

2022학년도 모의논술고사[의학계-화학]

1. 2022학년도 모의논술고사 예시답안

【문제 1】

(1)

제시문에 의하면 수용액에서 염산과 수산화 나트륨의 중화 반응은 발열 반응이므로 역반응인 물의 자동 이온화 반응은 흡열 반응이다. 따라서 온도를 올리면 물의 자동 이온화 반응이 정반응으로 더 진행된다. 제시문에 의하면 상온에서 중성인 순수한 물의 $[H_3O^+]$ 는 $1 \times 10^{-7} M$ 이므로, 온도를 올리면 이 농도보다 더 높아질 것으로 예상된다.

(2)

$H_2SO_4 + 2 NaOH \rightleftharpoons Na_2SO_4 + 2 H_2O$ 이다.

H_2SO_4 0.1 M, 100 mL는 $0.1 \times 0.1 = 0.01$ mol이다.

$NaOH$ 0.08 M, 300 mL는 $0.08 \times 0.3 = 0.024$ mol이다.

H_2SO_4 0.01 mol은 모두 반응하고 $NaOH$ 는 0.02 mol이 반응하므로, $NaOH$ 0.004 mol이 남는다.

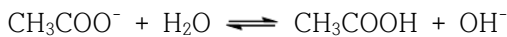
남은 $NaOH$ 의 농도를 구하면, $0.004 \text{ mol} / 0.4 \text{ L} = 0.01 \text{ M}$ 이다.

$pOH = -\log[OH^-] = -\log 10^{-2} = 2$ 이다.

$pH = 14 - pOH = 14 - 2 = 12$ 이다.

(3)

중화점에서 CH_3COONa 가 이온화되는데 이 중에서 CH_3COO^- 는 아래와 같이 물과의 반응을 통해 OH^- 를 생성시킨다.



한편, CH_3COOH 의 몰 수는 $(2 \text{ mol/L}) \times 0.1 \text{ L} = 0.2 \text{ mol} = H^+$ 의 몰 수이며, 중화 적정에 사용되는 $NaOH$ 의 부피는 $0.2 \text{ mol} / (2 \text{ mol/L}) = 0.1 \text{ L} = 100 \text{ mL}$ 이므로, 중화점에서의 용액의 총 부피는 200 mL이다. 따라서, 중화 반응 후 존재하는 CH_3COO^- 농도와 CH_3COOH 의 농도의 합은 1 M이다.

중화점에서 평형에 도달한 후의 CH_3COOH 의 농도를 x , OH^- 의 농도를 x 라고 한다면, CH_3COO^- 농도는 $1 - x$ 이다. 그리고, CH_3COO^- 는 CH_3COOH 의 짝염기인데 CH_3COOH 의 K_a 가 1×10^{-5} 로 주어졌으므로 CH_3COO^- 의 K_b 는 $K_w/K_a = 1 \times 10^{-9}$ 이다.

평형에서 $x^2/(1-x) = K_b = 1 \times 10^{-9}$ 이고, x 의 값이 매우 작으므로 $1-x \approx 1$ 이다. 따라서 $x^2 = 1 \times 10^{-9}$, $x = 10^{-4.5} = [OH^-]$

$[H_3O^+] = 10^{-14}/10^{-4.5} = 10^{-9.5}$, 따라서 $pH = 9.5$

* 또는 아래와 같이 논술할 수도 있다.

CH₃COOH의 몰 수는 (2 mol/L) × 0.1 L = 0.2 mol 이므로 반응하는 NaOH의 몰 수도 0.2 mol이다.

	CH ₃ COOH + NaOH → CH ₃ COONa + H ₂ O			
반응 전(몰)	0.2	0.2		
반응 후(몰)	0	0	0.2	0.2

CH₃COOH 2 mol을 중화시키는 데 필요한 2 M NaOH 용액의 부피는
 MV = mol 수 이므로 0.2 mol = (2 mol/L) V, V = 100 mL이다.

중화점에서 혼합 용액의 부피는 200 mL이고, 생성된 염의 농도는 $\frac{0.2 \text{ mol}}{0.2 \text{ L}} = 1 \text{ M}$ 이다.

중화점에서 생성된 염의 가수분해 반응은



약산(CH₃COOH)의 짝염기인 CH₃COO⁻가 다음과 같이 가수분해된다.

	CH ₃ COO ⁻ + H ₂ O ⇌ CH ₃ COOH + OH ⁻		
초기 농도(M)	1	0	0
평형 농도(M)	1-x	x	x

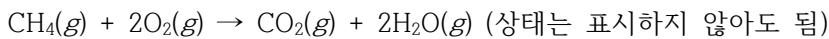
CH₃COOH의 K_a가 1×10⁻⁵로 주어졌으므로 짝염기인 CH₃COO⁻의 K_b는 K_w/K_a = 1×10⁻⁹이다.

평형에서 $x^2/(1-x) = K_b = 1 \times 10^{-9}$ 이고, x의 값이 매우 작으므로 1-x ≈ 1이다. 따라서 $x^2 = 1 \times 10^{-9}$, $x = 10^{-4.5} = [\text{OH}^-]$

[H₃O⁺] = 10⁻¹⁴/10^{-4.5} = 10^{-9.5}, 따라서 pH = 9.5

【문제 2】

(1)



3.2 g CH₄는 0.2 mol ($\frac{3.2 \text{ g}}{16 \text{ g/mol}} = 0.2 \text{ mol}$), 19.2 g O₂는 0.6 mol ($\frac{19.2 \text{ g}}{32 \text{ g/mol}} = 0.6 \text{ mol}$)이다.

CH₄와 O₂는 1:2의 몰 비로 반응하므로, 0.2 mol의 CH₄와 0.4 mol의 O₂가 반응한다.

CH₄ 0.2 mol은 완전 소모되므로 반응 후 혼합물에 존재하는 양은 없고,

O₂는 0.4 mol이 반응에 참여하였으므로 0.2 mol이 남으며 (0.6 mol - 0.4 mol),

0.2 mol CH₄로부터 (또는 0.4 mol O₂로부터) 0.2 mol의 CO₂와 0.4 mol의 H₂O가 생성된다.

반응 후 혼합물의 전체 몰 수는 0.8 mol (O₂ 0.2 mol + CO₂ 0.2 mol + H₂O 0.4 mol = 0.8 mol)이다.

따라서, 반응 후 혼합물 내 CO₂의 분압은

$$\text{전체 압력} \times \text{CO}_2 \text{의 몰분율} = 1.2 \text{ atm} \times \frac{0.2 \text{ mol}}{0.8 \text{ mol}} = 0.3 \text{ atm},$$

반응 후 혼합물 내 H₂O의 분압은

$$\text{전체 압력} \times \text{H}_2\text{O의 몰분율} = 1.2 \text{ atm} \times \frac{0.4 \text{ mol}}{0.8 \text{ mol}} = 0.6 \text{ atm},$$

반응 후 혼합물 내 O₂의 분압은

$$\text{전체 압력} \times \text{O}_2 \text{의 몰분율} = 1.2 \text{ atm} \times \frac{0.2 \text{ mol}}{0.8 \text{ mol}} = 0.3 \text{ atm} \text{이다.}$$

(2)

메테인(CH₄)의 연소에 대한 화학반응식은 CH₄(g) + 2 O₂(g) → CO₂(g) + 2 H₂O(l)

메테인의 연소 엔탈피는

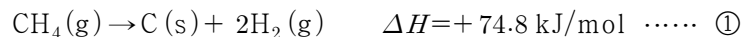
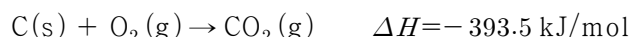
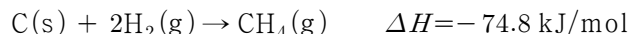
$$\{\Delta H_f^\circ \text{CO}_2(\text{g}) + (2 \times \Delta H_f^\circ \text{H}_2\text{O}(\text{l}))\} - \{\Delta H_f^\circ \text{CH}_4(\text{g}) + (2 \times \Delta H_f^\circ \text{O}_2(\text{g}))\}$$

$$= \{(-393.5 \text{ kJ/mol}) + 2 \times (-285.8 \text{ kJ/mol})\} - \{(-74.8 \text{ kJ/mol}) + (2 \times 0 \text{ kJ/mol})\} = -890.3 \text{ kJ/mol}$$

(또는 -890 kJ/mol)

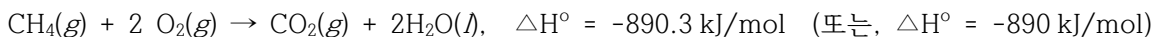
* 메테인, CO₂, H₂O의 생성 반응과 헤스의 법칙을 고려해 아래와 같이 논술할 수도 있다.

제시문 [아]로부터



헤스의 법칙에 따라(①+②+③), 메테인의 연소 엔탈피는 -890.3 kJ/mol (또는 -890 kJ/mol)

따라서, 메테인의 연소에 대한 열화학 반응식은



메테인의 몰 질량은 16이므로, 메테인 1 g당 연소를 통해 발생되는 열은 56 kJ 정도이다.

$$\left(\frac{-890.3 \text{ kJ/mol}}{16 \text{ g/mol}} \right) \approx -56 \text{ kJ/g} \quad \text{또는} \quad \left(\frac{-890 \text{ kJ/mol}}{16 \text{ g/mol}} \right) \approx -56 \text{ kJ/g}$$

프로페인(C₃H₈)의 연소에 대한 화학반응식은 C₃H₈(g) + 5 O₂(g) → 3 CO₂(g) + 4 H₂O(l)

프로페인의 연소 엔탈피는

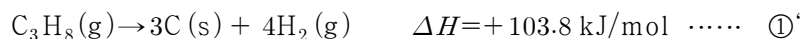
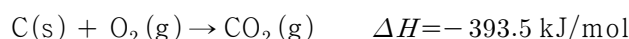
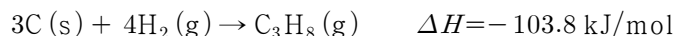
$$\{3 \times \Delta H_f^\circ \text{CO}_2(\text{g}) + (4 \times \Delta H_f^\circ \text{H}_2\text{O}(\text{l}))\} - \{\Delta H_f^\circ \text{C}_3\text{H}_8(\text{g}) + (5 \times \Delta H_f^\circ \text{O}_2(\text{g}))\}$$

$$= \{3 \times (-393.5 \text{ kJ/mol}) + (4 \times (-285.8 \text{ kJ/mol}))\} - \{(-103.8 \text{ kJ/mol}) + (5 \times 0 \text{ kJ/mol})\}$$

$$= -2219.9 \text{ kJ/mol} \quad (\text{또는} -2220 \text{ kJ/mol})$$

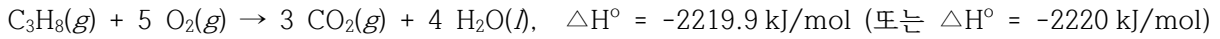
* 프로페인, CO₂, H₂O의 생성 반응과 헤스의 법칙을 고려해 아래와 같이 논술할 수도 있다.

제시문 [아]로부터



헤스의 법칙에 따라 (①'+②+③), 프로페인의 연소 엔탈피는 -2219.9 kJ/mol (또는 -2220 kJ/mol)

따라서, 프로페인의 연소에 대한 열화학 반응식은



프로페인의 몰 질량은 44이므로, 프로페인 1 g당 연소를 통해 발생하는 열은 50 kJ 정도이다.

$$\left(\frac{-2219.9 \text{ kJ/mol}}{44 \text{ g/mol}}\right) \approx -50 \text{ kJ/g} \text{ 또는 } \left(\frac{-2220 \text{ kJ/mol}}{44 \text{ g/mol}}\right) \approx -50 \text{ kJ/g}$$

메테인 1 g은 0.8 원이고 약 56 kJ의 열을 발생하므로 약 70 kJ/원,

프로페인 1 g은 1 원이고 약 50 kJ의 열을 발생하므로 약 50 kJ/원.

따라서, 같은 비용으로 더 많은 열(약 1.4배)을 발생하므로, 연료로서의 가치는 메테인이 프로페인보다 크다.

2. 2022학년도 모의논술고사문항 해설(출제범위 포함)

【논제 1】의 문항에서는

- 발열-흡열 반응에 따른 평형 이동에 대해 이해하고 있는지 확인
- 중화점의 화학적 성질에 대한 이해도 확인
- 평형 상수를 이용한 화학종의 농도 유추 과정에 대한 기본적인 이해도 확인
- 이온화도 또는 이온화 상수를 이용한 산과 염기의 세기를 설명할 수 있는지 확인

【논제 2-1】의 문항에서는 연소 반응에 대한 화학 반응식을 완성하고 화학양론을 이용하여 반응물과 생성물 간의 양적 관계 및 기체의 분압 관계 등을 이해하고 있는지 종합적으로 확인하고자 하였다.

【논제 2-2】의 문항에서는, 표준 생성 엔탈피로부터 표준 반응 엔탈피를 구하고 열의 출입에 대한 이해를 논리적으로 제시할 수 있는 능력을 확인하고자 하였다.

- 제시문 [바]는 화학 반응식과 화학양론에 대한 설명을 제시하고 있음.
- 제시문 [사]는 혼합 기체의 전체 압력과 각 기체의 분압에 대한 설명을 제시하고 있음.
- 제시문 [아]는 표준 생성 엔탈피와 반응 엔탈피 및 열화학 반응식에 대한 설명을 제시하고 있음.
- 제시문 [가]~[아]는 고등학교 화학I 과 화학II 교과서에서 발췌하여 편집하였고 고교 교육과정 범위에 포함되어 있는 내용임.

도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수	관련자료	재구성여부
고등학교 화학I	장낙한 외	상상아카데미	2019	167-169	제시문 [가]	○
고등학교 화학I	장낙한 외	상상아카데미	2019	175	제시문 [나]	○
고등학교 화학II	장낙한 외	상상아카데미	2019	86		
고등학교 화학II	장낙한 외	상상아카데미	2019	122-123	제시문 [다]	○
고등학교 화학II	장낙한 외	상상아카데미	2019	110	제시문 [라]	○
고등학교 화학II	장낙한 외	상상아카데미	2019	125-126	제시문 [마]	○
고등학교 화학I	최미화 외	(주)미래엔	2019	36-40	제시문 [바]	○
	홍훈기 외	(주)교학사	2019	32-40		
고등학교 화학II	최미화 외	(주)미래엔	2019	25-27	제시문 [사]	○
	홍훈기 외	(주)교학사	2019	26-28		
고등학교 화학II	최미화 외	(주)미래엔	2019	79-81	제시문 [아]	○
	홍훈기 외	(주)교학사	2019	81-84		