

2015학년도 4월 고3 전국연합학력평가

정답 및 해설

• 4교시 과학탐구 영역 •

[화학 I]

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

1. [출제의도] 암모니아 합성 이해하기

ㄱ. 공기를 분별 증류하여 얻은 N_2 로 NH_3 를 합성한다. ㄴ. CH_4 으로부터 H_2 를 얻는 과정 (가)에서 원자 간 재배열이 일어나므로 화학 변화($CH_4 + 2H_2O \rightarrow 4H_2 + CO_2$)이다. ㄷ. NH_3 는 질소 비료 합성에 이용되어 식량 부족 문제를 개선하는데 기여하였다.

2. [출제의도] 산 염기 정의 이해하기

루이스 염기는 산 염기 반응에서 비공유 전자쌍을 제공하는 물질이다. (가)에서 NH_3 는 HF 에게, (나)에서 H_2O 은 $HClO_4$ 에게 비공유 전자쌍을 제공하므로 루이스 염기로 작용하였다.

3. [출제의도] 원소, 화합물, 분자의 개념 이해하기

(가)와 (나)의 화학 반응식은 각각 $2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$, $Cl_2 + 2Na \rightarrow 2NaCl$ 이다. ㄱ. 반응물인 H_2 , O_2 , Na , Cl_2 는 모두 원소이다. ㄴ. 생성물인 H_2O , $NaCl$ 은 화합물이다. ㄷ. 반응물과 생성물 중 H_2 , O_2 , Cl_2 , H_2O 은 분자이고, Na 과 $NaCl$ 은 분자가 아니다.

4. [출제의도] 탄소 동소체 분류하기

다이아몬드는 탄소 원자가 4개의 탄소 원자와 결합하므로 B이고, A는 그래핀이다. ㄱ. B의 탄소 원자는 4개의 인접한 탄소 원자와 정사면체 모양으로 공유 결합한 입체 구조이다. ㄴ. 그래핀은 정육각형 고리가 반복되는 평면 구조로 모든 탄소 원자간 결합각이 120° 로 같지만, 풀러렌은 육각 고리와 오각 고리가 포함된 공모양으로 결합각이 일정하지 않다. 따라서 ‘결합각이 모두 같은가?’를 적용하여 그래핀과 풀러렌을 구별할 수 있다. ㄷ. 풀러렌과 그래핀은 1g에 포함된 탄소 원자가 $\frac{1}{12}$ mol로 서로 같다.

5. [출제의도] 결합의 극성 이해하기

ㄱ, ㄴ. 분자의 쌍극자 모멘트로부터 (나)와 (다)는 극성 분자로 OF_2 , NF_3 중 하나이므로 XF_2 는 OF_2 이고, YF_3 는 NF_3 이다. 또한 구성 원소 간 전기 음성도 차가 $NF_3 > OF_2$ 이므로 (나)는 NF_3 , (다)는 OF_2 이다. (가)는 무극성 분자로 BeF_2 , BF_3 , CF_4 중 하나이고, ZF_4 이어야 하므로 CF_4 이다. (가)의 C와 F는 전기 음성도 차가 0이 아니므로 극성 공유 결합을 한다. ㄷ. 전기 음성도는 $O > C$ 이므로, X가 Z보다 전기 음성도가 크다.

6. [출제의도] 원자의 구성 입자 이해하기

원자 번호는 양성자 수와 같고, 질량수는 양성자 수와 중성자 수의 합이다. ㄱ, ㄴ. A는 양성자 수가 17, B는 질량수가 19이고, A와 B 모두 중성자가 양성자보다 1개 더 많으므로 A의 중성자 수는 18, B의 양성자 수는 9이고 중성자 수는 10이다. 따라

서 A는 $^{35}_{17}A$ 이다. ㄷ. A, B는 각각 Cl과 F으로 17족 원소이다.

7. [출제의도] 에너지 준위와 다전자 원자의 전자 배치 이해하기

ㄱ. (가)는 전자가 낮은 에너지 준위부터 차례대로 채워지지 않고, $2s$ 오비탈에 있는 전자 1개가 높은 에너지 준위인 $2p$ 오비탈에 배치된 들뜬 상태의 전자 배치이다. ㄴ. (나)에서 (다)의 전자 배치가 될 때 $_9F$ 의 제2 이온화 에너지 만큼의 에너지가 흡수된다. ㄷ. (다)는 에너지 준위가 같은 $2p$ 오비탈에 전자가 배치될 때, 홀전자 수가 최대가 되도록 배치되었으므로 훈트 규칙을 만족한다.

8. [출제의도] 기체의 분자량 구하기

동일한 실린더이므로 높이 비는 부피 비와 같다. 아보가드로 법칙에 따라 온도와 압력이 같을 때 기체의 부피 비는 몰수 비와 같으므로 $H_2O(g)$ 와 $A(g)$ 의 몰수 비는 16:9이다. 같은 질량에서 분자량은 몰수에 반비례하므로 H_2O 과 A의 분자량 비는 9:16이고, H_2O 의 분자량이 18이므로 A의 분자량은 32이다.

9. [출제의도] 탄화수소 분류하기

사이클로프로페인(C_3H_6)은 고리 모양이면서 입체 구조인 포화 탄화수소이므로 I 영역에 속한다. 프로펜(C_3H_6)은 입체 구조인 불포화 탄화수소이므로 II 영역에 속한다. 에텐(C_2H_4)과 벤젠(C_6H_6)은 평면 구조인 불포화 탄화수소이므로 III 영역에 속한다.

10. [출제의도] 전자 이동에 의한 산화 환원 반응 이해하기

ㄱ, ㄴ. Al과 HCl 이 반응할 때 Al은 산화(산화수 증가: $0 \rightarrow +3$)되고 HCl 은 환원되면서 H_2 가 발생한다. ㄷ. (나)에서 Cu의 산화수는 2만큼 감소($+2 \rightarrow 0$)하므로 Cu 1몰이 생성될 때 전자는 2몰 이동한다. 화학 반응식의 계수의 비가 몰수 비이므로 생성되는 물과 Cu의 몰수 비는 같다. 따라서 (나)에서 생성된 물의 몰수는 $\frac{3.6g}{18g/mol} = 0.2$ 몰이므로 0.4몰의 전자가 이동하였다.

11. [출제의도] 전기 분해로 화학 결합 확인하기

ㄱ, ㄴ. X 용융액을 전기 분해할 때 고체 A와 기체 B_2 가 생성되었으므로, X는 금속 원소 A와 비금속 원소 B로 구성된 이온 결합 물질이다. ㄷ. 소량의 X를 첨가한 물을 전기 분해할 때 기체 C_2 와 D_2 가 생성되었으므로, X는 전해질이고 물이 전기 분해되었다. 따라서 (-)극에서 H_2 , (+)극에서 O_2 가 생성되고 $2H_2O \rightarrow 2H_2 + O_2$ 반응에 의해 생성되는 C_2 와 D_2 의 몰수 비는 2:1이다.

12. [출제의도] 산화수 변화로 산화 환원 반응 이해하기

ㄱ. $a = 2$, $b = 2$, $c = 4$ 이므로 $a + b + c = 8$ 이다. ㄴ. (가)의 CaC_2 와 C_2H_2 에서 Ca과 H의 산화수가 각각 +2, +1이므로, 두 물질에서 C의 산화수는 -1로 같다. ㄷ. C_2H_2 은 산화(C의 산화수 증가: $-1 \rightarrow +4$)되고 O_2 가 환원(O의 산화수 감소: $0 \rightarrow -2$)되므로, C_2H_2 은 환원제이다.

13. [출제의도] 원소의 주기적 성질 이해하기

주어진 원소 중 Na, Mg은 3주기 금속 원소이고, O, F은 2주기 비금속 원소이다. 표에서 A는 원자 반지름 $>$ 이온 반지름이므로 금속 원소이고, D는 이온 반지름 $>$ 원자 반지름이므로 비금속 원소이다. B는 D보다 원자 반지름이 작으므로 F이고, D는 O이다. 또한 C는 A보다 이온 반지름이 크므로 Na이고, A는 Mg이다. 따라서 A~D는 각각 Mg, F, Na, O이다. ㄱ. $B^- (_9F^-)$ 와 $C^+ (_{11}Na^+)$ 는 모두 Ne의 전자 배치를 갖지만, 양성자 수가 $C^+ > B^-$ 이므로 B^- 의 반지름인 x 는 C^+ 의 반지름인 98보다 크다. ㄴ. 3주기 원소인 A($_{12}Mg$), C($_{11}Na$) 중 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 양성자가 많은 A가 더 크다. ㄷ. C(Na)와 D(O)가 결합한 안정한 화합물의 화학식은 $C_2D(Na_2O)$ 이다.

14. [출제의도] 실험식 구하기

ㄱ. 연소 전 C의 전체 질량은 반응 후 생성된 CO_2 에 포함된 C의 질량과 같으므로, $264mg \times \frac{12}{44} = 72mg$ 이다. ㄴ. 탄화수소 A와 B의 총 질량 84mg 중 C의 전체 질량은 72mg이므로 H의 전체 질량은 12mg이다. H의 질량 = H_2O 의 질량 $\times \frac{2}{18}$ 이므로 x 는 108이다. ㄷ. C 원자 수:H 원자 수 = $\frac{C의 질량}{C의 원자량} : \frac{H의 질량}{H의 원자량} = \frac{72}{12} : \frac{12}{1} = 1:2$ 이므로, 두 탄화수소의 실험식은 CH_2 이다.

15. [출제의도] 수소 원자의 전자 전이 이해하기

ㄱ. (가)로부터 방출되는 빛 에너지는 (나)와 (다)로부터 방출되는 빛 에너지의 합과 같고, 빛 에너지는 파장에 반비례하므로 $\frac{1}{a} - \frac{1}{b} = \frac{1}{656}$ 이다. ㄴ. (나)는 발머 계열 중 $n=3 \rightarrow n=2$ 의 전이이므로, 이 때 방출되는 빛의 파장(656nm)은 가시광선 영역에 해당한다. ㄷ. 수소의 이온화 에너지는 $n=1 \rightarrow n=\infty$ 의 전자 전이이고, 이때 흡수되는 빛 에너지의 값은 k 이다. c , d 는 각각 $n=3 \rightarrow n=1$, $n=3 \rightarrow n=2$ 의 전자 전이에서 방출되는 빛 에너지의 값으로 $\frac{8}{9}k$, $\frac{5}{36}k$ 이다. $(c+d) = \frac{8}{9}k + \frac{5}{36}k = \frac{37}{36}k$ 이므로 $(c+d)$ 는 수소 원자의 이온화 에너지 값(k)보다 크다.

16. [출제의도] DNA 구조 이해하기

ㄱ. 인산에서 인(P)은 5개의 공유 전자쌍을 가지므로 확장된 옥텟 규칙을 만족하는 원자이다. ㄴ. DNA에서 인산-당-염기 순으로 결합하고 있어 인산은 염기인 티민과 공유 결합하지 않는다. ㄷ. DNA 이중 나선에서 티민은 아데닌과, 사이토신은 구아닌과 서로 짝을 지어 수소 결합한다.

17. [출제의도] 전자쌍 반발 이론을 통한 분자 구조와 극성 이해하기

ㄱ. (가)는 X와 H의 원자 수 비가 1:3이고 공유 전자쌍이 3개이며 중심 원자 X는 옥텟 규칙을 만족해야 하므로 중심 원자 X는 N이고 분자식은 NH_3 이다. NH_3 는 결합의 쌍극자 모멘트의 합이 0보다 크므로 극성 분자이다. ㄴ, ㄷ. (나)는 H, Y, X(N)는 원자 수 비가 같고 중심 원자 Y는 공유 전자쌍 4개를 가지므로 C이다. 따라서 (나)의 구조식은 $H-C \equiv N$ 이다. (다)는 실험식이 CH 이고 공유 전자쌍을 5개 가지므로 $H-C \equiv C-H$ 이다. (가)와

(다)는 분자당 구성 원자 수가 4개로 같고, (나)와 (다)는 결합각이 180°인 직선형이다.

18. [출제의도] 비금속 원소의 이온화 에너지 경향성 이해하기

ㄱ. 제1 이온화 에너지는 주기율표에서 오른쪽 위로 갈수록 대체로 증가한다. 같은 주기에서 17족 원소의 제1 이온화 에너지는 16족 원소보다 커야하는데 C의 이온화 에너지가 B보다 작으므로, C는 3주기 원소인 염소(Cl)이고 B는 2주기 원소인 산소(O)이다. A가 인(P)이라면 같은 주기인 Cl보다 제1 이온화 에너지가 작아야 하는데 Cl보다 크므로 A는 2주기 원소인 질소(N)이다. ㄴ. A⁺와 B⁺의 전자 배치는 각각 탄소와 질소의 전자 배치와 같으므로, 제2 이온화 에너지는 B가 A보다 크다. ㄷ. B와 C가 안정한 이온일 때의 전자 배치는 각각 Ne과 Ar의 전자 배치이므로 서로 다르다.

19. [출제의도] 화학 반응의 양적 관계 이해하기

화학 반응식에서 반응물과 생성물의 반응 몰수 비는 A:B:H₂O:H₂SO₄=1:2:2:2이다. 실험 I에서 H₂SO₄은 $\frac{4.9\text{g(생성된 질량)}}{98\text{g/mol(황산 1몰의 질량)}}=0.05\text{몰}$ 생성되었으므로 반응한 반응물의 몰수는 A, B, H₂O이 각각 0.025몰, 0.05몰, 0.05몰이다. ㄱ. 실험 I에서 반응한 H₂O의 질량은 0.05몰×18g/몰=0.9g이다. ㄴ. 질량 보존의 법칙에 따라 실험 I에서 반응한 B의 질량은 생성된 황산의 질량에서 반응한 A와 H₂O의 질량을 뺀 값과 같으므로, 반응한 B의 질량은 4.9g-(0.8g+0.9g)=3.2g이다. 따라서 분자량은 반응한 질량을 반응한 몰수로 나눈 값이므로, A의 분자량= $\frac{0.8}{0.025}=32$, B의 분자량= $\frac{3.2}{0.05}=64$ 이다. A와 B는 각각 O₂와 SO₂이다. ㄷ. 실험 I에서 A가 0.8g 반응할 때 B는 3.2g 반응했으므로, 실험 II에서 A 2.0g이 모두 반응하기 위해 필요한 B의 최소 질량은 8.0g이다. 따라서 B 6.4g과 반응하고 남아 있는 A가 모두 반응하기 위해 필요한 B의 최소 질량은 8.0g-6.4g=1.6g이다.

20. [출제의도] 중화 반응 이해하기

혼합 용액 (가), (나)에 포함된 4가지 이온은 H⁺, Cl⁻, Na⁺, OH⁻이다. 이 중 Cl⁻과 Na⁺은 반응에 참여하지 않아 반응 후 이온의 몰수가 0이 될 수 없으므로 B, D 중 하나이고, H⁺과 OH⁻은 A, C 중 하나이다. 또한 HCl의 부피는 동일하고, NaOH의 부피는 (가)<(나)이므로, (가)와 (나)에서 이온의 몰수가 다른 D는 Na⁺이고, B는 Cl⁻이다. 그리고 (가)보다 (나)에서 이온의 몰수가 많은 C는 OH⁻이고, A는 H⁺이다. 따라서 혼합 전 용액 속 각 이온의 몰수는 H⁺=Cl⁻, Na⁺=OH⁻이므로 반응 전후 이온의 몰수 변화는 다음과 같다.

		A(H ⁺)	B(Cl ⁻)	C(OH ⁻)	D(Na ⁺)
(가)	반응 전	3n	3n	n	n
	반응 후	2n(㉠)	3n	0	n
(나)	반응 전	3n	3n	4n	4n
	반응 후	0	3n(㉡)	n	4n

① C는 OH⁻이다. ②, ④ ㉠:㉡=2:3이다. (가)와 (나)를 혼합하면 (가)에서 남은 H⁺ 2n몰과 (나)에서 남은 OH⁻ n몰이 반응하여 n몰의 물이 생성된다. ③, ⑤ Na⁺이온의 몰수로부터 혼합 전 NaOH의 부피는 (나)가 (가)의 4배이다. 따라서 (가)에서 V_{HCl}+V_{NaOH}=V이고, (나)에서 V_{HCl}+4V_{NaOH}=2V

이므로, (나)의 혼합 전 부피는 V_{HCl}= $\frac{2}{3}V$, 4V_{NaOH}= $\frac{4}{3}V$ 이다. 또한 (나)에서 혼합 전 전체 이온의 몰수가 HCl:NaOH=6n:8n이므로 단위 부피당 이온의 몰수는 HCl:NaOH=3:2로 HCl이 NaOH의 1.5배이다.