

2020학년도 대학수학능력시험
과학탐구영역 화학Ⅱ 정답 및 해설

01. ① 02. ③ 03. ④ 04. ① 05. ⑤ 06. ② 07. ③ 08. ⑤ 09. ④ 10. ②
11. ① 12. ⑤ 13. ③ 14. ① 15. ⑤ 16. ⑤ 17. ② 18. ③ 19. ② 20. ④

1. 인류 복지와 화학

[정답맞히기] 질병을 치료하고 통증을 줄이는 데 신약이 투입되어야 하고 그 개발 과정에 대한 설명이다. 정답①

2. 반응의 자발성

1기압, 25°C에서 반응 $H_2O(s) \rightarrow H_2O(l)$ 이 자발적으로 일어난다고 하였다.

[정답맞히기] 학생 A. 엔탈피는 $H_2O(l)$ 이 $H_2O(s)$ 보다 크므로 반응 엔탈피($\Delta H > 0$)이다.
학생 C. 반응이 자발적으로 일어나므로 자유 에너지 변화 $\Delta G < 0$ 이다. 정답③

[오답피하기] 학생 B. 액체 상태가 고체 상태보다 무질서하므로 엔트로피가 크다. 따라서 이 반응의 반응 엔트로피 $\Delta S > 0$ 이다.

3. 반응 엔트로피

[정답맞히기] 반응 $CaO(s) + CO_2(g) \rightarrow CaCO_3(s)$ 에서는 기체, 고체 상태의 반응물이 고체 상태의 생성물로 되어 무질서도가 감소하므로 $\Delta S_1 < 0$ 이다.

반응 $2N_2O_5(g) \rightarrow 4NO_2(g) + O_2(g)$ 에서는 기체 분자 수가 증가하여 무질서도가 증가하므로 $\Delta S_2 > 0$ 이다. 정답④

4. 촉매와 반응 속도

결합 A는 공유 결합이고, 결합 B는 수소 결합이다.

[정답맞히기] ㄱ. $H_2O(s)$ 이 용해되면 공유 결합(결합 A)의 수는 변화가 없고, 수소 결합(결합 B)의 수가 감소하므로 $\frac{\text{분자당 결합 B의 평균 개수}}{\text{분자당 결합 A의 평균 개수}}$ 는 감소한다. 정답①

[오답피하기] ㄴ. (나)에서 1g의 부피가 $H_2O(s) > H_2O(l)$ 이므로 밀도는 $H_2O(s) < H_2O(l)$ 이다.

ㄷ. $H_2O(l)$ 1g의 부피는 0°C일 때가 4°C일 때보다 크므로 $H_2O(l)$ 에서 분자 사이의 평균 거리는 0°C에서가 4°C에서보다 멀다.

5. 분자 사이의 힘

[정답맞히기] ㄱ. Cl_2 와 O_2 는 모두 무극성 분자이고, 분자량이 $Cl_2 > O_2$ 이며 끓는점이 $Cl_2 > O_2$ 이므로 액체 상태에서 분산력은 $Cl_2 > O_2$ 이다.

ㄴ. NO는 극성 분자이고, O_2 는 무극성 분자이므로 NO 분자 사이에 쌍극자-쌍극자 힘이 존재하여 O_2 보다 끓는점이 높다.

ㄷ. HF는 끓는점이 가장 높으므로 액체 상태에서 분자 사이의 인력이 가장 크다. 정답⑤

6. %농도와 몰농도

[정답맞히기] X를 추가하기 전 수용액의 %농도를 구하면 $C_6H_{12}O_6$ 의 몰수는 $1.2 \times 0.5 = 0.6$ 몰이고, 분자량이 180이므로 $C_6H_{12}O_6$ 의 질량은 108g이다. 수용액의 전체 부피는 0.5L이고, 밀도는 1.08g/mL이므로 수용액의 질량은 $1.08 \times 500 = 540$ g이다. 따라서 X를 추가하기 전 수용액의 %농도는 $\frac{108}{540} \times 100 = 20\%$ 이다, X를 추가하였더니 농도가 18%가 되었으므로 넣어준 X는 %농도를 감소시킨 $H_2O(l)$ 이다. $H_2O(l)$ 을 a g 추가한 후 농도가 18%이므로 $\frac{108}{540 + a} \times 100 = 18\%$ 에서 $a = 60$ 이다. 정답②

7. 자유 에너지 변화

(가)는 기체 반응물이 액체로 되는 반응이므로 반응 엔트로피 $\Delta S < 0$ 인 반응이고, (나)는 액체가 기체로 되는 상변화 반응이므로 반응 엔트로피 $\Delta S > 0$ 인 반응이다. $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ 이므로 온도에 따른 자유 에너지 변화(ΔG)에서 기울기가 양(+)이면 $\Delta S < 0$ 인 반응이고, 기울기가 음(-)이면 $\Delta S > 0$ 인 반응이다. 따라서 I은 (가), II는 (나)이다.

[정답맞히기] ㄱ. T_1K 에서 (가)는 $\Delta G < 0$ 으로 자발적인 반응이다.

ㄷ. (가)에서 $b = \Delta H - T_1\Delta S$, $0 = \Delta H - T_3\Delta S$ 으로 $\Delta S = \frac{b}{T_3 - T_1}$, (나)에서 $\Delta S = \frac{a}{T_2 - T_1}$ 으로 $\left| \frac{\text{(가)의 반응 엔트로피}}{\text{(나)의 반응 엔트로피}} \right| = \left| \frac{b(T_2 - T_1)}{a(T_3 - T_1)} \right|$ 이다. 정답③

[오답피하기] ㄴ. (나)는 액체가 기체로 되는 상변화 반응이므로 열에너지를 흡수하는 흡열 반응이다.

8. 화학 전지

전극 A에서 $HCOOH(aq)$ 이 반응하여 $CO_2(g)$ 이 생성되고, 전극 B에서 $O_2(g)$ 가 반응하여 $H_2O(l)$ 이 생성되는 반응이 일어난다.

[정답맞히기] ㄱ. 전극 A에서 일어나는 반응은 C의 산화수가 +2에서 +4로 증가하는 반응이므로 산화 반응이다.

ㄴ. 첫 번째 반응식에서 C의 산화수는 +4에서 +2로 변하므로 이동한 전자 수인 $x = 2$ 이다. 두 번째 반응식에서 O의 산화수는 0에서 -2로 변하는데 O의 원자 수가 2이므로 이동한 전자 수인 $y = 4$ 이다. 따라서 $x + y = 6$ 이다.

ㄷ. 전체 반응은 $2HCOOH \rightarrow 2CO_2 + 4H^+ + 4e^-$ 과 $O_2 + 4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2O$ 의 합이다. 따라서 전체 반응식은 $2HCOOH + O_2 \rightarrow 2CO_2 + 2H_2O$ 이다. 정답⑤

9. 고체 결정 구조

[정답맞히기] A와 B의 원자량을 비교하기 위해서는 단위 세포를 이루는 원자의 개수와 질량을 알아야 한다. 밀도 = $\frac{\text{질량}}{\text{부피}}$ 이므로 단위 세포의 질량 비는 $A : B = 15 : 28$ 이다. A는 체심 입방 구조이므로 단위 세포에 A가 2개 있고, B는 면심 입방 구조이므로 단위 세포에 B가 4개 있다. 따라서 $\frac{A \text{의 원자량}}{B \text{의 원자량}} = \frac{(15/2)}{(28/4)} = \frac{15}{14}$ 이다. 정답④

10. 평형의 이동

[정답맞히기]

ㄷ. A 1몰과 C 3몰을 추가하면 평형이 이동하기 전 A는 2몰, B는 2몰, C는 7몰이 되므로 반응 지수 $Q = \frac{7}{2 \times 2^2} = \frac{7}{8}$ 로 평형 상수 $K=1$ 보다 작다. 따라서 정반응 쪽으로 평형이 이동하게 되어 A는 2몰보다 작아지게 된다. 정답②

[오답피하기] ㄱ. TK에서 $K = \frac{x}{1 \times 2^2} = 1$ 이므로 $x = 4$ 이다.

ㄴ. He(g) 1몰을 첨가하면 강철 용기의 내부 압력이 증가하지만 각 기체의 몰수의 변화가 없다. 따라서 B의 몰농도는 2M와 같게 된다.

11. 기체의 용해

[정답맞히기] ㄴ. (가)에서 온도를 높이면 $O_2(g)$ 의 용해도가 감소하므로 $O_2(aq)$ 의 몰농도는 감소한다. 정답①

[오답피하기] ㄱ. (가)와 (나)의 온도는 300K이므로 $H_2O(g)$ 의 압력은 같다. 따라서 $O_2(g)$ 의 압력은 (나)에서가 (가)에서의 2배보다 크다. 따라서 $O_2(g)$ 의 용해는 헨리의 법칙을 따른다고 하였으므로 $O_2(aq)$ 의 몰농도는 (나)에서가 (가)의 2배보다 크다.

ㄷ. 온도를 300K으로 유지하면서 (나)의 실린더에 He(g)을 첨가하면 $H_2O(g)$ 의 압력은 변화 없고, $O_2(g)$ 의 부분 압력이 감소하게 된다. 따라서 $O_2(aq)$ 의 몰농도는 감소한다.

12. 반응 엔탈피

[정답맞히기] ㄱ. 25°C에서 $O_2(g)$ 의 표준 생성 엔탈피가 0이므로 ($SO_3(g)$ 의 생성 엔탈피 - $SO(g)$ 의 생성 엔탈피)는 3번째 반응식으로부터 c kJ/몰임을 알 수 있다.

ㄴ. 반응 엔탈피(ΔH)가 $a+b$ kJ인 반응은 $SO(g) + 2O(g) \rightarrow SO_3(g)$ 이고, 반응 엔탈피(ΔH)가 c kJ인 반응은 $SO(g) + O_2(g) \rightarrow SO_3(g)$ 이다. 반응물의 엔탈피는 $2O(g)$ 가 $O_2(g)$ 보다 크므로 $c > a+b$ 이다.

ㄷ. $SO_2(g) \rightarrow \cancel{SO(g)} + \cancel{O(g)} \quad \Delta H = -a \text{ kJ}$

$SO_2(g) + \cancel{O(g)} \rightarrow SO_3(g) \quad \Delta H = b \text{ kJ}$

+ $\cancel{SO(g)} + O_2(g) \rightarrow SO_3(g) \quad \Delta H = c \text{ kJ}$

$2SO_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2SO_3(g) \quad \Delta H = -a+b+c \text{ kJ}$ 이다. 정답⑤

13. 라울 법칙

[정답맞히기] ㄱ. 증기 압력 내림(ΔP)= $P_{\text{용매}} \times x_{\text{용질}}$ 이므로 $p = (1+p)x_{\text{용질}}$ 에서 X의 몰분율은 $\frac{p}{1+p}$ 이다.

ㄴ. 끓는점 오름(ΔT_b)= $K_b \times a$ 이므로 $(t - 100) = K_b \times a$ 이다. 따라서 1기압에서 $2am$ X(aq)의 끓는점 오름은 2배가 되어 $2t - 200$ 이고, 끓는점은 $2t - 200 + 100 = 2t - 100^{\circ}\text{C}$ 이다.

정답③

[오답피하기] ㄷ. ~~am X(aq)의 증기 압력 내림이 p 이므로 $2am$ X(aq)은 증기 압력 내림이 $2p$ 가 되어 증기 압력은 $(1-p)$ 가압이다.~~

(수정본) am X(aq)의 증기 압력 내림이 p 이므로 X의 몰분율은 $\frac{p}{1+p}$ 이고, $2am$ X(aq)에서 X의 몰분율은 $\frac{2p}{1+2p}$ 이다. 따라서 $t^{\circ}\text{C}$ 에서 증기 압력 내림은 $\Delta P = (1+p) \frac{2p}{(1+2p)}$ 이고, 이는 $2p$ 보다 작으므로 증기 압력은 $(1-p)$ 보다 크다.

14. 1차 반응

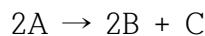
화학 반응식에서 A와 B의 반응 계수가 같고, T_1 에서 A(g)의 반감기는 t 초이므로 A(g)에 대한 1차 반응이다. 따라서 반응 속도는 [A]에 비례하므로 T_2 에서가 T_1 에보다 반응 속도가 빠르다는 것을 알 수 있고, 온도는 $T_2 > T_1$ 이다.

[정답맞히기] ㄱ. 온도는 $T_2 > T_1$ 이므로 반응 초기에 활성화 에너지(E_a)보다 큰 에너지를 갖는 A(g) 분자는 T_2 에서가 T_1 에서보다 많다.

정답①

[오답피하기] ㄴ. A(g)에 대한 1차 반응이므로 반응 속도식은 $v = k[A]$ 이다. 따라서 T_1 , T_2 에서 초기 속도의 상대값을 각각 $2v$, $3v$ 라고 하면 $2v = k_1 \cdot a$, $3v = k_2 \cdot a$ 이므로 $\frac{k_2}{k_1} = \frac{3}{2}$ 이다.

ㄷ. T_1 에서 A(g)의 반감기는 t 초이므로 반응 시간이 $2t$ 초이면 농도는 다음과 같다.



$t=0$ 일 때 농도 a

$$\begin{array}{c} \text{반응 농도} \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{ccc} -\frac{1}{2}a & +\frac{1}{2}a & +\frac{1}{4}a \end{array}$$

$$\begin{array}{c} t\text{초일 때} \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{ccc} \frac{1}{2}a & \frac{1}{2}a & \frac{1}{4}a \end{array}$$

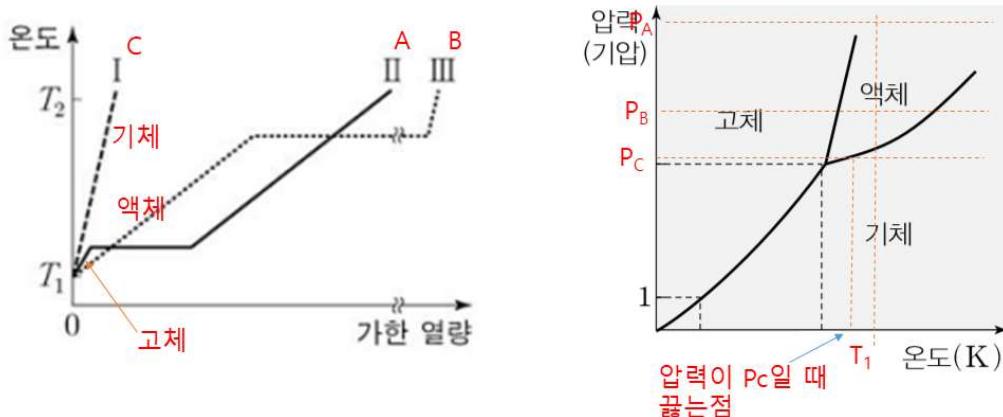
$$\begin{array}{c} \text{반응 농도} \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{ccc} -\frac{1}{4}a & +\frac{1}{4}a & \frac{1}{8}a \end{array}$$

$$\begin{array}{c} 2t\text{초일 때} \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{ccc} \frac{1}{4}a & \frac{3}{4}a & \frac{3}{8}a \end{array}$$

따라서 $2t$ 초 일 때 $[\text{C}] = \frac{3}{8}a$ M이다.

15. 상평형

시료 A와 B는 T_1 에서 각각 고체, 액체 상태의 압력에 존재하므로 열량을 가하면 상태 변화가 나타날 것이다. 하지만 시료 C는 이미 기체 상태이므로 열량을 가해도 상태 변화가 일어나지 않을 것이므로 (나)에서 I이 시료 C이고, III은 열량이 가해진 후 상태가 I과 같은 기울기를 보이므로 액체에서 기체로 상태 변화가 일어나는 물질임을 알 수 있다. 따라서 I은 C, II는 A, III은 B에 해당한다.



[정답맞히기] ㄱ. II는 고체에서 액체로의 상태 변화가 일어나는 물질이므로 시료 A이다.

- ㄴ. T_2 에서 $\text{CO}_2(l)$ 은 이미 기체 상태로 존재하게 되므로 증기 압력은 P_B 보다 크다.
- ㄷ. 압력이 P_C 이고, 온도가 T_1 일 때 CO_2 는 기체 상태이므로 끓는점은 T_1 보다 낮다.

정답⑤

16. 반응 속도

화학 반응식이 $A \rightarrow 2B + C$ 이므로 A가 a 몰 반응하면 B는 $2a$ 몰 생성된다. 따라서 A 1몰을 넣어 반응시켰을 때 $\frac{P_B}{P_A} = \frac{2a}{1-a}$ 이고, 각 반응 시간에 A(g)의 몰수는 $1-a$ 가 되므로 정리하면 다음과 같다.

반응 시간(분)	1	2	3	4	5
$\frac{P_B}{P_A}$	6	30	62	126	254
A(g)의 몰수	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{32}$	$\frac{1}{64}$	$\frac{1}{128}$

따라서 A에 대한 1차 반응이고 2분까지는 반감기가 0.5분, 2분 뒤에는 반감기가 1분이다.

[정답맞히기] ㄴ. 반응 시간이 1.5분이면 반감기를 3번 거친 것으로 A(g)는 $\frac{1}{8}$ 몰,

B(g)는 $\frac{7}{4}$ 몰이 존재하여 $\frac{P_B}{P_A} = 14$ 이다.

ㄷ. 2~3분 동안에는 반감기가 1분이므로 X는 반응 속도를 감소시키는 물질이다.

정답⑤

[오답피하기] ㄱ. A(g)의 양이 0.5몰이 되는 데 걸린 시간은 0.5분이다.

17. 산 염기 평형

[정답맞히기] ㄴ. (나)는 xM HB(*aq*) 50mL에 0.2M NaOH(*aq*) 50mL를 넣어 만든 혼합 수용액으로 $[B^-] = 2[HB]$ 이므로 몰수 비 $HB:B^- = 1:2$ 로 중화점의 $\frac{2}{3}$ 지점에 도달하게 된 것이다. 따라서 $x = 0.2 \times \frac{3}{2} = 0.3$ 이다. 정답②

[오답피하기] ㄱ. (가)는 0.4M HA(*aq*) 50mL에 0.2M NaOH(*aq*) 50mL를 넣어 만든 혼합 수용액이므로 $\frac{[A^-]}{[HA]} = 1$ 인 용액이다. 따라서 $[H_3O^+] = K_a$ 이므로 $a = 10^{-5}$ 이다.
ㄷ. (나)에서 $x = 0.3$ 이므로 0.2M NaOH(*aq*) 25mL를 추가하면 중화점에 도달하게 된다. 이때 $[B^-] = \frac{0.3 \times 0.05}{0.125} = \frac{3}{25} = 0.12M$ 이므로 $[OH^-] = \sqrt{C \times K_a} = \sqrt{0.12 \times 1.2 \times 10^{-7}} = 1.2 \times 10^{-4}$ 이고, pH는 $14 - 4 + \log 1.2 = 10 + \log 1.2$ 로 11보다 작다.

(수정본) ㄷ. (나)에서 $x = 0.3$ 이므로 0.2M NaOH(*aq*) 25mL를 추가하면 중화점에 도달하게 된다. 이때 $[B^-] = \frac{0.3 \times 0.05}{0.125} = \frac{3}{25} = 0.12M$ 이므로 $[OH^-] = \sqrt{C \times K_b} = \sqrt{0.12 \times \frac{1}{1.2} \times 10^{-7}} = 10^{-4}$ 이고, pH=14-4=10이다

18. 평형 이동

[정답맞히기] 반응 전 A(g) 1몰, B(g) 2몰, T K의 압력이 1기압이므로 반응이 진행되어 완결된 후 T K에서 혼합 기체의 압력이 $\frac{5}{6}$ 기압이면 $P \propto n$ 에서 혼합 기체의 몰수가 2.5몰임을 알 수 있다. 또한 온도를 $2T$ K로 높였을 때 전체 기체의 압력은 $\frac{5}{3}$ 기압이고 그 중 C의 부분 압력이 $\frac{2}{3}$ 기압이므로 남은 기체와 C의 몰수 비는 3:2이다. 이를 양적 관계로 나타내면 다음과 같다.

만약 A가 모두 반응하였다고 하면 양적 관계는 다음과 같다.



반응 전(몰)	1	2	
반응(몰)	-1	-0.5	1
반응 후(몰)		1.5	1

만약 B가 모두 반응하였다고 하면 다양한 예가 가능하고 그 중 한가지를 나타내면 다음과 같다.



반응 전(몰)	1	2	
반응(몰)	-0.4	-2	0.4
반응 후(몰)	0.6		0.4

이 경우 반응식의 계수가 3이하인 조건을 만족하지 못한다. 따라서 $a = 2$, $b = 1$, $c = 2$ 로 $a + b + c = 5$ 이다.

정답③

19. 화학 평형

[정답맞히기] 초기 상태의 온도가 T K인데 온도를 낮추어 $\frac{T}{2}$ K으로 하였을 때 혼합 기체의 부피가 $\frac{V}{2}$ L이므로 기체의 몰수는 변화가 없는 평형 이동이 일어난 것임을 알 수 있다. 따라서 $a = b = 1$ 이고, I에서 C의 양은 1몰이므로 양적 관계는 다음과 같다.

	$A(g) + B(g) \rightleftharpoons 2C(g)$		
초기(몰)	1	2	3
반응	+1	+1	-2
평형 I	2	3	1
B추가		+x	
	2	3+x	1
반응	-n	-n	+2n
평형 II	2-n	3+x-n	1+2n

II에서 $A(g)$ 의 양은 $\frac{5}{3}$ 몰이므로 $n = \frac{1}{3}$ o]고, B는 $\frac{8}{3} + x$ 몰, C는 $\frac{5}{3}$ 몰이다. 평형 I과

II의 온도가 같아서 평형 상수가 같으므로 $K = \frac{\left(\frac{1}{V/2}\right)^2}{\left(\frac{2}{V/2}\right)\left(\frac{3}{V/2}\right)} = \frac{\left(\frac{5/3}{V/2}\right)^2}{\left(\frac{5/3}{V/2}\right)\left(\frac{8/3+x}{V/2}\right)} = \frac{1}{6}$ o]

다. 따라서 $x = \frac{22}{3}$ o]다.

정답②

20. 반응 속도

반응의 양적 관계를 나타내면 다음과 같다.

$A(g) \rightarrow 2B(g)$	$C(g) \rightarrow 2D(g)$
반응 전(몰)	x
반응	$-a$ $+2a$
반응 후(몰)	$x-a$ $2a$

(가)에서 $A(g)$ x 몰 중에서 α 몰이 반응하였다고 하면 $B(g)$ 는 $2a$ 몰이 존재하므로 $2t$ 초

에서 반응물의 몰분율은 $\frac{x-a}{x-a+2a} = \frac{x-a}{x+a} = \frac{1}{7}$ 이고, $a = \frac{3}{4}x$ 이다. $3t$ 초에서 반응물의 몰분율이 $\frac{1}{15}$ 이므로 x 몰 중에서 β 몰이 반응하였다고 하면 $\beta = \frac{7}{8}x$ 몰이다. (나)에서 $\frac{y-\gamma}{y-\gamma+2\gamma} = \frac{y-\gamma}{y+\gamma} = \frac{1}{3}$ 이므로 $\gamma = \frac{y}{2}$ 이다. 따라서 (나)의 반응에서 $2t$ 초에 반응한 y 는 $\frac{y}{2}$ 몰이다.

[정답맞히기] ㄱ. 시간 t 초 동안 반응하는 양이 절반으로 감소하므로 반감기가 t 초로 일정한 1차 반응이다.

ㄷ. (나)의 반응은 t 초 동안 C $\frac{y}{4}$ 몰씩 반응하는 것이므로 t 초 일때는 C가 $\frac{3}{4}y$ 몰, D가 $\frac{y}{2}$ 몰이 존재하고 반응물의 몰분율 $a = \frac{3}{5}$ 이다. 정답④

[오답피하기] ㄴ. $2t$ 초와 $3t$ 초에서 $[A]=[C]$ 이므로 몰수는 같은 것이다. (가)에서 $2t$ 초에는 A가 $\frac{x}{4}$ 몰, $3t$ 초에는 A가 $\frac{x}{8}$ 몰 있고 (나)의 $2t$ 초에서는 C가 $\frac{y}{2}$ 몰이 있어야 하므로 $\frac{x}{4} = \frac{y}{2}$ 의 관계가 성립하여 $x = 2y$ 이다. 이때 $3t$ 초에는 C가 $\frac{y}{4}$ 몰이 있어야 하므로 t 초마다 C가 $\frac{y}{4}$ 몰씩 감소하는 반응이다.