

# 2016학년도 4월 고3 전국연합학력평가 정답 및 해설

## [화학 I]

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21

### 1. [출제의도] 인류 문명 발전에 기여한 철의 이용 사례 이해하기

철(Fe)은 강도가 큰 금속으로 농기구 등에 이용되어 농업 생산성 향상에 기여하였고, 바퀴, 선로 등에 이용되어 교통 발달에 기여하였다.

### 2. [출제의도] 원자의 구성 입자 이해하기

원자는 전기적으로 중성이므로 양성자 수와 전자 수가 같다.  $X^+$ 은 원자  $^{23}X$ 보다 전자 1개가 적으므로  $^{23}X$ 의 양성자 수+전자 수=22이다. 따라서 양성자 수=전자 수=11이다.  $X^+$ 과  $^{23}X$ 의 질량수(양성자 수+중성자 수)는 같으므로  $^{23}X$ 의 중성자 수=12이다.  $Y^-$ 은 원자  $^{19}Y$ 보다 전자 1개가 많으므로  $^{19}Y$ 의 양성자 수+전자 수=18이다. 따라서 양성자 수=전자 수=9이다.  $Y^-$ 과  $^{19}Y$ 의 질량수(양성자 수+중성자 수)는 같으므로  $^{19}Y$ 의 중성자 수=10이다. 따라서  $^{23}X$ 는  $^{19}Y$ 보다 양성자 수, 전자 수, 중성자 수가 모두 크다.

### 3. [출제의도] 기체의 몰수와 부피의 관계 이해하기

같은 온도, 압력에서 기체  $A_3$ ,  $BA_2$ 의 부피는 몰수에 비례하므로 몰수 비( $A_3:BA_2$ )=4:3이다.  $A_3$ 의 질량= $BA_2$ 의 질량이므로  $4n_{\text{몰}} \times M_A = 3n_{\text{몰}} \times (M_B + 2M_A)$ 이므로  $2M_A = M_B$ 이다.

### 4. [출제의도] 원소, 화합물, 원자, 분자 분류하기

(가)는 공유 결합 물질이므로 비금속 원소로 이루어진  $O_2$ 이고, (나)는 이온 결합 물질로 금속과 비금속 원소로 이루어진  $CaO$ 이며, (다)는 금속인  $Ca$ 이다.  $\therefore O_2$ 는  $O$  원자의 공유 결합으로 이루어진 분자이다.  $\therefore CaO$ 은 2가지 원소로 이루어진 화합물이다.  $\therefore Ca$ 은 성분 원소가 1가지인 원소이다.

### 5. [출제의도] DNA를 구성하는 화합물 분류하기

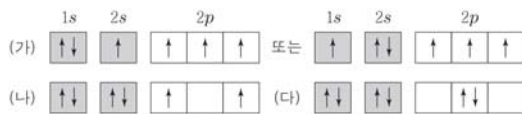
기준 (가)인 'DNA에서 디옥시리보스(당)와 결합한다.'를 만족하는 화합물은 인산과 염기(사이토신, 티민)이다. 기준 (나)인 '물에서 아레니우스 산으로 작용한다.'를 만족하는 화합물은 물에서  $H^+$ 을 내놓는 인산( $H_3PO_4$ )이다. 따라서 기준 (가)를 만족하고, 기준 (나)를 만족하지 않는 빗금 친 영역에 속하는 화합물은 사이토신, 티민이다.

### 6. [출제의도] 탄소 나노튜브와 질화 붕소 나노튜브의 공통점 파악하기

$\therefore$  두 물질은 구성 원자가 동일 평면에 존재하는 구조가 아니므로 입체 구조이다.  $\therefore$  탄소 나노튜브는 C로만 이루어진 원소이므로 다이아몬드(C)와 동소체이지만, 질화 붕소 나노튜브는 B와 N로 이루어진 화합물이므로 다이아몬드(C)와 동소체가 아니다.  $\therefore$  두 물질 모두 한 원자가 결합한 원자의 수는 3이다.

### 7. [출제의도] 다전자 원자의 전자 배치 이해하기

(가)~(다)의 가능한 전자 배치는 다음과 같다.



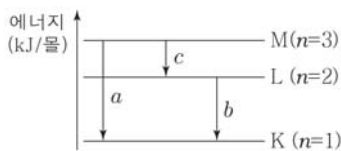
$\therefore$  (가)의 1s 또는 2s 오비탈에 들어 있는 3개의 전자 중 홀전자 수는 1이다.  $\therefore$  (나), (다)는 1s, 2s 오비탈에 전자가 모두 채워져 있고, 에너지 준위가 같은 서로 다른 2개의 2p 오비탈에 전자가 각각 1개씩 들어 있어 훈트 규칙을 만족하므로 바닥 상태이다. (다)는 하나의 2p 오비탈에 들어 있는 전자가 쌍을 이루므로 훈트 규칙에 위배되는 들뜬 상태이다.

### 8. [출제의도] 산화수 변화로 산화 환원 반응 이해하기

$\therefore$  화학 반응 전후 원자의 종류와 수는 변하지 않으므로  $a=2$ ,  $b=1$ ,  $c=2$ 이다.  $\therefore$  (가)에서 O의 산화수는  $H_2O_2$ ,  $H_2O$ ,  $O_2$ 에서 각각 -1, -2, 0이다.  $\therefore$  (나)의 반응 전  $H_2O_2$ 에서 O의 산화수는 -1이고, 반응 후  $H_2O$ 에서 O의 산화수는 -2이다. 따라서  $H_2O_2$ 는 환원되므로 산화제이다. (나)의 반응 전 KI에서 I의 산화수는 -1이고, 반응 후  $I_2$ 에서 I의 산화수는 0이다. 따라서 KI은 산화되므로 환원제이다.

### 9. [출제의도] 수소 원자의 전자 전이 이해하기

수소 원자에서 L 또는 M 껍질에 있는 전자가 빛을 방출하기 위해서는 더 낮은 에너지 준위의 전자 껍질로 전이하여야 한다. 따라서 가능한 전자 전이는  $M \rightarrow K$ ,  $M \rightarrow L$ ,  $L \rightarrow K$  뿐이다.  $\therefore$  파장과 에너지는 반비례한다. 에너지 크기가  $E_{(M \rightarrow K)} > E_{(L \rightarrow K)} > E_{(M \rightarrow L)}$ 이므로 파장의 길이는  $\lambda_{(M \rightarrow L)} > \lambda_{(L \rightarrow K)} > \lambda_{(M \rightarrow K)}$ 이다. 따라서 선 a, b, c에 해당하는 전자 전이는 각각  $M \rightarrow K$ ,  $L \rightarrow K$ ,  $M \rightarrow L$ 이다.



$\therefore$  선 b는  $L \rightarrow K$ 에 해당하므로 라이먼 계열로 자외선 영역에 속한다.  $\therefore E_a = E_b + E_c$ 이므로  $E_c = E_a - E_b$ 이다.

### 10. [출제의도] 탄화수소의 분자식과 구조 파악하기

(가)~(다)의 분자식은 각각  $C_2H_4$ ,  $C_3H_6$ ,  $C_2H_6$ 이다. 탄화수소에서 성분 원소의 몰수 =  $\frac{\text{성분 원소의 질량}}{\text{성분 원소의 원자량}}$ 이다.  $\therefore$  (가), (나)에서  $\frac{C \text{의 질량}}{H \text{의 질량}} = \frac{6}{1}$ 이고,  $\frac{C \text{의 몰수}}{H \text{의 몰수}} = \frac{6/12}{1/1} = \frac{1}{2}$ 이므로 (가), (나)의 실험식은 모두  $CH_2$ 이다. (다)에서  $\frac{C \text{의 질량}}{H \text{의 질량}} = \frac{4}{1}$ 이고,  $\frac{C \text{의 몰수}}{H \text{의 몰수}} = \frac{4/12}{1/1} = \frac{1}{3}$ 이므로 (다)의 실험식은  $CH_3$ 이다.  $\therefore$  (가)는 분자당 H 원자 수가 4이므로 분자식은  $C_2H_4$ 이고, (나), (다)는 분자당 H 원자 수가 6이므로 분자식은 각각  $C_3H_6$ ,  $C_2H_6$ 이다. 따라서 (가), (다)는 분자당 C 원자 수가 2로 같다.  $\therefore$  (나)는 사슬 모양이므로 2중 결합이 1개 있는 불포화 탄화수소이고, (다)는 단일 결합으로만 이루어진 포화 탄화수소이다.

### 11. [출제의도] 화학 결합의 종류 이해하기

A, B, C는 각각 Na, O, H이다.  $\therefore A_2B$ 는 금속 양이온( $Na^+$ )과 비금속 음이온( $O^{2-}$ )이 결합한 이온 결합 물질이다.  $\therefore C_2B$ 에서 B(O)는 가장 바깥 전자 껍질에 8개의 전자가 있으므로 옥텟 규칙을 만족한다.  $\therefore$  액체에서 전기 전도성은 이온 결합 물질인 ABC( $NaOH$ )가 공유 결합 물질인  $C_2B(H_2O)$ 보다 크다.

### 12. [출제의도] 원소의 주기적 성질 이해하기

A~D는 각각 B, Si, N, S이다. 전기 음성도는 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 증가하고, 같은 족에서 원자 번호가 클수록 감소한다. A, B는 원자가 전자 수가 각각 3, 4이므로 13족, 14족이다. A, B가 같은 주기라면 전기 음성도는  $B > A$ 이어야 하지만  $A > B$ 이므로 서로 다른 주기이다. A가 3주기, B가 2주기라면 전기 음성도는  $B > A$ 이어야 하지만  $A > B$ 이므로 A는 2주기 13족(붕소), B는 3주기 14족(규소)이다. C, D는 원자가 전자 수가 각각 5, 6이므로 15족, 16족이다. C, D가 같은 주기라면 전기 음성도는  $D > C$ 이어야 하지만  $C > D$ 이므로 서로 다른 주기이다. C가 3주기, D가 2주기라면 전기 음성도는  $D > C$ 이어야 하지만  $C > D$ 이므로 C는 2주기 15족(질소), D는 3주기 16족(황)이다.

### 13. [출제의도] 전자쌍 반발 원리로 분자 구조 이해하기

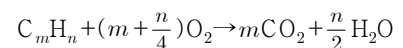
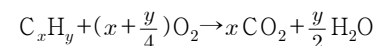
$\therefore$  (가)는 중심 원자에 있는 4개의 공유 전자쌍 사이의 반발이 모두 동일한 정사면체형으로  $\alpha$ 는  $109.5^\circ$ 이고, (나)는 삼각뿔형으로  $\beta$ 는 약  $107^\circ$ 이며, (다)는 평면 삼각형으로  $\gamma$ 는  $120^\circ$ 이다.  $\therefore$  (나)는 분자의 쌍극자 모멘트가 0보다 크고, (다)는 분자의 쌍극자 모멘트가 0이므로 분자의 쌍극자 모멘트는 (나)가 (다)보다 크다.

### 14. [출제의도] 원소의 주기적 성질 이해하기

X~Z는 각각 Mg, N, O이다. (가)~(다) 영역에 해당하는 X~Z의 원자 번호가  $X > Z > Y$ 이기 위해서는 X는 3주기, Y와 Z는 2주기이어야 한다. 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 제1 이온화 에너지가 증가하는데, N과 O에서는 제1 이온화 에너지가  $N > O$ 이므로, Y, Z는 각각 N, O이다. 같은 주기에서 원자 번호가 작을수록, 같은 족에서 원자 번호가 클수록 원자 반지름이 증가하므로 (가) 영역에서 원자 반지름이 가장 큰 X는 Mg이다.  $\therefore$  X는 3주기 2족이다.  $\therefore$  N, O의 바닥 상태 전자 배치는 각각  $1s^2 2s^2 2p^3$ ,  $1s^2 2s^2 2p^4$ 이므로 홀전자 수는 각각 3, 2이다.  $\therefore$  Ne의 전자 배치를 갖는 이온의 반지름은 유효 핵전하가 클수록 작으므로  $Z > X$ 이다.

### 15. [출제의도] 원소 분석을 통한 화학식 파악하기

탄화수소 (가), (나)가 각각  $C_xH_y$ ,  $C_mH_n$ 이라면 완전 연소 반응의 화학 반응식은 다음과 같다.



예로, (가) a몰을 완전 연소시켰을 때, 생성된  $CO_2$ 의 몰수는  $a \times x$ 몰이고, 생성된  $H_2O$ 의 몰수는  $a \times \frac{y}{2}$ 몰이다.

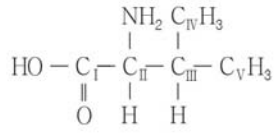
시료	생성된 $CO_2$ 의 몰수(몰)	생성된 $H_2O$ 의 몰수(몰)
(가) 1몰 + (나) 2몰	$1 \times x + 2 \times m = 4$	$1 \times \frac{y}{2} + 2 \times \frac{n}{2} = 7$
(가) 2몰 + (나) 1몰	$2 \times x + 1 \times m = 5$	$2 \times \frac{y}{2} + 1 \times \frac{n}{2} = 8$

$x=2$ ,  $y=6$ ,  $m=1$ ,  $n=4$ 이므로 (가), (나)는 각각  $C_2H_6$ ,  $CH_4$ 이고, 분자량은 30, 16이다.

### 16. [출제의도] 전기 음성도 차이로부터 산화수 구하기

전기 음성도는  $O > N > C > H$ 이다. 산화수는 공유 결합하는 두 원소 중 전기 음성도가 큰 원소가 공유 전자쌍을 모두 가져간다고 가정할 때 산화되거나 환원된 정도를 나타내기 위한 값이다. 따라서 1개의 공유 전자쌍을 공유하는 경우 전기 음성도가 큰 원자는 산화수가 -1, 작은 원자는 산화수가 +1이며, 같

은 원자가 결합하는 경우에는 전기 음성도가 같으므로 원자의 산화수는 0이다.  
발린을 구성하는 C<sub>I</sub>~C<sub>V</sub>의 산화수는 다음과 같다.



탄소	공유 전자쌍 수	산화수
C <sub>I</sub>	O와 3개, C <sub>II</sub> 와 1개	+3
C <sub>II</sub>	N, C <sub>I</sub> , C <sub>III</sub> , H와 각각 1개	0
C <sub>III</sub>	C <sub>II</sub> , C <sub>IV</sub> , C <sub>V</sub> , H와 각각 1개	-1
C <sub>IV</sub> , C <sub>V</sub>	C <sub>III</sub> 와 1개, H와 3개	-3

17. [출제의도] 분자의 극성 이해하기

A~E는 각각 N, C, H, F, O이다.

	루이스 전자점식
분자	$\text{:A:} \cdot \text{B} \cdot \text{C} \quad \text{:D:A:} \cdot \text{E:}$
원자	$\cdot \ddot{\text{A}} \cdot \quad \cdot \ddot{\text{B}} \cdot \quad \text{C} \cdot \quad \cdot \ddot{\text{D}} \cdot \quad \cdot \ddot{\text{E}} \cdot$

ㄱ. B는 2주기 원소이며 원자가 전자 수가 4이므로 바닥 상태 전자 배치는  $1s^2 2s^2 2p^2$ 이다. 따라서 p 오비탈에 들어 있는 전자 수는 2이다. ㄴ. ABC, DAE는 결합하는 원자들의 전기 음성도가 모두 다르므로 극성 공유 결합이 있다. ㄷ. 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 원자가 전자 수와 전기 음성도가 증가한다. 전기 음성도는  $D > E > A > B$ 이므로, ABC에서 A는 부분적인 음전하( $\delta^-$ )를 띠고, DAE에서 A는 부분적인 양전하( $\delta^+$ )를 띤다.

18. [출제의도] 산과 염기의 중화 반응 이해하기

(가)는 산성이므로 (가)에 들어 있는 이온은  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{H}^+$ 이다. 혼합 전  $\text{HCl}(aq)$  30mL에  $\text{H}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ 이  $x$ 몰씩,  $\text{NaOH}(aq)$  30mL에  $\text{Na}^+$ ,  $\text{OH}^-$ 이  $n$ 몰씩 들어 있다면, (가)에서  $\text{H}^+:\text{Na}^+ = (x-n):n = 2:1$ 이므로  $\text{HCl}(aq)$  30mL에  $\text{H}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ 이 3n몰씩 들어 있다. (나)는 염기성이므로 (나)에 들어 있는 이온은  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{OH}^-$ 이다. ㄱ.  $\text{OH}^-:n = 1:2$ 이고  $\text{K}^+$ 의 몰수는  $\text{OH}^-$ 보다 작을 수 없으므로 ㉠은  $\text{Cl}^-$ 이다. ㄴ. 혼합 전  $\text{HCl}(aq)$  30mL에  $\text{H}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ 이 3n몰씩 들어 있으므로  $\text{HCl}(aq)$  20mL에  $\text{H}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ 이 2n몰씩 들어 있다. 혼합 전  $\text{KOH}(aq)$  40mL에  $\text{K}^+$ ,  $\text{OH}^-$ 이  $y$ 몰씩 들어 있다면, (나)에서  $\text{Cl}^-:\text{OH}^- = 2n:(y-2n) = 1:2$ 이므로  $\text{KOH}(aq)$  40mL에  $\text{K}^+$ ,  $\text{OH}^-$ 이 6n몰씩 들어 있다. 단위 부피당  $\text{OH}^-$ 의 몰수는  $\text{KOH}(aq):\text{NaOH}(aq) = \frac{6n}{40\text{mL}}:\frac{n}{30\text{mL}} = 9:2$ 이다. ㄷ. (나) 중 30mL를 취한 용액에는  $\text{OH}^-$  2n몰, (가)에는  $\text{H}^+$  2n몰이 들어 있으므로 두 용액을 혼합한 용액은 중성이다.

19. [출제의도] 전자의 이동으로 산화 환원 반응 이해하기

(나)에서  $\text{A}^{m+}$ 이 B와 반응하여 전체 양이온의 몰수가 감소하므로  $m$ 은 +2보다 작은 +1이다. (나)에서  $2\text{A}^+ + \text{B} \rightarrow 2\text{A} + \text{B}^{2+}$  반응이 일어나므로  $\text{B}^{2+}$ 이  $x$ 몰 생성된다면,  $\text{A}^+$ 은  $2x$ 몰 소모된다.  $x + (0.1 - 2x) = 0.08$ 몰이므로 (나)에는  $\text{B}^{2+}$ ,  $\text{A}^+$ 이 각각 0.02몰, 0.06몰이 들어 있다. (다)에서  $3\text{A}^+ + \text{C} \rightarrow 3\text{A} + \text{C}^{3+}$  반응이 일어나므로  $\text{C}^{3+}$ 이  $y$ 몰 생성될 때,  $\text{A}^+$ 은  $3y$ 몰 소모된다.  $\text{B}^{2+}$ 이 0.02몰 남아 있고,  $y + (0.06 - 3y) + 0.02 = 0.06$ 몰이므로 (다)에는  $\text{A}^+$ ,

$\text{B}^{2+}$ ,  $\text{C}^{3+}$ 이 각각 0.03몰, 0.02몰, 0.01몰이 들어 있다. 반응한 B의 질량( $w_1$ )은  $0.02\text{몰} \times 64\text{g/몰} = 1.28\text{g}$ , C의 질량( $w_2$ )은  $0.01\text{몰} \times 27\text{g/몰} = 0.27\text{g}$ 이므로  $w_1 + w_2 = 1.55$ 이다.

20. [출제의도] 화학 반응에서 양적 관계 이해하기

실험 I, II 모두 전체 기체의 몰수는 반응 후가 반응 전보다 작으므로 반응물의 계수 합(1+2)이 생성물의 계수 합( $c$ )보다 커야 한다. 따라서  $c$ 는 1 또는 2이다. 실험 I에서 반응 전 전체 기체의 몰수는  $4n$ 이므로 A가  $x$ 몰이라면, B는  $(4n-x)$ 몰이다. 실험 I에서는 A가 모두 소모되었으므로

	A	+	2B	→	C
반응 전	$x$		$4n-x$		0
반응	$-x$		$-2x$		$+cx$
반응 후	0		$4n-3x$		$cx$

이고, 반응 후 전체 기체의 몰수는  $4n-3x+cx=2n$ 이다.  $c=1$ 인 경우,  $4n-2x=2n$ 이므로  $x=n$ 이다. 따라서 실험 I에서 반응 전 A, B는 각각  $n$ ,  $3n$ 몰이고 반응 후 B, C는 모두  $n$ 몰이다.

$c=2$ 인 경우,  $4n-x=2n$ 이므로  $x=2n$ 이다.

	A	+	2B	→	C
반응 전	$2n$		$2n$		0
반응	$-2n$		$-4n$		$+2n$
반응 후	0		$-2n$		$2n$

에서 반응 후 B의 몰수가 음의 값이 되어 불가능한 경우이므로  $c=1$ 이다. 실험 II에서 반응 전 전체 기체의 몰수는  $5n$ 이므로 B가  $y$ 몰이라면, A는  $(5n-y)$ 몰이다. 실험 II에서는 B가 모두 소모되었으므로

	A	+	2B	→	C
반응 전	$5n-y$		$y$		0
반응	$-\frac{y}{2}$		$-y$		$+\frac{y}{2}$
반응 후	$5n-\frac{3y}{2}$		0		$\frac{y}{2}$

에서 반응 후 전체 기체의 몰수는  $5n-\frac{3y}{2}+\frac{y}{2}=2n$ 이므로  $y=3n$ 이다. 따라서 실험 II에서 반응 전 A, B는 각각  $2n$ ,  $3n$ 몰이고 반응 후 A, C는 각각 0.5n몰, 1.5n몰이다. ㄱ. 실험 I, II에서 반응 전 B의 몰수는  $3n$ 으로 서로 같다. ㄴ. 실험 I에서는 C가 n몰 생성되었고, II에서는 C가 1.5n몰 생성되었다. ㄷ. 반응 전후 전체 기체의 질량은 변하지 않는다. A, B의 분자량이 각각  $M_A$ ,  $M_B$ 이라면, 실험 I에서는  $n \times M_A + 3n \times M_B = 34\text{g}$ 이고, II에서는  $2n \times M_A + 3n \times M_B = 62\text{g}$ 이므로  $M_A:M_B = 28:2 = 14:1$ 이다.