2016학년도 正進 최고난도 모의고사 2회 정답

과학탐구 영역 정답표
(화학Ⅰ) 과목

문항 번호	정 답	배 점	문항 번호	정 답	배 점	문항 번호	정 답	배 점	문항 번호	정 답	배 점
1	④	2	6	①	2	11	③	2	16	①	3
2	①	2	7	⑤	2	12	②	3	17	③	3
3	①	3	8	③	2	13	②	3	18	④	3
4	③	2	9	④	3	14	⑤	3	19	⑤	3
5	②	2	10	②	2	15	⑤	3	20	②	2

제 4 교시

과학탐구 영역 (화학 Ⅰ)

정 답

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

난이도 : 1~9 (숫자가 클수록 고난도 문제)

수능에서 가장 어려운 양적관계 문제의 난이도를 7.5 정도로 잡았을 때의 난이도입니다.

수특 5문제(25%) + 수완 5문제(25%) + 비연계 10문제(50%)

1. 수완 2강 1번 연계 (화학식량과 몰)
개념 이해 및 적용 능력
난이도 : 2

이런 문제는 10초 이내로 끝내주는 센스!

풀이
(가)와 (나)의 실험식은 XH로 동일하다. 따라서 같은 질량에 포함된 원자의 개수는 같다. 또한 같은 질량을 완전 연소했을 때 생성되는 물질의 질량 또한 일정하다. 실험식이 같으므로 한 분자 내에서의 X의 질량비는 같다. 그러나 같은 온도와 압력에서 기체 상태일 때, 밀도는 분자량에 비례하므로 (나)가 (가)의 3배이다.
∴ 3개

2. 수특 1강 3점 9번 연계 (화학식량과 몰)
자료 분석 및 해석 능력
난이도 : 2

역시 매우 쉬운 문제입니다.

풀이

ㄱ. AB_2, AC_4, C_2B의 밀도를 비교해 보면 AB_2의 밀도는 $\frac{22}{12} \fallingdotseq 1.83(g/L)$이므로 밀도가 상대적으로 매우 작은 AB_2, AC_4는 기체, C_2B는 액체이다. (참)

ㄴ. $0.667 \fallingdotseq \frac{2}{3}$이므로 AC_4의 질량은 $\frac{2}{3}g/L \times 24L = 16g$이다. 또, C_2B의 질량은 $10^3 g/L \times 9mL = 10^3 g/L \times (9 \times 10^{-3} L) = 9g$이다. 따라서 질량은 $AC_4 < C_2B < AB_2$이다. (거짓)

ㄷ. AB_2와 AC_4의 밀도비는 $\frac{22}{12} : \frac{16}{24} = 22 : 8 = 11 : 4$이다.(거짓)

3. 수완 5강 4번 + 6번 (원자의 구조 및 구성 입자)
자료 분석 및 해석 능력
난이도 : 5

원자의 구성 입자 단원치고는 조금 까다로운 문제입니다. 특히 ㄷ.의 선지를 노리고 출제하였습니다.

풀이
ㄱ. ●가 하나만 존재하는 원자핵이 있으므로 ●은 양성자이다. 따라서 ●은 중성자이다. (참)
ㄴ. 표를 보면 Z에는 (나)가 2개 있다. ●, ●, 전자 중 2개 있는 입자는 ●와 전자뿐이므로 Z는 C(^3_2He)이며, (나)는 양성자 또는 전자이다. (가)와 (다)는 각각 전자(또는 양성자), 중성자 중 하나인데, 원자 X, Y는 각각 A, B 중 하나이므로 전자(또는 양성자)의 개수는 1개로 동일하다. $x > y$이므로 $x = 1$, $y = 0$이고, (가)는 중성자, (다)는 전자(또는 양성자)이며, X는 B(^2_1H), Y는 A(^1_1H)이다. Y, Z에서 (가)와 (다)의 개수는 다르다. (거짓)
ㄷ. 원자핵은 Y가 Z보다 먼저 생성되었다. 그러나 빅뱅 이후 우주가 충분히 식어서 원자핵과 전자가 정전기적 인력에 의해 서로 끌어당겨서 (중성)원자 Y, Z를 생성하였다. 즉, 원자 X~Z의 생성 시기는 빅뱅 후 약 30만년 후로 동일하다. (거짓)

또 다른 풀이.
A, B, C의 양성자, 중성자, 전자에 대한 표를 작성해 보면 다음과 같다.

원자 \ 입자	양성자	중성자	전자
A	1	0	1
B	1	1	1
C	2	1	2

따라서 Z는 C이며, $x > y$인 경우는 $x = 1$, $y = 0$인 경우뿐이므로 X는 B이고, Y는 A이다.

참고.
ㄷ.에서 '원자'가 아닌 '원자핵'으로 볼 경우 답을 ④로 고르도록 하였습니다. '원자'에는 '중성'의 의미가 포함되어 있기 때문이죠.

4. 비연계 문제 (분자의 구조)
자료 분석 및 해석 능력
난이도 : 3

상온, 상압에서 기체라 주어졌으므로, A_2~E_2는 뻔한 놈들이지요.

풀이
E_2에는 비공유 전자쌍이 없는데, 원자 번호가 20 이하인 원자 중 25℃, 1기압에서 기체 상태로 존재하는 분자는 H_2, N_2, O_2, F_2, Cl_2이며, 분자 내에서 비공유 전자쌍이 없는 원자는 H 밖에 없으므로 E는 H다. 각각의 분자 내에서 $\frac{\text{비공유 전자쌍}}{\text{공유 전자쌍}}$의 값을 구해보면, A와 B는 각각 F, Cl 중 하나, C는 O, D는 N임을 알 수 있다.
ㄱ. A는 F, Cl 중 하나이며, CA_2에서 중심 원자가 C(O)이므로, CA_2는 배위수가 4이고, 비공유 전자쌍이 2개 있는 굽은 구조이다. (참)
ㄴ. 전기 음성도는 F가 가장 크다. 따라서 A, B 중에 전기 음성도가 가장 큰 원자가 존재한다. (거짓)
ㄷ. E_2C는 H_2O이고, D_2E_4는 N_2H_4이다. 결합각은 H_2O가 104.5°이며, N_2H_4는 약 107° 내외이다. 따라서 결합각은 D_2E_4이 E_2C보다 크다. (참)

이 해설지에 관한 저작권은 正進(exito2016@daum.net)에게 있습니다.

추가. (출처 : 수능 특강)
결합각의 정의 (p.104) : 중심 원자의 원자핵과 중심 원자와 결합한 두 원자의 원자핵을 선으로 연결했을 때 생기는 내각.

5. 비연계 문제 (산화 환원 반응과 산화수)
문제 인식 및 가설 설정 능력
난이도 : 3

매우 쉬운 문제이기 때문에 재빠르게 풀고 넘어가야 합니다.

풀이
ㄱ. (가)~(다)에서 기체 상태의 화합물은 CO_2, NH_3, NO_2로 총 3가지이다. (거짓)
ㄴ. NH_3는 비료의 주원료이며, $C_6H_{12}O_6$는 탄수화물의 구성단위인 포도당이다. NH_3를 합성함으로써 식량(탄수화물)의 생산이 크게 늘어났다. (참)
ㄷ. NO_2가 물에 녹는 과정은 다음과 같다.

$$2NO_2(g) + H_2O(l) \rightarrow HNO_3(aq) + HNO_2(aq)$$

여기서 산화 환원되는 물질은 NO_2뿐이며, 물은 산화 또는 환원되지 않는다. (거짓)

6. 수특 2강 3점 9번 연계 (현대 원자 모형)
자료 분석 및 해석 능력
난이도 : 3

원래는 문제의 마지막에 그저 '전기 음성도 차가 일정하다'라고만 주었습니다. 원 문제대로라면, B, C, E는 이 순서대로 F, O, N도 되지만, 반대로 N, O, F도 가능합니다.

풀이
ㄱ. 2주기 원소에서 전자가 채워진 오비탈의 수가 4인 원소는 탄소만 존재한다. 탄소의 양성자 수(원자 번호)는 6이므로 원자 번호와 질량수를 원소 기호와 함께 나타내면, A는 $^{12}_{6}C$이고, D는 $^{14}_{6}C$이다. 따라서 D의 안정한 수소($^{1}_{1}H$) 화합물의 화학식은 DH_4이다. (거짓)
ㄴ. 2주기 원소 중 전자가 채워진 오비탈의 수가 5인 원소는 N, O, F이 있다. 이들 중 중성자 수가 늘어가면서 전기음성도가 감소하도록 배열하는 경우는 F, O, N이다.(3주기 이하의 비활성 기체는 화합물을 형성하지 않아 전기음성도를 측정할 수 없다. 그러나 3주기 이후의 18족 원소는 특정 반응 조건 하에서 화합물을 형성하며, 측정된 전기음성도 자료가 존재한다.) 따라서 C는 $^{16}_{8}O$이다. 홀전자가 가장 많은 원소는 E($^{16}_{7}N$)이며, 두 번째로 많은 원소는 A($^{12}_{6}C$), C($^{16}_{8}O$), D($^{14}_{6}C$)이다. (참)
ㄷ. A, C의 중수소($^{2}_{1}H$)화합물의 분자량은 20이다. B, E가 각각 $^{16}_{9}F$, $^{16}_{7}N$이므로, E의 안정한 $^{2}_{1}H$화합물의 화학식은 E$^{2}H_3$으로 분자량이 22으로 B의 안정한 $^{2}_{1}H$화합물의 분자량(18)보다 크다. 또한 D의 안정한 $^{2}_{1}H$화합물의 분자식은 D$^{2}H_4$이며, 분자량은 22이므로 분자량이 가장 큰 원소는 D, E로 두 가지이다. (거짓)

참고.
$^{16}_{7}N$는 반감기가 7초 정도로 많이 불안정하며, $^{16}_{9}F$는 반감기가 10^{-24}초 수준으로 존재하지 않는다고 해도 무방합니다. $^{18}_{9}F$는 반감기가 약 110분 정도로 비교적 불안정합니다. 하지만 이 문제에서는 원소의 안정성은 고려하지 않도록 하였습니다.

7. 비연계 문제 (오비탈의 전자 배치 + 결합의 종류)
결론 도출 및 평가 능력
난이도 : 2

아직까지는 문제들이 전반적으로 쉬운 문제들만 있었지요.

풀이
ㄱ. 원자가 전자 수를 보면 A가 7개, B가 6개, C가 5개, D가 1개이며, 주기는 A, C가 2주기, B, D가 3주기 원소이다. 따라서 A는 들뜬 상태의 F, B는 들뜬 상태의 S, C는 바닥 상태의 N, D는 +2가 이온 상태의 Na이다. 이때, 이온화 에너지는 S < O < F이며, 같은 전자껍질의 오비탈 사이의 에너지 준위 차이는 서로 다른 전자껍질 사이의 에너지 준위 차이에 비하면 매우 작다. 따라서 이온화 에너지는 B < A이다. (참)
ㄴ. 전기 음성도는 C(N)이 약 3.0이고, B(S)이 약 2.5이다. 따라서 전기 음성도의 크기는 B < C이다. (참)
ㄷ. A는 F이고, D는 Na이므로 화합물의 화학식은 DA(NaF)이다. (참)

8. 비연계 문제 (원소의 주기적 성질)
자료 분석 및 해석 능력
난이도 : 5

이미 1회차에서도 선보인 적이 있는 유형입니다.(어지간히 출제할 거리가 없었나 봅니다.)

풀이
먼저 비활성 기체를 제외한 2~3주기 원소의 전자가 들어있는 p 오비탈의 개수와 홀전자 수를 나열하여, 그 비를 구해보면 A는 F, Na, S, B는 O, C는 B(붕소), C(탄소), N, D는 Li이며, E는 $\frac{p\text{ 오비탈 수}}{\text{홀전자 수}}$의 값이 없으므로 홀전자 수가 0, 즉, Be, Mg로 2족 원소이다. 그런데, 이온화 에너지가 B < A, B < C이므로 A는 F, C는 N이다. 또한 원자 반지름이 D < E인데, 만약 E가 Be이면 원자 반지름의 크기는 D > E가 된다. 따라서 E는 Mg이다.
ㄱ. 3주기 원소는 E(Mg) 하나만 존재한다. (참)
ㄴ. 전기 음성도의 크기는 A(F) > C(N)이다. (참)
ㄷ. 제2 이온화 에너지의 크기는 전자 1개를 떼어낸 상태의 전자 배치와 같은 전자 배치를 갖는 원자로 바꾸어서 비교하면 된다. 각각의 원소의 +1가 양이온의 전자 배치는 A~E가 각각 O, N, C, He, Na과 같으므로, 제2 이온화 에너지의 크기가 가장 큰 원소는 +1가 양이온의 전자 배치가 He과 같은 D(Li)이다. (거짓)

9. 비연계 문제 (원자의 이온화 에너지)
자료 분석 및 해석 능력
난이도 : 6

원 문제는 ㄷ. 선지가 'E_3의 크기는 A가 D보다 작다.'였는데 난이도를 맞추기 위해 원자 반지름으로 바꾸었습니다. 참고에 E_3의 크기를 비교한 자료가 있습니다.

풀이
$E_{n+1} - E_n (n=1, 2, 3)$은 제$n+1$ 이온화 에너지인데, 그 크기를

이 해설지에 관한 저작권은 正進(exito2016@daum.net)에게 있습니다.

각각의 원자 내에서 비교했을 때, 급격하게 증가하는 구간에서 안쪽 전자껍질에 들은 전자를 떼어내게 된다. A~D는 각각 E_4-E_3, E_3-E_2, E_2-E_1, E_2-E_1의 값이 이전 단계의 이온화 에너지에 비해 급격하게 증가하므로, A~D는 각각 13족, 2족, 1족, 1족 원소이다. 그런데, 원자 번호 11~20번 사이에서 13족 원소는 Al 하나만 존재하므로 A는 Al이다. 또, 같은 족에 제n 이온화 에너지의 크기는 주기가 증가할수록 감소한다. 따라서 제3 이온화 에너지의 크기가 D > C이므로 C는 K, D는 Na이다. 이때, B가 Mg이면, 제3 이온화 에너지 크기의 순서는 +2가 이온의 전자 배치와 같은 전자 배치를 갖는 원자의 제1 이온화 에너지 크기의 경향과 같으므로 +2가 이온의 전자 배치는 D는 F, B는 Ne, C는 Cl에서 제3 이온화 에너지의 크기는 B > D > C가 된다. 이는 모순이므로 B는 Ca이다.

ㄱ. B와 D는 각각 Ca, Na으로 주기가 다르다. (거짓)

ㄴ. +1가 이온의 전자 배치는 A가 Mg, B가 K와 같으므로 제2 이온화 에너지의 크기는 A > B이다. (참)

ㄷ. 원자 반지름은 4주기 1족 원소인 C(K)가 가장 크다. (참)

참고.

E_3의 값은 Al이 578 + 1817 + 2745 = 5140(kJ/mol)이고, Na은 496 + 4562 + 6910 = 11968(kJ/mol)입니다. 또한 제3 이온화 에너지는 Na 6910.3kJ/mol, Ca 4912.4kJ/mol, K 4420kJ/mol입니다. (출처 : Wikipedia, Molar ionization energies of the elements 페이지.)

10. 수완 12강 10번 연계 (분자의 구조 및 극성)
문제 인식 및 가설 설정 능력
난이도 : 4

원래는 기준을 정해주면 그 기준에 따라 분류하면 되었지만, 이 문제는 그 기준을 직접 찾는 것이 포인트입니다.

풀이

ㄱ. CF_4가 F에 속하므로 (다)는 '입체 구조를 가진다.'이다. 또한, 제시된 분자 중 입체 구조를 가지면서 중심 원자에 비공유 전자쌍이 존재하는 분자는 없으므로, (가)는 '중심 원자에 비공유 전자쌍이 존재한다.'이고, (나)는 '단일 결합 이외의 결합이 존재한다.'이다. (거짓)

ㄴ. ㄱ.에서 결정된 기준에 따르면, A에는 H_2O, B에는 NOF, C에는 HCHO, E에는 H_3PO_4, F에는 CF_4, CH_3Cl이 속한다. H_3PO_4에서 중심 원자 P는 공유 전자쌍이 총 5개로 옥텟을 만족하지 않고, 확장된 옥텟을 만족한다. (거짓)

ㄷ. HCHO는 평면 삼각형 구조로 결합각의 최댓값은 109.5°보다 크다.(∠OCH = 122°, ∠HCH = 116°) 따라서 결합각의 크기는 HCHO > H_2O이다. (참)

참고.

원래 H_3PO_4는 이중 결합과 단일 결합으로 이루어진 분자가 아니며, 공명 구조로 인해 P와 O 사이의 결합은 모두 같은 결합입니다. 하지만, 화 I 에서는 공명 구조는 벤젠만 다루므로 H_3PO_4는 '단일 결합 이외의 결합이 존재하는 것'으로 하였습니다.

추가. (출처 : 수능 특강)

옥텟 규칙의 정의 (p.122): 원자들이 화학 결합을 통해 비활성 기체와 같이 가장 바깥 전자껍질에 8개의 전자를 채워 안정한 전자 배치를 가지려는 경향

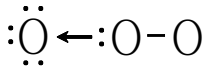
11. 수특 4강 개념설명 사이언스 디저트 활용 (분자의 구조 + 확장된 산과 염기의 정의, 비연계)
결론 도출 및 평가 능력
난이도 : 5

교육과정상 동소체는 탄소만 다루지만, 개념만 명확하게 잡혀 있으면 풀 수 있는 문제입니다.

풀이

ㄱ. 동소체의 정의는 '1가지 같은 원소로 이루어져 있지만 원자의 배열과 구조가 달라서 성질이 다른 물질'이다. 따라서 ⓐ, ⓑ는 동소체이다. (참)

ㄴ. ⓐ는 다음과 같이 활성화된 O(산소 원자)에 비공유 전자쌍을 준다. (단, 원자간 결합은 선분으로만 표시함.)



비공유 전자쌍을 주므로 ⓐ는 루이스 염기이다. (참)

ㄷ. (가)에서 X가 산소(O)임을 알 수 있다. 따라서 옥텟규칙을 만족하면서 ⓑ의 구조식을 그려보면 다음과 같다.

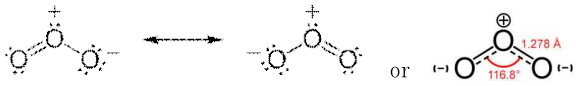
중심의 원자에 비공유 전자쌍이 존재하므로 비공유 전자쌍도 원자가 연결된 하나의 전자쌍으로 보면 ⓑ의 중심의 O는 주위에 3개의 원자와 결합한 형태이므로 평면삼각형의 구조를 가진다. 이때, 비공유 전자쌍은 보이지 않으므로 결합한 원자만 고려하면 ⓑ는 직선형이 아니라 굽은 형(bent structure)이다. (거짓)

추가.

원리에 따른 루이스 구조식 작성과 산과 염기의 정확한 정의를 알고 있으면 해결이 가능합니다. 자주 나오는 여러 분자들의 루이스 구조식만 암기식으로 배웠다면 해결하기 어려울 수도 있습니다.

참고.

오존(O_3)는 다음과 같은 공명 구조를 가집니다.



12. 수특 1강 2점 9번 연계 (양적 관계 + 산화수)
자료 분석 및 해석 능력
난이도 : 7

헬게이트 첫 스타트 문제입니다! 제 문제를 푸시면서 느끼셨을 지도 모르지만, 제 문제들의 상당수가 단원 간에 연계되어 있어서 한 단원의 개념만 가지고는 해결하기 어려운 문제도 많이 있습니다. 그 대표적인 문제로, 양적관계 뿐만 아니라 산화수까지도 고려해야 해결할 수 있는, 제 최대의 야심작 중 하나입니다.

풀이

ㄱ. Ⅲ에서 산화물의 분자식을 XO_n(n은 자연수)라 하면 Ⅱ에서 X가 2ag 반응할 때 반응하는 O의 질량이 Ⅲ의 2배이므로 Ⅱ의 실험식(=분자식)은 XO_{2n}이다. 이때, $n \geq 2$이면 XO_{2n}에서 X의 산화수는 +4n이므로 +8 이상이 되는데, 비활성 기체를 제외한 3주기 원소가 안정한 산화물에서 가지는 산화수의 최댓값은 +7이므로 이는 불가능한 산화수이다. 따라서 n = 1이므로, Ⅲ의 분자식은 XO이며,

이 해설지에 관한 저작권은 正進(exito2016@daum.net)에게 있습니다.

X의 산화수는 +2이다. (거짓)
ㄴ. Ⅲ의 분자식은 XO이다. 산소(O_2) 32g, 즉 산소 원자(O) 2몰이 소모될 때, X도 $2a$g, 2몰 소모되므로, a(g/몰)은 X의 원자량이다. (거짓)
ㄷ. Ⅰ의 분자식은 XO_m(m은 자연수)이다. X가 ag 반응할 때 소모되는 O_2의 질량이 Ⅱ보다 크므로 $m \geq 3$이다. 그런데, $m \geq 4$이면 X의 산화수는 +8 이상이 되는데, 이는 ㄱ.에서와 같은 논리로 불가능하다. 따라서 Ⅰ의 분자식은 XO_3이다. X가 $2a$g(2몰) 반응하면 O는 96g(6몰) 반응하므로 X가 $1.5a$g 반응하면 O는 $96\times\frac{3}{4}=72$g 반응한다. 따라서 $x=72$이다. (참)

13. 비연계 문제 (원소 분석 + 양적 관계)
탐구 설계 및 수행 능력
난이도 : 7

제 야심작 중 하나로, 매번 탄화수소(혹은 산소가 포함된 탄소 화합물)만 다루었기에 이번에는 조금 색다른 물질에 원소분석법을 적용해 보았습니다.

풀이
ㄱ. O_2 6mL는 $\frac{6\times10^{-3}}{24\text{L/mol}}=\frac{1}{4}\times10^{-3}$mol이므로, 총 산소 원자의 몰수는 0.5×10^{-3}몰이다. (거짓)
ㄴ. M_2O의 전기분해 반응식은 다음과 같다.

$$M_2O(l) \rightarrow 2M(s) + \frac{1}{2}O_2(g)$$

이때, 발생하는 O_2가 $\frac{1}{4}\times10^{-3}$몰이므로 양적 관계에 의해 M_2O 31mg의 몰수는 0.5×10^{-3}몰이고, M_2O에 포함된 질량은 8mg이다. M_2O에 포함된 M의 몰수, 질량은 각각 1×10^{-3}몰, 23mg이므로 M의 원자량은 $\frac{23\times10^{-3}\text{g}}{1\times10^{-3}\text{mol}}=23$(g/몰)이다. 원자량이 23인 물질은 2~3주기 내에 있으며, 이온 화합물 M_2O에서 M은 +1가 이온이므로, 2~3주기 내의 1족인 금속 원소는 Li, Na이다. 그런데 Li의 원자량은 20보다 작으므로 금속 M은 Na이다. Na의 불꽃색은 노란색이다. (거짓)
ㄷ. M_2O 31mg에서 M은 23mg있으므로 M_2O 62mg에 M은 46mg이 있다. 또, A에서 흡수된 H_2O가 54mg, B에서 흡수된 CO_2가 176mg이므로 X 164mg에는 H, C가 각각 6mg, 48mg있다. 따라서 X에는 O가 164-(6+48+46)=64(mg)있다. 구한 성분 원소의 질량으로부터 C, H, O, M의 몰수 비를 구하면 4 : 6 : 4 : 2 = 2 : 3 : 2 : 1이므로 X의 실험식은 $C_2H_3O_2M$이다. (참)

참고.
X를 아세트산나트륨(CH_3COONa)으로 두고 문제를 만들었습니다. 추가로 CH_3COONa의 인화점(또는 발화점, Flash point)은 250℃보다 큽니다.(즉, 연소가 가능한 물질입니다.) (출처 - Wikipedia, Sodium Acetate 페이지)

14. 수특 1강 3점 18번 연계 (양적 관계)
결론 도출 및 평가 능력
난이도 : 7

원래는 (나)에서 남는 물질 또한 알아낼 수 있도록 'A, B는 구성 원자의 개수가 4개 이하이다.'로만 주어졌는데, 2회차가 너무 어려워서 어쩔 수 없이 조금 난이도를 조정하기 위해 (나)에서 남는 물질을 제시하였습니다.

풀이
ㄱ. (가)에서 반응 후 피스톤에 Y_2가 $2n$몰, A가 $2n$몰 있다고 하자. 그러면 압력, 온도가 일정하므로 반응 전·후 부피 비 = 반응 전·후 몰수 비에서 반응 전 X_2와 Y_2는 총 $5n$몰 있었다. 이때, 양적 관계에 의해 X_2와 A의 몰수 비 $X_2 : A = 1 : 1$이므로, X_2는 $2n$몰, Y_2는 $3n$몰 있었다. Y_2가 n몰 반응했으므로 $a=1$이다. (나)에서 X_2가 남았으므로 Y_2가 모두 반응하였다. Y_2 $3n$몰, X_2 $\frac{3b}{c}n$몰 반응하여 B $\frac{6}{c}n$몰이 생성되므로, 남은 X_2와 생성된 B의 몰수의 합 $2n-\frac{3b}{c}n+\frac{6}{c}n=3.5n$에서 $c+2b=4$이다. 이때, b, c는 자연수이므로 $b=1$, $c=2$가 된다. 따라서 $a=b=1$이다. (참)
ㄴ. ㄱ에 의해 실험 (나)에서 반응 후 X_2, B의 몰수는 각각 $\frac{1}{2}n$몰, $3n$몰 있다. 따라서 X_2, B의 몰수 비 $X_2 : B = 1 : 6$이다. (참)
ㄷ. 반응 전 X_2, Y_2의 몰수는 각각 $2n$몰, $3n$몰이고, 질량비가 $x : y = 7 : 12$이므로 원자량 비 $X : Y = 7\times\frac{1}{2} : 12\times\frac{1}{3} = 7 : 8$이다. (참)

15. 수완 13강 11번 연계 (탄화수소)
자료 분석 및 해석 능력
난이도 : 8

탄화수소와 양적관계를 엮어내 보았습니다. 아마, 평가원 문제 중 탄화수소에선 이 정도 이상의 고난도 문제를 보기 어려울 것입니다.

Ⅰ~Ⅳ의 실험식을 구해보면 각각 CH_3, CH_4, CH_2, CH_2이다. 이때, 탄화수소는 C_nH_m에서 m은 짝수이고, $m \leq 2n+2$이므로 Ⅰ, Ⅱ의 분자식은 각각 C_2H_6, CH_4이며, 분자량은 각각 30, 16이다. 또한 Ⅲ, Ⅳ의 분자식은 2 이상의 자연수 c, d에 대하여 각각 C_cH_{2c}, C_dH_{2d}이다. 그런데 분자량이 Ⅲ < Ⅳ이므로 $c < d$이다.
(나)에서 X~Z의 밀도 비를 구해보면 28 : 15 : 21이다. 밀도는 부피가 같을 때 분자량에 비례하므로 분자량의 비도 28 : 15 : 21이다. 그런데 Ⅰ~Ⅳ의 분자량의 비를 보면 $15 : 8 : 7c : 7d$이므로 X~Z는 각각 Ⅰ, Ⅲ, Ⅳ 중 하나이다. (X~Z의 분자량의 비에는 8의 배수가 없으므로 Ⅱ가 X~Z 중 하나가 되지 않는다. X~Z의 분자량을 각각 $28x$, $15x$, $21x$으로 두고 Ⅰ~Ⅳ의 분자량과 비교해 보아도 된다.) $c < d$이므로 결국 X는 Ⅳ, Y는 Ⅰ, Z는 Ⅲ이며, Ⅲ, Ⅳ의 분자식은 각각 C_3H_6, C_4H_8이다.
ㄱ. C_3H_6는 프로펜 또는 사이클로프로페인인데, 둘 다 구성 원자 중 탄소 원자는 모두 한 평면 위에 있다. (참)
ㄴ. Ⅲ, Ⅳ에서 1분자당 단일 결합의 개수가 최대가 되는 경우는 각각이 사이클로알케인(C_nH_{2n})인 경우로, 1분자당 단일 결합의 개수가 $3n$개, 즉, 9개와 12개이다. 따라서 합의 최댓값은 21이다. (참)
ㄷ. Ⅱ 28L의 질량을 x라 하자. Y와 Ⅱ의 분자량은 각각 30, 16이므로 밀도 비 $30 : 16 = \frac{4}{3}\times5w_1 : x$에서 $x=\frac{32}{9}w_1$이다. (참)

추가.

이 해설지에 관한 저작권은 正進(exito2016@daum.net)에게 있습니다.

ㄷ.에서 Y 대신 X나 Z로 잡아도 되지만 Y가 가장 계산하기 편하기 때문에 Y를 기준으로 정했습니다.

16. 비연계 문제 (할로젠의 반응성, 산화 환원 반응)
탐구 설계 및 수행 능력
난이도 : 7

문제는 어려워 보이지만 차근차근 하나하나씩 이해해 나가면 비교적 쉽습니다.

풀이
ㄱ. 수용액과 섞이지 않고, Y_2를 녹이므로 Z는 무극성 용매이다. (참)
ㄴ. $B_2+2NaA \rightarrow 2NaB+A_2$가 일어나지 않으므로 반응성은 A > B이다. 따라서 $A_2+2NaB \rightarrow 2NaA+B_2$가 일어나므로 ㉠은 (+)이다. (거짓)
ㄷ. 세 반응 $A_2+2NaB \rightarrow 2NaA+B_2$, $C_2+2NaD \rightarrow 2NaC+D_2$, $D_2+2NaB \rightarrow 2NaD+B_2$이 일어나므로(표에서 (-) 표시된 부분은 그 역반응이 일어난다는 표시이다.) 각각의 반응에서 반응성이 A > B, C > D, D > B임을 알 수 있다. 즉, A > B, C > D > B이다. 여기서 A와 C, A와 D 사이의 반응성을 알아야 하므로 ㉡, ㉢을 알아야 한다. ㉢은 C > B이므로 (+)임을 알 수 있다. (거짓)

17. 비연계 문제 (금속의 반응성)
탐구 설계 및 수행 능력
난이도 : 8

원래는 두 가지 금속 이온이 들은 수용액이 담긴 비커에 금속판 하나 꽂아두는 문제였는데, 어렵게 꼬고 또 꼬다 보니 너무 어려워지더군요, 초안은 『세트 1』, 『세트 2』를 실험 결과의 첫 번째 그래프(『그래프 Ⅰ』)과 두 번째 그래프(『그래프 Ⅱ』)로 연결하는 것까지 직접 해야 했는데, 그러면 너무 잔인한 것 같아서 결국 세트와 그래프를 직접 연결시켰습니다. 저 문제 만드는 데 이틀이 걸렸습니다. 엄청 정성들여서 만든 거예요.

풀이
ㄱ. 『세트 2』를 먼저 보면, 양이온의 몰수가 최대인 점에서 수용액 속 양이온의 수는 Y가 $3N$몰이고, 나머지 X^{x+}, H^+ 중 하나가 $2N$몰 있다. 이때, 처음에 존재하는 X^{x+}, H^+의 몰수의 합이 $4N$몰이므로, 처음에 X^{x+}, H^+은 각각 $2N$몰씩 있었다. 반응하는 Y의 몰수가 $3N$몰 일 때, 없어지는 양이온의 개수는 $2N$몰이므로, Y의 이온과 먼저 없어지는 양이온의 산화수의 비는 2 : 3이다. 또한, 이 상태에서 Y가 추가로 N몰 더 반응할 때, 없어지는 양이온의 개수는 $2N$몰이므로, Y의 이온과 나중에 없어지는 양이온의 산화수의 비는 2 : 1이다. 따라서 X^{x+}가 H^+보다 먼저 환원되며, Y는 물과 반응하지 않고(반응성 : H_2O > Y > H > X), 산화수는 X, Y의 이온이 각각 +3, +2이다(만약 물과 Y가 반응하면 『세트 2』의 그래프에서 넣어주는 Y가 계속 증가하면 수용액 속 양이온의 몰수도 계속 증가한다.). 이때, $a<b$이므로 X는 B이고, Y는 A임을 알 수 있다. 따라서 이온의 산화력(전자를 먼저 얻어 환원되기 쉬운 정도)은 A가 B보다 작다. (참)
ㄴ. 『세트 1』을 보면, 금속 C는 최소 3번 서로 다른 물질과 반응하므로, C와 반응하는 물질의 순서는 B, A, H_2O 순(∵ ㄱ.에서 구한 반응성)이다. 이때, 석출되는 A의 몰수와 산화되어 수용액 속에 녹아들어가는 C의 몰수가 같으므로, A와 C의 이온의 산화수는 같다. 따라서 C의 이온의 산화수는 +2이다 (참)
ㄷ. 『세트 1』의 반응 전 양이온 A^{2+}, B^{3+}의 몰수를 각각 α, β라 하면, $\alpha+\beta=3N$이며, A가 반응할 때에는 이온의 몰수가 변하지 않으므로 이때의 수용액 속 이온의 총 전하량은 $+8N$이다. 금속이 연달아 반응하였으므로 수용액의 총 전하량은 반응 전에도 $+8N$이며, 따라서 $2\alpha+3\beta=8N$이다. 따라서 $\beta=2N$, $\alpha=N$이다. (거짓)

참고.
A는 Zn, B는 Au, C는 Ca로 설정하였고, 『세트 1』에서는 Ca를 $12N$몰 반응시켰으며, 『세트 2』에는 수용액에 Au^{3+}, H^+가 각각 $2N$몰씩 들어있었습니다.
금속 이온의 산화력을 금속의 반응성으로 잘못 판단한 경우 답이 ②가 됩니다.

추가.
세트와 그래프를 연결하지 않았을 때 : (나)에서 『세트 1』을 선택하여 그 결과가 『그래프 Ⅱ』, (다)에서 『세트 2』를 선택하여 그 결과가 『그래프 Ⅰ』이라 가정하면 『그래프 Ⅰ』에선 Y와 반응하는 물질이 H^+, X^{x+}, H_2O로 총 3가지이다. 즉, 반응성이 Y > X, Y > H, Y > H_2O이다. 또한 『그래프 Ⅱ』에서 충분히 많은 양($4N$몰 이상)의 C가 반응해도 양이온의 수는 더 이상 늘지 않으므로 반응성은 H_2O > C이다. 그런데 『그래프 Ⅱ』에서 기울기가 0이 아닌 선이 2개 있고, 그 사이에 기울기가 0인 선이 있는데, 이는 반응하는 물질이 최소 3가지 이상임을 의미하며, A^{a+}, B^{b+}는 무조건 환원된다. 따라서 반응성은 C > A, C > B인데, X, Y는 각각 A, B 중 하나이므로 H_2O > C > Y가 되어 Y > H_2O라는 것에 대해 모순이다. 따라서 (나)에서 고른 세트는 『세트 1』이고, 그 결과는 『그래프 Ⅰ』이며, (다)에서 고른 세트는 『세트 2』이고, 그 결과는 『그래프 Ⅱ』이다.

18. 비연계 문제 (산 염기 중화 반응, 2016학년도 6월 평가원 응용)
자료 분석 및 해석 능력
난이도 : 7

이 역시 2016학년도 6평에 이미 나왔던 문제를 살짝 꼬아서 낸 문제입니다. 온도 변화량을 고려할 때는 반드시 부피(밀도나 질량)를 고려해야 함을 알려주는 문제입니다.

풀이
ㄱ. 중화 반응 시 발생하는 열량(Q)=비열(C)×수용액의 질량(m)×온도 변화(Δt℃)이다. 이때, Q는 생성되는 물의 몰수(N)에 비례한다. 혼합 용액 Ⅰ, Ⅱ, Ⅲ에서 온도 변화를 각각 $\Delta t_{Ⅰ}$, $\Delta t_{Ⅱ}$, $\Delta t_{Ⅲ}$, 생성된 물의 몰수를 각각 $N_{Ⅰ}$, $N_{Ⅱ}$, $N_{Ⅲ}$이라 하면, 밀도가 일정하고, Δt는 $\frac{N}{V}$(V는 수용액의 부피)에 비례하므로 $\Delta t_{Ⅰ} : \Delta t_{Ⅱ} : \Delta t_{Ⅲ} = \frac{N_{Ⅰ}}{30} : \frac{N_{Ⅱ}}{30} : \frac{N_{Ⅲ}}{45} = 4 : 5 : 6$이다. 따라서 $N_{Ⅰ} : N_{Ⅱ} : N_{Ⅲ} = 4 : 5 : 9$ (또는 $N_{Ⅰ}=4N$, $N_{Ⅱ}=5N$, $N_{Ⅲ}=9N$)이다. (거짓)
ㄴ. Ⅰ과 Ⅱ를 보면 염기의 부피는 일정하고, 산 부피의 합도 일정한데, 온도, 즉 생성된 물의 양이 증가하였으므로 Ⅰ은 염기성을 띤다. 따라서 HA 20mL가 모두 반응하여 $4N$몰의 물이 생성되었으므로 HA의 농도는 $2N/10$mL이다. Ⅲ의 수용액의 부피를 반으로 줄이면 생성되는 물의 몰수도 $4.5N$몰로 반으로 준다. 이때, Ⅱ와 산의 부피를 비교해 보면, 염기의 부피는 일정한데, 산의 부피는 HA, HB 모두 증가하자 생성되는 물의 양도 증가했으므로 Ⅲ 또한 염기성을 띤

이 해설지에 관한 저작권은 正進(exito2016@daum.net)에게 있습니다.

다. HA, HB가 모두 반응하여 물이 생성되었으므로 HB의 농도는 $8N/20\text{mL}=4N/10\text{mL}$이다. 이를 이용해서 Ⅱ를 만들기 전의 H^+의 총 몰수를 구해보면 $7N$몰인데 생성된 물의 양이 $5N$몰이므로 Ⅱ의 액성은 산성이며, COH의 농도는 $5N/10\text{mL}$이다.(참)

ㄷ. Ⅳ에서 물은 총 $10N$몰(중성이다.) 생성되며, 총 부피는 60mL이다. 따라서 Ⅳ와 Ⅰ을 비교해 보면, $\frac{10N}{60}:\frac{4N}{30}=(x-20):8$이므로 $x=30$이다.(참)

추가.
부피를 고려하지 않고 Ⅲ에서 생성된 물의 양을 $6N$이라 할 경우 HB의 농도가 $2.5N/10\text{mL}$로 나오며, $x=28.5$가 나와서 답을 ③으로 고르게 됩니다.

19. 비연계 문제 (탄화수소의 양적 관계)
결론 도출 및 평가 능력
난이도 : 7

이 문제는 어렵다기 보다는 생각해야 할 거리는 많은데 시간이 없어서 고난도 문제에 속한다고 봐야 할 것 같습니다. 사실, 실험 Ⅱ에서 두 탄화수소의 몰수 비를 주지 않아도 문제를 풀 수는 있지만(대신 두 탄화수소의 분자량의 크기를 비교한 자료를 주어야지요), 그러면 너무 어려워서(난이도 9 정도 됩니다....) 어쩔 수 없이 그냥 몰수 비를 주었습니다. 한번 시간 날 때, 실험 Ⅱ에서 두 탄화수소의 몰수 비가 주어져 있지 않다고 생각하고 문제를 풀어 보세요. 대신 분자량은 $C_xH_y \geq C_mH_n$입니다.

풀이
Ⅱ에서 C_xH_y, C_mH_n의 몰수를 각각 a, b라 하면 $a:b=1:3$이고, O_2의 질량이 Ⅰ, Ⅱ에서 같으므로 반응 전 총 기체의 몰수는 같아야 한다. 따라서 $a+b=0.4$, $a=0.1$, $b=0.3$이고, 반응 전과 후의 탄소의 총 몰수는 같아야 하므로 $0.2x+0.2m=0.8$, $0.1x+0.3m=0.8$이다. 따라서 $x=m=2$이다.

ㄱ. 실험 Ⅰ에서 반응 전, 후 기체의 총 몰수가 같으므로(높이가 같기 때문) 반응 후 H_2O는 $(k-0.4)$몰 있다. 이때 반응 전, 후 O의 총 몰수는 같아야 하므로(질량 보존의 법칙) $2k=1.6+k-0.4$에서 $k=1.2$임을 알 수 있다. 따라서 넣어준 O_2의 질량은 32g보다 크다.(참)

ㄴ. 실험 Ⅰ에서 연소 전에 존재하는 O_2의 몰수는 1.2몰이며, 연소 후의 총 기체의 몰수는 1.6몰이므로 연소 후에는 H_2O가 0.8몰 있다. 실험 Ⅰ에서 기체 1몰에 해당하는 높이(부피에 비례)는 16cm이므로, 실험 Ⅱ의 연소 후 기체의 몰수는 1.5몰이다. 연소 후 H_2O, O_2의 몰수를 각각 c, d라 하면, $c+d=0.7$이고, 총 O 원자의 몰수는 실험 Ⅰ에서 연소 후 H_2O에서의 O 원자의 몰수와 같으므로(연소 전 O_2와 연소 후 CO_2의 몰수가 같기 때문) $c+2d=0.8$에서 $c=0.6$, $d=0.1$이다. 따라서 H_2O는 0.6몰 존재하며, 생성된 H_2O의 질량비는 Ⅰ : Ⅱ = 4 : 3이다.(참)

ㄷ. 실험 Ⅰ에서 반응 전, 후 실린더 내의 H의 몰수는 같아야 하므로 $0.2y+0.2n=0.8\times2$에서 $y+n=8$이며, 실험 Ⅱ에서 또한 같은 방식으로 계산하면 $0.1y+0.3n=0.6\times2$에서 $y+3n=12$이다. 따라서 $y=6$, $n=2$이므로 C_xH_y, C_mH_n는 각각 C_2H_6, C_2H_2이므로, C_xH_y, C_mH_n의 분자량 비는 30 : 26 = 15 : 13이다.(참)

참고.
실험 Ⅰ, Ⅱ에서 반응한 탄화수소의 총 몰수가 같고, 또한 생성된 CO_2의 몰수도 같으므로 직관적으로 $x=m$이라고 생각할 수도 있습니다.

또 다른 풀이.
$x=m=2$이고, C_xH_y, C_mH_n의 몰분율(두 탄화수소의 전체 몰수에 대한 각 탄화수소의 몰수의 값)을 각각 X_1, X_2라 하자. 그러면 $X_1+X_2=1$이고, 실험 Ⅰ에선 $X_1=X_2=0.5$이며, 반응 전, 후의 기체의 총 몰수가 같아야 하므로, 다음 반응식에서 y, n의 관계식을 알 수 있다.

$$X_1C_xH_y+X_2C_mH_n+\left(X_1\left(x+\frac{y}{4}\right)+X_2\left(m+\frac{n}{4}\right)\right)O_2$$
$$\rightarrow (X_1x+X_2m)CO_2+\left(X_1\frac{y}{2}+X_2\frac{n}{2}\right)H_2O$$
$$\rightarrow 1+\left(X_1\left(x+\frac{y}{4}\right)+X_2\left(m+\frac{n}{4}\right)\right)=(X_1x+X_2m)+\left(X_1\frac{y}{2}+X_2\frac{n}{2}\right)$$

정리하면 $X_1y+X_2n=4$이다.(즉, 임의의 몰분율 X_1, X_2에 대해 이 식이 성립하며, 이 뜻은 두 탄화수소의 평균적인 분자식이 $C_{X_1x+X_2m}H_4$이라는 것이다.) 따라서 $y+n=8$이다. 이때, 탄화수소에선 수소의 개수가 짝수개인데, $y=n=4$이면 두 탄화수소의 분자식이 같으므로 반응 후 기체의 부피가 실험 Ⅰ과 실험 Ⅱ가 같아야 하므로 모순이다. $n=6$, $y=2$이면 실험 Ⅰ에 비해 실험 Ⅱ에서 반응 전 존재하는 H의 몰수가 늘어나므로 반응 후에 O_2가 남지 않는다. 따라서 $y=6$, $n=2$이다.

20. 수완 18강 4번 연계 (생명 속의 화학)
탐구 설계 및 수행 능력
난이도 : 3

수능 완성에 있던 문제를 깝싸게 변형해서 출제하였습니다. 마지막 피날레는 매우 쉬운 문제로!

풀이
ㄱ. (나)에서 아스파르트산이 (+)극과 (-)극에 모두 존재하였다는 것과 주위 용액보다 전극 주변에 더 많이 존재하였다는 사실은 아스파르트산 분자가 (+)전하와 (-)전하를 모두 띠고 있다는 것을 뜻한다. 이는 아미노산이 두 전하를 모두 가지고 있다는 것이며, 용액 A가 중성임을 의미한다. 따라서 용액 A의 BTB 용액 지시색은 청록색이며, 메틸 오렌지 지시색은 노란색으로 두 지시색은 서로 다르다.(거짓)

ㄴ. 아스파르트산에서 아레니우스 산으로 작용할 수 있는 부위는 카복시기(−COOH)로, −COOH기는 2개 존재한다.(참)

ㄷ. 용액 B에서 (+)극으로 이동하는 이온에는 (-) 전하를 띠는 카복시이온이 포함된 아스파르트산도 포함된다.(거짓)

추가.
아미노산의 아미노기와 카복시기의 이온화 상수를 고려하면 모든 아미노산이 중성 용액에서 (+)전하와 (-)전하를 모두 띠고 있는 것은 아닙니다.(즉 일부 아미노산은 산성이나 염기성 용액에서처럼 한쪽 전하만 띠고 있습니다.) 하지만, 화학 Ⅰ에서는 평형이 교과 과정에 포함되어있지 않으며, 교육과정상 아미노산은 산성 용액에서는 (+)전하, 중성 용액에서는 (+)전하와 (-)전하 둘 다, 염기성 용액에서는 (-) 전하를 띠는 형태로 존재하는 경우만 상정하고 있습니다.

이 해설지에 관한 저작권은 正進(exito2016@daum.net)에게 있습니다.