

2019학년도 대학수학능력시험 9월 모의평가
과학탐구영역 화학II 정답 및 해설

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

1. 에너지 전환

[정답맞히기] 태양열 에너지가 집열판에 모이면 열교환기를 거쳐 증기 터빈을 돌리면서 운동 에너지로 전환되고, 증기 터빈이 발전기를 돌리면 전기 에너지가 생산된다.

정답④

2. 분자 간 힘

[정답맞히기] L. 0°C, 1기압에서 밀도는 물이 얼음보다 크다. 따라서 단위 부피당 질량은 액체인 물이 고체인 얼음보다 큰 것이므로 액체 상태의 H₂O 분자 수가 고체 상태의 분자 수보다 크다.

D. 물이 끓어 수증기가 되면 액체 상태에서 분자 사이에 작용하던 인력인 수소 결합이 끊어지고 기체 상태가 된다.

정답⑤

[오답피하기] G. 결합 a는 공유 결합이고, 결합 b는 수소 결합이다.

3. 분자 간 힘과 증기 압력

증기 압력은 분자 간의 인력이 작을수록 크다. 주어진 자료의 증기 압력은 A > NO > B이다.

[정답맞히기] G. A는 분자 간 인력이 가장 작은 것이므로 무극성 분자인 N₂이다.

L. NO는 분자가 극성을 띠므로 액체 상태에서 분자 사이에 쌍극자-쌍극자 힘이 존재한다.

D. B 분자는 NH₃로 분산력과 수소 결합이 존재한다.

정답⑤

4. 엔탈피와 엔트로피

자발적인 반응은 자유 에너지 변화 $\Delta G < 0$ 이다. 자유 에너지 변화 $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ 이다.

[정답맞히기] G. 반응 후 기체의 부피가 감소하는 것으로 보아 계의 엔트로피 변화 $\Delta S < 0$ 이다.

D. 반응이 자발적으로 일어났으므로 전체 엔트로피(계+주위)는 증가한다. 정답③

[오답피하기] L. $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ 에서 기체 분자 수가 감소하므로 $\Delta S < 0$ 이고, 자발적 반응이므로 $\Delta G < 0$ 이다. 따라서 $\Delta H < 0$ 이어야 하므로 계의 엔탈피는 감소한다.

5. 어는점 내림

[정답맞히기] 어는점 내림 $\Delta T_f = k_f \cdot m$ 이다. 각 비커에 물 1 kg이 들어 있으므로 m 은 용질의 몰수와 같다. 용질 A의 분자량이 60이므로 3 g의 몰수는 $\frac{1}{20}$ 몰이므로 $t = k_f \cdot \frac{1}{20}$ 에서 $k_f = 20t$ 이다. 따라서 B 9 g의 몰수는 $\frac{1}{20}$ 몰이므로 $x = 180$ 이다.

정답④

6. 용액의 농도

[정답맞히기] X(aq) 500 mL에 들어 있는 용질의 몰수는 $\frac{15}{60} = 0.25$ 몰이다. 따라서 몰 농도는 $\frac{0.25}{0.5} = 0.5$ M이고, $a = 0.5$ 이다. X(aq) 200 mL의 질량은 밀도가 1.01 g/mL이므로 202 g이다. X(aq) 200 mL에서 X의 몰수는 $0.5 \text{ M} \times 0.2 \text{ L} = 0.1$ 몰이고, 화학식량이 60이므로 X의 질량은 6 g이다. 물 b g을 첨가한 수용액의 % 농도가 2%이므로 $2 = \frac{6}{202+b} \times 100$ 이고, $b = 98$ 이다. 따라서 $a \times b = 49$ 이다.

정답②

7. 반응 속도

[정답맞히기] ㄱ. 같은 조건에서 온도가 높을수록 반응 속도가 빠르므로 실험 II에서 I에서보다 반응 속도가 빠른 것으로 보아 $T_2 > T_1$ 이다.

ㄴ. 같은 농도의 A일 때 생성되는 B의 농도가 II에서 I에서보다 크므로 반응 속도 상수는 $II > I$ 이다.

ㄷ. 촉매가 있는 III이 I보다 반응 속도가 빠르므로 정촉매를 사용하여 활성화 에너지가 작은 것이다. 따라서 활성화 에너지는 I에서 III에서보다 크다.

정답⑤

8. 엔탈피와 엔트로피

(가)는 연소 반응이므로 $\Delta H < 0$ 이고, 반응 후 기체 분자 수가 증가하는 반응이므로 $\Delta S > 0$ 이다. 따라서 그래프에서 ㉠이 (나)에 해당한다. (나)는 기체 분자 수가 감소하는 반응이므로 $\Delta S < 0$ 이다. 그래프에서 $\Delta S < 0$ 인 반응은 ㉡ 뿐이므로 (나)는 ㉡에 해당한다. (다)는 기체 분자 수가 증가하므로 $\Delta S > 0$ 이고 흡열 반응으로 $\Delta H > 0$ 이므로 ㉢에 해당한다.

[정답맞히기] ㄱ. (가)는 C_3H_8 의 연소 반응이므로 발열 반응이다.

ㄷ. (다)는 ㉢에 해당하므로 $\Delta S < \frac{\Delta H}{T_1}$ 이다. $\Delta G = \Delta H - T_1 \Delta S$ 에서 T_1 으로 나누면

$\frac{\Delta G}{T_1} = \frac{\Delta H}{T_1} - \Delta S$ 이므로 $\frac{\Delta G}{T_1} > 0$ 이다. 따라서 (다)의 자유 에너지 변화 $\Delta G > 0$ 이다.

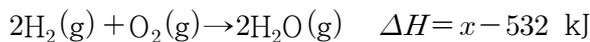
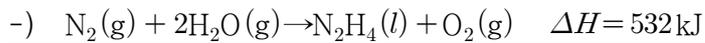
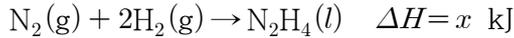
정답③

[오답피하기] ㄴ. \ominus 은 $\Delta S < 0$, $\frac{\Delta H}{T_1} < 0$ ($\Delta H < 0$)이므로 (가)에 해당한다.

9. 결합 에너지와 반응 엔탈피

[정답맞히기] $N_2H_4(l)$ 의 표준 생성 엔탈피는 다음 화학 반응식으로부터 구할 수 있다. $N_2(g) + 2H_2(g) \rightarrow N_2H_4(l) \quad \Delta H = x \text{ kJ}$

이 반응식에서 주어진 반응식을 빼면 수증기의 생성 반응을 얻을 수 있다.



따라서 결합 에너지로부터 이 반응의 반응 엔탈피를 구하면 $2(H-H) + (O=O) - 4(O-H)$ 에서 $(2 \times 436) + 498 - (4 \times 463) = x - 532$ 이므로 $x = 50$ 이다.

정답①

10. 고체 결정 구조

(가)는 단위 세포에 A의 양이온이 모서리에 12개이므로 $12 \times \frac{1}{4} = 3$ 개, 체심에 1개이므로 총 4개의 A의 양이온이 있다. B의 음이온은 꼭지점에 8개이므로 $8 \times \frac{1}{8} = 1$ 개, 면심에 6개이므로 $6 \times \frac{1}{2} = 3$ 개이므로 총 4개의 B의 음이온이 있다. 따라서 (가)의 단위 세포에 포함된 A의 양이온과 B의 음이온의 수는 같다. (나)는 C의 양이온이 체심에 1개, D의 양이온이 꼭지점에 8개이므로 $8 \times \frac{1}{8} = 1$ 개, B의 음이온이 면심에 6개이므로 $6 \times \frac{1}{2} = 3$ 개이다.

[정답맞히기] ㄱ. (가)에서 A의 양이온과 B의 음이온은 1:1의 입자 수 비로 존재하므로 화학식은 AB이다.

ㄴ. (가)의 결정에서 B의 음이온은 6개의 A의 양이온에 둘러싸여 있다. 정답③

[오답피하기] ㄷ. 단위 세포당 양이온 수는 (나)에서가 2개, (가)에서가 4개이므로 (가)가 (나)의 2배이다.

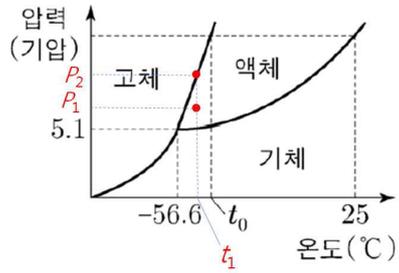
11. 상평형 그림

t_1 , P_1 기압에서 안정한 상이 액체이고, $t_1 < t_0$ 이므로 $-56.6 < t_1 < t_0$ 이고, t_1 , P_2 기압에서 안정한 상이 액체와 고체이므로 용해 곡선 위의 상태이다.

[정답맞히기] ㄱ. $t_1 > -56.6$ 이면서 안정한 상이 액체이므로 $P_1 > 5.1$ (삼중점의 압력)이다.

ㄴ. 25°C, P_1 기압에서 CO_2 의 안정한 상은 기체 상태
 이므로 $\text{CO}_2(l) \rightarrow \text{CO}_2(g)$ 반응은 자발적으로 일어난
 다. 따라서 자유 에너지 변화 $\Delta G < 0$ 이다.

정답③



[오답피하기] ㄷ. 압력은 $P_1 < P_2$ 이다.

12. 자유 에너지 변화

물질 X의 반응 $X(l) \rightarrow X(g)$ 는 흡열 반응($\Delta H > 0$)이고, 엔트로피가 증가($\Delta S > 0$)하는
 반응이다. 자유 에너지 변화 $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ 이므로 T_1 에서 T_2 로 가면서 ΔG 가 증가
 하므로 $T_1 > T_2$ 이다.

[정답맞히기] ㄱ. 물질 X의 반응 $X(l) \rightarrow X(g)$ 는 에너지를 흡수하는 반응이므로 흡열
 반응($\Delta H > 0$)이다. 따라서 $a > 0$ 이다.

ㄷ. X의 끓는점은 $\Delta G = 0$ 인 온도이다. 주어진 자료에서는 T_1 보다 높은 온도가 되어
 야 $\Delta G = 0$ 이 된다. 따라서 X의 끓는점은 T_1 보다 높다.

정답④

[오답피하기] ㄴ. $\Delta H > 0$, $\Delta S > 0$ 인 반응에서 T_1 보다 T_2 에서 ΔG 가 크므로 온도는
 $T_1 > T_2$ 이다.

13. 표준 전지 전위

$\Delta G^\circ = -nFE^\circ$ 이므로 B와 H^+ 이 반응하는 반응은 자유 에너지 변화 $\Delta G < 0$ 인 자발
 적인 반응이다. 따라서 주어진 자료에서 금속의 이온화 경향은 $\text{B} > (\text{H}) > \text{A}$ 이고, 표준 환
 원 전위는 A가 $E^\circ = +0.34\text{V}$ 이며, B가 $E^\circ = -0.76\text{V}$ 이다.

[정답맞히기] ㄴ. (가)의 전지에서 A의 반쪽 전지에서 전자가 나와서 이동하므로 산화
 반응이 일어난다.

정답②

[오답피하기] ㄱ. 이온화 경향은 $\text{B} > \text{A}$ 이므로 B^{2+} 과의 반응에서 A가 산화되는 반응은
 비자발적이다. 따라서 반응 $\text{A}(s) + \text{B}^{2+}(aq) \rightarrow \text{A}^{2+}(aq) + \text{B}(s)$ 의 자유 에너지 변화
 $\Delta G > 0$ 이다.

ㄷ. (가)의 전지에서 A의 반쪽 전지가 (-)극이므로 이온화 경향은 $\text{A} > \text{C}$ 임을 알 수 있
 다. 따라서 3가지 금속의 이온화 경향은 $\text{B} > (\text{H}) > \text{A} > \text{C}$ 이다. 표준 환원 전위는 A가
 $E^\circ = +0.34\text{V}$ 이고, B가 $E^\circ = -0.76\text{V}$ 이므로 B와 A의 반쪽 전지로 이루어진 전지의
 전압이 $E^\circ = +0.34 - (-0.76) = 1.10\text{V}$ 이므로 이온화 경향의 차이가 큰 B와 C 사이의
 반응이 일어나는 전지의 표준 전지 전위 $E^\circ = 1.10\text{V}$ 보다 크다.

14. 헨리 법칙

(가)와 (나)에서 물의 증기 압력이 0.2기압이므로 A와 B의 부분 압력은 각각 1,
 0.8기압이다.

[정답맞히기] ㄱ. 부분 압력의 법칙에 따라 (가)에서 수증기압은 0.2기압, A의 부

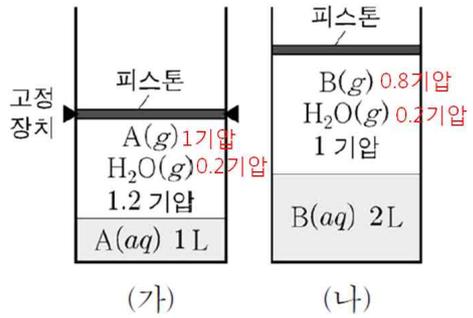
분 압력은 1기압이다.

정답①

[오답피하기] L. (가)에서 A는 1기압에서 용해도가 1 L에서 w g이고, (나)에서 B는 0.8기압에 2 L의 수용액에서 $2w$ g이므로 각 기체의 부분 압력이 1기압일 때 물에 대한 용해도는 A가 w g/L이고, B가 $1.25w$ g/L로 B가 A보다 크다.

ㄷ. (가)에서 고정 장치를 제거하면 기체의 전체 압력은 1기압이 된다. 이때 수증기압은 변하지 않고 0.2기압을 유지하게 되므로 A의 부분 압력은 0.8기압이 된다. 따라서 새로운

평형에서 $\frac{A(g)의\ 부분\ 압력}{H_2O(g)의\ 부분\ 압력} = 4$ 이다.



15. 기체의 성질

[정답맞히기] 기체의 몰수는 압력과 부피의 곱에 비례한다. 따라서 A는 $2n$ 몰, B는 Pn 몰, C는 n 몰이 반응 전에 존재한다. 콕 a를 열어 반응이 완결된 후 콕 b를 열고 충분한 시간이 흐른 뒤 기체의 부피는 변하지 않았으므로 1기압에서 4 L가 된 것이다. 화학 반응에서 반응의 완결은 A가 모두 반응하거나 B가 모두 반응하는 것이므로 2가지 경우를 나누어 생각해 볼 수 있다.

	$A + 2B \rightarrow 2C$			$A + 2B \rightarrow 2C$			
반응 전	$2n$	Pn	n	반응 전	$2n$	Pn	n
반응	$-2n$	$-4n$	$+4n$	반응	$-\frac{Pn}{2}$	$-Pn$	$+Pn$
반응 후	$(P-4)n$ $5n$			반응 후	$(2-\frac{P}{2})n$ $(1+P)n$		

따라서 A가 모두 반응한 경우에는 $(P+1)n=4n$ 이므로 $P=3$ 이고, 반응 후 남은 기체의 몰수가 $B < 0$ 이 되어 모순이다. B가 모두 반응한 경우에는 $(3+\frac{P}{2})n=4n$ 이다. 따라서 반응에서는 B가 모두 반응한 것이고, $P=2$ 이다. $P=2$ 일 때 반응 후 A는 n 몰, C는 $3n$ 몰이므로 C의 몰분율을 $x = \frac{3}{4}$ 이다.

정답⑤

16. 반응 속도

[정답맞히기] 실험 I보다 실험 II에서 [A]가 2배인데, $t=3$ 분 동안 증가한 C의 농도가 실험 II에서가 실험 I에서 2배이므로 농도가 2배일 때 반응 속도가 2배가 되는 반응이므로 1차 반응이고 $v=k[A]$ 이다. 따라서 실험 I에서 $t=3$ 분 동안 $\Delta[A] = -28\text{mM}$ 이 되므로 $x=4$ 이고, $\Delta[B] = 42\text{mM}$, $\Delta[C] = 7\text{mM}$ 이므로 반응 몰수 비는 $A:B:C = 28:42:7 = 3:6:1$ 이다. 따라서 화학 반응식은 $4A \rightarrow 6B + C$ 이고, $y=84$ 이다. 실험 I에서 32mM 이었던 반응물이 $t=3$ 동안 4mM 이 되었으므로 $\frac{1}{8}$ 배가 된

것이고 이는 반감기가 3번 지난 것이다. 반응이 A의 농도에 관한 1차 반응이므로 $t=1$ 분이 반감기이고 $t=2$ 분은 반감기가 2번 지난 것이다. 따라서 $t=2$ 분일 때 I에서 $[A]=8\text{mM}$ 이고, II에서 $[A]=16\text{mM}$ 이므로 $\Delta[A]=-48\text{mM}$ 이고, 반응 계수에 따라 $\Delta[C]=12\text{mM}$ 이므로 $[C]=12\text{mM}$ 이다. 따라서 $\frac{\text{I에서 [A]}}{\text{II에서 [C]}} = \frac{2}{3}$ 이다.

정답②

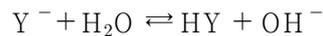
17. 중화 적정

실험 I에서 용질 HX의 몰수는 $\frac{0.63}{63}=0.01$ 몰이고, 부피가 100 mL이므로 몰 농도는 $\frac{0.01}{0.1}=0.1$ M이다. 중화점까지 가한 a M NaOH의 부피가 50 mL이므로 $a=0.2$ 이다. 따라서 실험 II에서 중화점까지 가한 0.2 M NaOH 부피가 산 수용액의 부피와 같은 100 mL이므로 HY 수용액의 몰 농도는 0.2M이고, HY의 몰수는 0.02몰이다.

[정답맞히기] ㄱ. HY 수용액의 HY 몰수가 0.02몰이므로 $\frac{1.2}{x}=0.02$ 에서 $x=60$ 이다.

ㄷ. II의 중화점에서는 Y^- 의 가수 분해 반응이 일어나므로 반응식은 $Y^- + H_2O \rightleftharpoons HY + OH^-$ 이고, $K_b = \frac{K_w}{K_a} = \frac{1.0 \times 10^{-14}}{2 \times 10^{-5}} = \frac{1}{2} \times 10^{-9}$ 이다.

$[Y^-] = \frac{0.02\text{몰}}{0.2\text{L}} = 0.1\text{M}$ 이므로 평형 상태의 몰농도는 다음과 같다.



반응 전 0.1

반응 $\frac{-x}{0.1-x} \quad \frac{+x}{+x} \quad \frac{+x}{+x}$

평형 상태 0.1-x +x +x

$K_b = \frac{x^2}{0.1-x} = \frac{1}{2} \times 10^{-9}$ 이므로 $x^2 = \frac{1}{2} \times 10^{-10}$ 에서 $x = \frac{1}{\sqrt{2}} \times 10^{-5}$ 이다. 따라서 $[OH^-]$

는 1×10^{-6} 보다 크다.

정답③

[오답피하기] ㄴ. $HY(aq)$ 은 약산이므로 $K_a = C\alpha^2$ 에서 $2 \times 10^{-5} = 0.2 \times \alpha^2$ 이다. 따라서 $\alpha = 0.01$ 이므로 0.001보다 크다.

18. 반응 속도

[정답맞히기] 화학 반응식이 $A \rightarrow 2B$ 이고, 반응 속도식이 $v = k[A]$ 이므로 A의 농도에 관한 1차 반응이다. 용기에 A를 넣어 반응이 진행되었으므로 A를 n몰 넣어 반응을 진행시켰을 때 $t=10$ 분일 때, A는 $\frac{n}{2}$ 몰 반응하여 B가 n몰 생성된 반응이어야 $\frac{P_B}{P_A} =$

$\frac{n}{n - \frac{n}{2}} = 2$ 이다. 따라서 실험 I에서 $t=10$ 분이 반감기임을 알 수 있다. 실험 II에서

$t=20$ 분일 때는 A가 x 몰을 넣었을 때 A가 $\frac{15x}{16}$ 몰이 반응하여 B가 $\frac{30}{16}x$ 이 생성되는 반응이어야 A는 $\frac{x}{16}$ 몰, B가 $\frac{30}{16}x$ 이므로 $\frac{P_B}{P_A}=30$ 이다. 따라서 $t=20$ 분은 반감기가 4번 지난 반응이 되고 실험 II의 반감기는 $t=5$ 분이다. 따라서 반응 속도는 T_2 가 T_1 에서보다 큰 것이다.

ㄴ. 실험 II의 반감기는 $t=5$ 분이므로 $t=30$ 분은 반감기가 6번 지난 것이다. 따라서 A는 x 몰을 넣었을 때 $\frac{x}{64}$ 몰이고, B는 $\frac{126x}{64}$ 몰이므로 $y=126$ 이다.

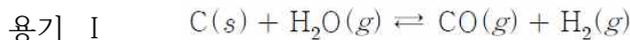
ㄷ. $t=20$ 분이면 실험 I에서는 A의 반감기가 2번 지난 것이므로 질량은 $1 \times (\frac{1}{2})^2 = 0.25$ g이다. 실험 II에서는 A의 반감기가 4번 지난 것이므로 $4 \times (\frac{1}{2})^4 = 0.25$ g이다.

따라서 용기 내 A의 질량은 $t=20$ 분일 때 I과 II에서 같다. 정답④

[오답피하기] ㄱ. 반응 속도는 실험 II에서가 실험 I에서보다 크므로 온도는 $T_2 > T_1$ 이다.

19. 화학 이동 법칙

용기 I에서 혼합 기체의 밀도가 평형 상태 (가)에서 8 g/L이고, 용기의 부피는 1.5 L이므로 기체의 질량은 12 g이다. H_2O , CO, H_2 의 분자량은 각각 18, 28, 2이므로 반응 후에 몰수가 각각 0.25몰이면 기체의 질량의 합이 12 g이 된다.

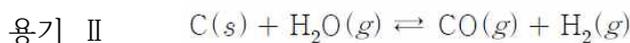


반응 전(몰)	0.5	0.5		
반응	-0.25	-0.25	+0.25	+0.25
반응 후	0.25	0.25	0.25	0.25

용기 I의 부피는 1.5 L이므로 C(s)의 몰수를 제외하여 평형 상수를 구해 보면

$$K = \frac{\left(\frac{0.25}{1.5}\right)^2}{\left(\frac{0.25}{1.5}\right)} = \frac{1}{6}$$

이다. 이로부터 용기 II의 (가)에서의 양적 관계는



반응 전(몰)			1	1
반응	+0.5	+0.5	-0.5	-0.5
반응 후	0.5	0.5	0.5	0.5

용기 II의 부피가 3 L이므로 $K = \frac{\left(\frac{0.5}{3}\right)^2}{\left(\frac{0.5}{3}\right)} = \frac{1}{6}$ 이다.

새로운 평형 상태 (나)가 일어나기 전 반응 지수 $Q = \frac{(\frac{0.75}{4.5})^2}{(\frac{0.75}{4.5})} = \frac{1}{6}$ 이므로 K 와 같다.

따라서 콧을 열어도 몰수의 변화는 없다.

[정답맞히기] ㄱ. (가)의 용기 I에서 기체의 전체 몰수는 0.75몰이고, 부피는 1.5 L이므로 $P = \frac{nRT}{V} = \frac{0.75 \times 90}{1.5} = 45$ 기압이다. 이중 $H_2O(g)$ 의 몰분율은 $\frac{1}{3}$ 이므로 $H_2O(g)$ 의 부분 압력은 15기압이다.

ㄴ. (나)의 용기 I과 II에 들어 있는 C(s)의 몰수는 0.75몰이다. 따라서 질량은 9 g이다. 정답③

[오답피하기] ㄷ. (나)의 혼합 기체의 몰수는 H_2O , CO, H_2 가 각각 0.75몰이므로 질량은 36 g이고, 부피가 4.5 L이므로 $x=8$ 이다.

20. 평형 상수

(가)에서 반응한 A의 몰수를 a 라고 하면 A는 $n-a$ 몰, B는 $2a$ 몰이 존재하는 것이고, A와 B의 몰수는 같으므로 $n=3a$ 가 되어 $a = \frac{1}{3}n$ 이다. 따라서 A와 B는 $\frac{2n}{3}$ 몰이다.

또한 A가 $\frac{1}{3}n$ 몰 반응할 때 B는 $\frac{2}{3}n$ 몰이 생성되므로 반응 계수 $a=1$ 이다. (가)~(다)에서 각 기체의 몰수를 나타내면 다음과 같다.

평형 상태	A의 몰수	B의 몰수
(가)	$\frac{2n}{3}$	$\frac{2n}{3}$
(나)	$\frac{4n}{5}$	$\frac{2n}{5}$
(다)	$\frac{8n}{9}$	$\frac{2n}{9}$

T_1 에서 $K = \frac{(\frac{2n}{3x})^2}{(\frac{2n}{3x})} = \frac{2n}{3x}$ 이고, T_2 에서 $K = \frac{(\frac{2n}{9y})^2}{(\frac{8n}{9y})} = \frac{n}{18y}$ 이므로 $\frac{T_2 \text{에서 } K}{T_1 \text{에서 } K} = \frac{x}{12y} = \frac{1}{3}$

이므로 $\frac{x}{y} = 4$ 이다.

정답⑤