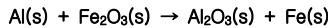


이름: _____ 학번: _____ 학과: _____

- 시험시간: 6:00 PM - 8:00 PM
- 휴대전화는 끌 것.
- 지우개, 계산기는 서로 빌려줄 수 없음.
- 답은 각 문제에 주어진 네모 안에 적을 것. 네모의 크기와 답의 길이는 상관관계가 없음.
- 각 문항에서 빈 공간이 있는 경우는 풀이 과정을 적으라는 의미임. 빈 공간의 크기와 풀이의 길이는 상관관계가 없음.
- 실험에 필요한 상수나 데이터는 맨 뒤에 있음.
- 문제수: 9
- Page 수: 4
- 만점: 238점

1. (5+5+6+5+10+10=41점) Al(s)과 Fe₂O₃(s)은 반응하여 강한 불꽃을 낸다. 다음은 그 반응식이다.



(a) 위 반응의 균형잡힌 화학반응식을 써라.



(b) 위 반응은 크게 세가지로 나누는 화학반응 중 어느 반응인가?

산화-환원 반응

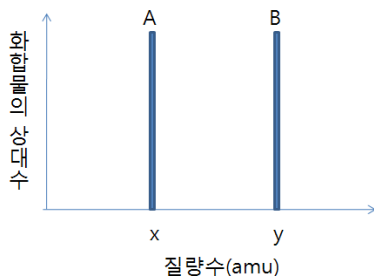
(c) 위 반응식에 있는 화합물 또는 원소에 있는 각 원자들의 산화수는?

화합물 또는 원소	원자	산화수
Al	Al	0
Fe ₂ O ₃	Fe	+3
	O	-2
Al ₂ O ₃	Al	+3
	O	-2
Fe	Fe	0

(d) 위 반응에서 산화제와 환원제는?

산화제	Fe ₂ O ₃
환원제	Al

(e) 질량분석실험을 하면 화합물의 질량수와 상대적인 양을 알 수 있다. Fe₂O₃(s)와 Al₂O₃(s)에 대하여 질량분석실험을 하였더니 다음과 같은 그래프를 얻었다. 그런데 실험 과정에서 실수를 하여 그래프에 질량수를 표시하지 않았다. (동위원소를 고려하면 더 복잡한 스펙트럼이 나오나 본 문제에 대하여서는 Al, Fe, O 모두 오직 한 가지 종류 만의 원소가 있고 그 원자질량은 주기율표에 나와 있는 것으로 가정한다.)



A, B는 각각 어느 화합물에 해당하는가? 또 y-x 값은 얼마인가?

Al의 원자량 = 26.9815 amu

Fe의 원자량 = 55.847 amu

따라서 Fe₂O₃의 분자량이 Al₂O₃의 분자량보다 크다. 따라서 B는 Fe₂O₃, A는

Al₂O₃ 이다.

질량수의 차이 = y - x

$$= 2 \times \text{Fe 원자량} - 2 \times \text{Al 원자량}$$

$$= 2 \times (55.847 - 26.9815)$$

$$= 57.731 \text{ (amu)}$$

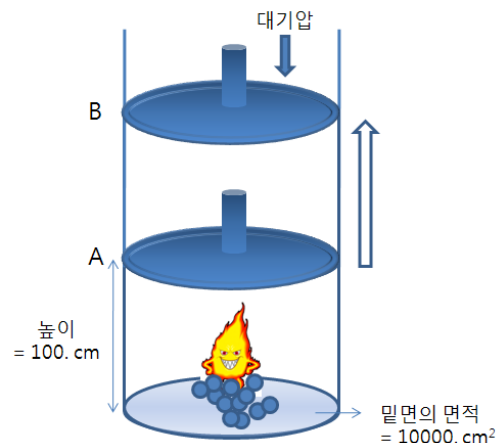
A	Al ₂ O ₃
B	Fe ₂ O ₃
y - x	57.731 amu

(f) 위 반응의 표준엔탈피(반응열)를 계산하시오. (균형잡힌 화학반응식에 대하여 계산할 것.)

$$\begin{aligned} \Delta H_r^\circ &= \Delta H_f^\circ\{\text{Al}_2\text{O}_3\text{(s)}\} + 2\Delta H_f^\circ\{\text{Fe(s)}\} - 2\Delta H_f^\circ\{\text{Al(s)}\} - \Delta H_f^\circ\{\text{Fe}_2\text{O}_3\text{(s)}\} \\ &= (-1676 \text{ kJ}) + 2 \times (0) - 2 \times (0) - (-826) \\ &= -850. \text{ kJ} \end{aligned}$$

$$\Delta H_r^\circ = -850. (= -8.50 \times 10^2) \text{ kJ}$$

2. (15+30+10=55점) (본 문항은 1번 문항 (f)의 답을 정확히 알아야 풀 수 있음. 1번 문항 (f)의 답이 틀리면 본 문항은 무조건 0점. 1번 문항 (f)의 답을 모를 경우 그 답을 5점을 주고 살 수 있음.) 위아래로 자유롭게 움직일 수 있는 피스톤을 가진 원통형 용기 안에 질소(N₂(g))가 가득 차 있다. 용기에 Al(s) 30.2g 과 Fe₂O₃(s) 46.8g 을 넣고 반응을 시켰더니 반응 전에 A의 위치에 있던 피스톤이 반응이 끝난 후 B의 위치로 올라갔다. 반응 전의 온도는 25°C 였다.



(a) 반응에 의하여 발생되는 열의 양은 얼마인가?

$$\text{Al } 30.20 \text{ g} = \frac{30.20 \text{ g}}{26.9815 \text{ g/mol}} = 1.119 \text{ mol}$$

$$\text{Fe}_2\text{O}_3 \text{의 분자량} = 2 \times 55.847 \text{ g/mol} + 3 \times 15.9994 \text{ g/mol} = 159.692 \text{ g/mol}$$

$$\text{Fe}_2\text{O}_3 \text{ } 46.8 \text{ g} = \frac{46.8 \text{ g}}{159.692 \text{ g/mol}} = 0.293 \text{ mol}$$

Al과 Fe₂O₃가 2:1로 반응하므로 Fe₂O₃가 한계시약 Al은 과잉시약이다.

즉,

Al 0.586 mol(= 2 x 0.293 mol)과 Fe₂O₃ 0.293 mol이 반응하고 Al 0.533

mol(= 1.119 mol - 0.586 mol) 이 남는다.

1 mol의 Fe₂O₃가 반응할 때 850. kJ의 열이 발생하므로 위 반응에 의하여 발생하는 열은

$$q = 850. \text{ kJ} \times 0.293 = 249 \text{ kJ}$$

249 kJ

67 cm

(b) 반응 후의 피스톤이 B의 위치로 올라 갔을 때 B의 높이는 A의 높이 보다 몇 cm 더 높은 곳에 위치 하는가? (발생된 열은 오로지 반응에 관계된 물질과 N₂(g)의 온도 만을 올리고 용기와 피스톤은 열을 흡수하지 않는다고 가정한다. 피스톤의 무게는 무시한다. 반응물과 생성물인 고체들의 부피는 무시한다. N₂(g)는 이상기체로 생각한다.)

$$\begin{aligned} \text{Al}_2\text{O}_3 \text{의 분자량} &= 2 \times 26.9815 \text{ g/mol} + 3 \times 15.9994 \text{ g/mol} = 101.9612 \text{ g/mol} \\ \text{N}_2 \text{의 분자량} &= 2 \times 14.0067 \text{ g/mol} = 28.0134 \text{ g/mol} \end{aligned}$$

반응 후 용기에 남아 있는 물질의 질량은

$$\begin{aligned} \text{과잉시약 Al} &0.533 \text{ mol} = 0.533 \text{ mol} \times 26.9815 \text{ g/mol} = 14.4 \text{ g} \\ \text{한계시약 Fe}_2\text{O}_3 &0 \text{ mol} = 0 \text{ g} \\ \text{발생한 Al}_2\text{O}_3 &0.293 \text{ mol} = 0.293 \text{ mol} \times 101.9612 \text{ g/mol} = 29.9 \text{ g} \\ \text{발생한 Fe} &0.586 \text{ mol} = 0.586 \text{ mol} \times 55.847 \text{ g/mol} = 32.7 \text{ g} \\ \text{용기 안의 N}_2 \text{의 몰 수} & \end{aligned}$$

$$= \frac{PV}{RT} = \frac{1 \text{ atm} \cdot 1000. \text{ L}}{(0.0821 \text{ L} \cdot \text{ atm/mol} \cdot \text{ K}) \cdot 298 \text{ K}} = 40.9 \text{ mol}$$

$$\text{용기 안의 N}_2 \text{의 질량} = 40.9 \text{ mol} \times 28.0134 \text{ g/mol} = 1150 \text{ g}$$

반응에 의하여 발생한 열에 의하여 반응 후 용기 안의 온도가 ΔT °C 만큼 올라갔다면

$$\begin{aligned} q &= S_{\text{Al}} \times M_{\text{Al}} \times \Delta T + S_{\text{Al}_2\text{O}_3} \times M_{\text{Al}_2\text{O}_3} \times \Delta T \\ &\quad + S_{\text{Fe}} \times M_{\text{Fe}} \times \Delta T + S_{\text{N}_2} \times M_{\text{N}_2} \times \Delta T \\ &= \Delta T \times (S_{\text{Al}} \times M_{\text{Al}} + S_{\text{Al}_2\text{O}_3} \times M_{\text{Al}_2\text{O}_3} + S_{\text{Fe}} \times M_{\text{Fe}} + S_{\text{N}_2} \times M_{\text{N}_2}) \\ \Delta T &= q / (S_{\text{Al}} \times M_{\text{Al}} + S_{\text{Al}_2\text{O}_3} \times M_{\text{Al}_2\text{O}_3} + S_{\text{Fe}} \times M_{\text{Fe}} + S_{\text{N}_2} \times M_{\text{N}_2}) \\ &= 249 \times 10^3 \text{ J} / [(0.897 \times 14.4 + 0.880 \times 29.9 + 0.449 \times 32.7 + 1.04 \times 1150) \text{ J/}^\circ\text{C}] \\ &= 199 \text{ }^\circ\text{C} \end{aligned}$$

따라서 반응 후 용기 안의 온도는 224 °C (= 497 K) 가 되고 압력은 변화가 없으므로 N₂(g)의 부피는

$$V = \frac{nRT}{P} = \frac{40.9 \text{ mol} \cdot (0.0821 \text{ L} \cdot \text{ atm/mol} \cdot \text{ K}) \cdot 497 \text{ K}}{1 \text{ atm}} = 1670 \text{ L}$$

$$\text{B의 높이} = 1670 \times 1000 \text{ cm}^3 / (10000. \text{ cm}^2) = 167 \text{ cm}$$

따라서 B는 A보다 67 cm 더 높은 곳에 위치 한다.

(c) 반응 후 용기 안 내부에너지(ΔE)는 반응 전과 비교하였을 때 얼마 만큼 증가하는가?

$$\begin{aligned} \Delta E &= q - P\Delta V \\ &= -249 \text{ kJ} - 1 \text{ atm} \times 670 \text{ L} \\ &= -249 \text{ kJ} - 1.01325 \times 10^5 \text{ N/m}^2 \times 670 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \\ &= -249 \text{ kJ} - 67.9 \text{ kJ} \\ &= -317 \text{ kJ} \end{aligned}$$

-317 kJ

3. (5X4=20점) 다음 화합물의 체계적인 이름이나 화학식을 쓰시오.(체계명은 한글명, 영문명 둘 중 하나만 맞으면 됨)

화합물	체계명
Na ₂ SeO ₄	셀레늄산 소듐(sodium selenate)
Na ₂ SO ₃	아황산 소듐(sodium sulfite)
SF ₆	육플루오린화 황(sulfur hexafluoride)
Cr ₂ (CO ₃) ₃	탄산 크로뮴(III)(chromium(III) carbonate)

4. (10점) 다음은 Dalton의 원자설을 적은 것이다. 현대적 관점에서 보았을 때 받아들여 질 수 없는 것은 어느 것인가? 그리고 그 이유를 설명하시오.

- (a) 모든 원소는 원자라 불리는 작은 입자로 이루어져 있다.
- (b) 화학반응 중에 원자는 생성되거나 소멸되지 않는다.
- (c) 어떤 하나의 원소를 구성하는 원자들은 동일하다.
- (d) 다 맞음

답	(c)
이유	어떤 원소를 구성하는 원자는 한 종류이다. 그러나 한 종류의 원자에는 동위원소가 있을 수 있으므로 꼭 동일하지는 않다.

5. (15점) 아드레날린은 질량으로 C 56.79 %, H 6.56 %, O 28.37 %, N 8.28 %를 포함하고 있다. 아드레날린의 실험식을 구하시오

100 g의 아드레날린에 포함되어 있는 각 원자의 질량은 C 56.79 g, H 6.56 g, O 28.37 g, N 8.28 g 이므로,

100 g의 아드레날린에 포함되어 있는 각 원자의 몰 수는

$$C: \frac{56.79g}{12.0112g/mol} = 4.728 \text{ mol}$$

$$H: \frac{6.56g}{1.00797g/mol} = 6.51 \text{ mol}$$

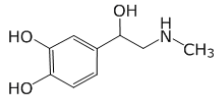
$$O: \frac{28.37g}{15.9994g/mol} = 1.773 \text{ mol}$$

$$N: \frac{8.28g}{14.0067g/mol} = 0.591 \text{ mol}$$

$$C:H:O:N = 4.718:6.51:1.773:0.591 \approx 8:11:3:1$$

따라서 실험식은 $C_8H_{11}O_3N$

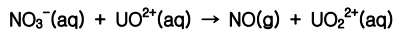
(문제의 답은 $C_8H_{11}O_3N$ 이나 실제로 아드레날린의 실험식은 $C_9H_{13}O_3N$ 임.)



6. (2x8=16점) 다음의 예1과 예2를 참고하여 빈칸을 채우시오.

	단위	측정하는 물리량	SI 기본 단위로 표현
예1	kg	질량	kg
예2	Hz	주파수	s ⁻¹
(1)	N	힘	kg · m · s ⁻²
(2)	m · s ⁻¹	속도, 속력	m · s ⁻¹
(3)	m ³	부피	m ³
(4)	Pa	압력	kg · m ⁻¹ · s ⁻²

7. (10+20+10=40점) 질산 속에서 UO_2^{2+} 는 산화-환원 반응을 일으켜 다음 반응식과 같이 UO_2^{2+} 로 바뀌고 NO 기체가 발생한다.



27 °C(= 300 K), 3.00 atm 에서 0.0821 L 의 NO(g)가 포집되었다면 반응에 사용된 UO_2^{2+} 의 양(mol)은 얼마인지 다음의 순서로 구하시오.

(a) 위 반응에서 산화제와 환원제는 각각 어느 것인가?

NO_3^- : N의 산화수 +5, O의 산화수 -2

UO_2^{2+} : U의 산화수 +4, O의 산화수 -2

NO: N의 산화수 +2, O의 산화수 -2

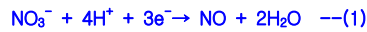
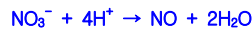
UO_2^{2+} : U의 산화수 +6, O의 산화수 -2

$NO_3^- \rightarrow NO$ (환원), $UO_2^{2+} \rightarrow UO_2^{2+}$ (산화)

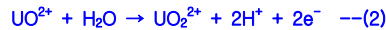
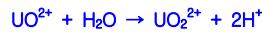
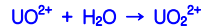
산화제	NO_3^-
환원제	UO_2^{2+}

(b) 위 반응의 균형잡힌 화학 반응식을 쓰시오.

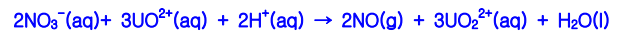
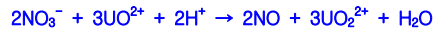
환원 반쪽 반응: $NO_3^- \rightarrow NO$



산화 반쪽 반응: $UO_2^{2+} \rightarrow UO_2^{2+}$



$$2 \times (1) + 3 \times (2) \Rightarrow$$



(c) 반응에 사용된 UO_2^{2+} 의 양(mol)은 얼마인가?

포집된 NO(g)의 mol 수

$$= \frac{P V}{RT} = \frac{3.00 atm \times 0.0821 L}{0.0821 Latm/(mol K) \times 300 K} = 0.0100 \text{ mol}$$

UO_2^{2+} 소비량: NO 발생량 = 3:2 이므로

사용된 UO_2^{2+} 의 mol 수는 = 0.0100 mol x 3/2 = 0.0150 mol

0.0150 mol

8. (4x4=16점) 다음 두 가지 용액들을 혼합하였을 때 어떤 침전물(만일 생성된다면)이 생길 것인가? (침전물이 없을 경우에는 없음으로 표시)

용액	침전물
$FeSO_4(aq)$, $KCl(aq)$	없음
$Al(NO_3)_3(aq)$, $Ba(OH)_2$	$Al(OH)_3$
$CaCl_2(aq)$, $Na_2SO_4(aq)$	$CaSO_4$
$K_2S(aq)$, $Ni(NO_3)_2$	NiS

9. 점

[illegible]

- 1 atm=760 mmHg=760 torr= 1.01325×10^5 Pa = 1.01325×10^5 N/m²
- R (기체상수) = 0.0821 L·atm/(mol·K) = 8.314 J/(mol·K)
- 표준생성엔탈피

TABLE 6.2
Standard Enthalpies of
Formation for Several
Compounds at 25°C

Compound	ΔH_f° (kJ/mol)
$\text{NH}_3(\text{g})$	-46
$\text{NO}_2(\text{g})$	34
$\text{H}_2\text{O}(\text{l})$	-286
$\text{Al}_2\text{O}_3(\text{s})$	-1676
$\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s})$	-826
$\text{CO}_2(\text{g})$	-394
$\text{CH}_3\text{OH}(\text{l})$	-239
$\text{C}_8\text{H}_{18}(\text{l})$	-269

- 물질의 비열

물질	비열(J/g·°C)	물질	비열(J/g·°C)
Al(s)	0.897	Al ₂ O ₃ (s)	0.880
Fe(s)	0.449	N ₂ (g)	1.04

- 주기율표

PERIODIC CHART OF THE ELEMENTS

IA	IIA	IIIB	IVB	VB	VIB	VIIIB	VIII	IB	IIB	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	INERT GASES		
1 H 1.00797														1 H 1.00797	2 He 4.0026		
3 Li 6.939	4 Be 9.0122																
11 Na 22.9898	12 Mg 24.312																
19 K 39.102	20 Ca 40.08	21 Sc 44.956	22 Ti 47.90	23 V 50.942	24 Cr 51.996	25 Mn 54.9380	26 Fe 55.847	27 Co 58.9332	28 Ni 58.71	29 Cu 63.54	30 Zn 65.37	31 Ga 69.72	32 Ge 72.59	33 As 74.9216	34 Se 78.96	35 Br 79.909	36 Kr 83.80
37 Rb 85.47	38 Sr 87.62	39 Y 88.905	40 Zr 91.22	41 Nb 92.906	42 Mo 95.94	43 Tc (99)	44 Ru 101.07	45 Rh 102.905	46 Pd 106.4	47 Ag 107.870	48 Cd 112.40	49 In 114.82	50 Sn 118.69	51 Sb 121.75	52 Te 127.60	53 I 126.904	54 Xe 131.30
55 Cs 132.905	56 Ba 137.34	*57 La 138.91	72 Hf 178.49	73 Ta 180.948	74 W 183.85	75 Re 186.2	76 Os 190.2	77 Ir 192.2	78 Pt 195.09	79 Au 196.967	80 Hg 200.59	81 Tl 204.37	82 Pb 207.19	83 Bi 208.980	84 Po (210)	85 At (210)	86 Rn (222)
87 Fr (223)	88 Ra (226)	†89 Ac (227)	104 Rf (261)	105 Db (262)	106 Sg (266)	107 Bh (262)	108 Hs (265)	109 Mt (266)	110 ? (271)	111 ? (272)	112 ? (277)						

Numbers in parenthesis are mass numbers of most stable or most common isotope.

Atomic weights corrected to conform to the 1963 values of the Commission on Atomic Weights.

The group designations used here are the former Chemical Abstract Service numbers.

* Lanthanide Series

58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
140.12	140.907	144.24	(147)	150.35	151.96	157.25	158.924	162.50	164.930	167.26	168.934	173.04	174.967

† Actinide Series

90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103
Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr
232.038	(231)	238.03	(237)	(242)	(243)	(247)	(247)	(249)	(254)	(253)	(256)	(256)	(257)