰수는 $\frac{3}{2}n$ 몰이다. 따라서 $C \frac{3}{2}n$ 몰의 질량은 $\frac{3}{4}w$ g이므로 $y = 3w + \frac{3}{4}w = \frac{15}{4}w$ 이다. 정답⑤

[오답피하기] ㄱ. $b=1$ 이다.