

0000 년 00 학기 00 고사		과 목 명	물리학 14장 기출문제 답안지	학 과		학 년		감 독 교 수 확 인	
출 제	공동 출제			학 번					
편 집	송 현 석			성 명					
								점 수	
시험일시	0000. 00. 00	○ ○							

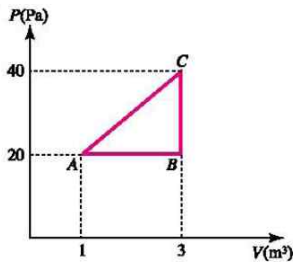
[주의 사항] 1. 계산기는 사용할 수 없습니다.

2. 단위가 필요한 답에는 반드시 SI 체계로 단위를 표기하십시오.

[2010년 1학기 기말고사 12번] - 예제 14.1, 14.2, 14.3,

연습문제 14.2, 14.4, 14.7 참고

1. 그림과 같이 어떤 이상기체가 $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow A$ 의 순환과정을 거친다. 이 과정 동안 기체가 외부에 한 일은 얼마인가?



$$W_{A \rightarrow B} = P \Delta V = P_1 (V_2 - V_1) = (20 \text{ Pa}) \times \{(3 \text{ m}^3) - (1 \text{ m}^3)\} = 40 \text{ J}$$

$$W_{B \rightarrow C} = 0 \text{ J}$$

$$W_{C \rightarrow A} = \int_{V_2}^{V_1} P dV = \int_{V_2}^{V_1} (10V + 10) dV = [5V^2 + 10V]_3^1 = \{(5 + 10) - (45 + 30)\} \text{ J} = -60 \text{ J}$$

$$W = W_{A \rightarrow B} + W_{B \rightarrow C} + W_{C \rightarrow A} = 40 \text{ J} + 0 \text{ J} + (-60 \text{ J}) = -20 \text{ J}$$

(-부호는 일을 당했다는 의미)

<다른 풀이> - 삼각형의 면적

$$W = -\frac{1}{2} \times (40 \text{ Pa} - 20 \text{ Pa}) \times (3 \text{ m}^3 - 1 \text{ m}^3) = -\frac{1}{2} \times (20 \text{ Pa}) \times (2 \text{ m}^2) = -20 \text{ J}$$

($W = -20 \text{ J}$)

[2015년 1학기 기말고사 11번]

2. 자유도 f 가 3인 단원자 이상기체 1몰의 정적 비열과 정압 비열을 기체 상수 R 를 이용하여 각각 표현하십시오.

$$E = K = \frac{3}{2} N k_B T = \frac{3}{2} n R T = \frac{3}{2} P V \Rightarrow \Delta E = \frac{3}{2} n R \Delta T$$

$$(\text{정적 과정: } V = \text{일정} \rightarrow W = 0, \quad Q = n c_V \Delta T)$$

$$\Delta E = Q - W \Rightarrow Q = \Delta E + W \Rightarrow Q = \Delta E$$

$$\Rightarrow n c_V \Delta T = \frac{3}{2} n R \Delta T \Rightarrow c_V = \frac{3}{2} R$$

$$(\text{정압 과정: } P = \text{일정} \rightarrow W = P \Delta V = n R \Delta T, \quad Q = n c_P \Delta T)$$

$$\Delta E = Q - W \Rightarrow Q = \Delta E + W = \Delta E + P \Delta V = \Delta E + n R \Delta T$$

$$\Rightarrow n c_P \Delta T = \frac{3}{2} n R \Delta T + n R \Delta T = \frac{5}{2} n R \Delta T \Rightarrow c_P = \frac{5}{2} R$$

$$(c_V = \frac{3}{2} R, \quad c_P = \frac{5}{2} R)$$

[2014년 1학기 기말고사 12번] - 연습문제 14.5, 14.8, 14.9, 14.12 참고

3. 이상기체에 대한 열역학적 과정 중 (③)에서는 내부에너지의 변화가 없고, (④)에서는 엔트로피의 변화가 없다. 이때, 괄호 안에 들어갈 열역학적 과정을 아래 보기에서 고르시오.

① 등압 과정 ② 등적 과정 ③ 등온 과정 ④ 단열 과정

$$(\text{등온 과정: } T = \text{일정} \rightarrow E = \text{일정} \rightarrow \Delta E = 0)$$

$$(\text{단열 과정: } Q = 0 \rightarrow dQ = 0 \rightarrow \Delta S = 0)$$

[2014년 1학기 기말고사 12번] - 연습문제 14.5, 14.8, 14.9, 14.12 참고

4. 이상기체 1몰이 온도 T 를 유지하면서 부피 V 는 두 배로 증가되었다. 이때, 기체가 외부에 한 일을 이상기체 상수 R 과 온도 T 로 표현하십시오.

$$PV = nRT \Rightarrow P = \frac{nRT}{V}$$

$$(\text{등온과정: } T = \text{일정} \rightarrow E = \text{일정} \rightarrow \Delta E = 0)$$

$$\Delta E = Q - W \Rightarrow 0 = Q - W \Rightarrow Q = W$$

$$Q = W = \int_{V_i}^{V_f} P dV = \int_{V_i}^{V_f} \frac{nRT}{V} dV = nRT [\ln V]_{V_i}^{V_f} = nRT (\ln V_f - \ln V_i) = nRT \ln \left(\frac{V_f}{V_i} \right) = nRT \ln \left(\frac{2V}{V} \right) = nRT \ln 2 = RT \ln 2$$

($W = RT \ln 2$)

[2012년 1학기 기말고사 12번] - 연습문제 14.15, 14.16, 14.17 참고

5. 카르노 가역순환과정을 수행하는 어떤 열기관의 효율이 40%이다.

이 열기관은 온도가 각각 T_1 , T_2 인 두 열원 사이에서 작동한다.

$T_1 > T_2$ 이고 $T_2 = 300 \text{ K}$ 이라고 할 때, T_1 은 몇 K인가?

$$e = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 0.4 = 40\% \Rightarrow \frac{T_2}{T_1} = 1 - 0.4 = 0.6$$

$$\Rightarrow T_1 = \frac{T_2}{0.6} = \frac{300 \text{ K}}{0.6} = 500 \text{ K}$$

($T_1 = 500 \text{ K}$)

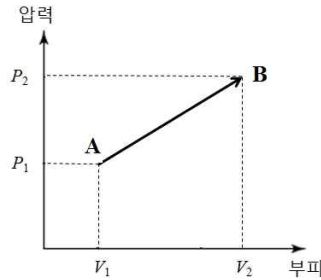
[주의 사항] 주관식 문제는 상세한 풀이과정이 없으면 영점처리 됩니다.

[2013년 1학기 기말고사 주관식 3번] - 예제 14.1, 14.2, 14.3,

연습문제 13.11, 13.12, 14.2, 14.4, 14.7 참고

[주관식 1] [15점]

우측 그래프는 어떤 단원자 이상 기체의 상태가 A 에서 B 로 변화할 때 기체의 압력(P)과 부피(V)의 관계를 보여준다. 여기서 $P_1 = 2.0 \text{ atm}$, $P_2 = 4.0 \text{ atm}$, $V_1 = 1.0 \text{ m}^3$, $V_2 = 4.0 \text{ m}^3$ 이라 할 때, 다음 질문에 답하여라.



(단, $1 \text{ atm} = 10^5 \text{ Pa}$ 로 가정한다.)

(1) 기체의 상태가 A 에서 B 로 변화하는 동안 기체가 외부에 한 일을 구하여라. [5점]

$$W = \int_{V_1}^{V_2} P dV \quad (\text{그래프의 밑면적})$$

$$\begin{aligned} W &= P_1(V_2 - V_1) + \frac{1}{2}(P_2 - P_1)(V_2 - V_1) = \frac{1}{2}(P_2 + P_1)(V_2 - V_1) \\ &= \frac{1}{2}\{(4.0 \times 10^5 \text{ Pa}) + (2.0 \times 10^5 \text{ Pa})\}\{(4.0 \text{ m}^3) - (1.0 \text{ m}^3)\} \\ &= 9.0 \times 10^5 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 = 9.0 \times 10^5 \text{ J} \end{aligned}$$

(2) A 상태에서 기체 입자들의 평균 속력을 v_1 , B 상태에서 기체 입자들의 평균 속력을 v_2 라고 할 때, $\frac{v_2}{v_1}$ 은 얼마인가? [5점]

$$E = K = \frac{3}{2} N m v_{rms}^2 = \frac{3}{2} N k_B T = \frac{3}{2} n R T = \frac{3}{2} P V \Rightarrow v_{rms} \sim \sqrt{E}$$

$$E_A = \frac{3}{2} P_1 V_1 = \frac{3}{2} \times (2.0 \times 10^5 \text{ Pa}) \times (1.0 \text{ m}^3) = 3 \times 10^5 \text{ J}$$

$$E_B = \frac{3}{2} P_2 V_2 = \frac{3}{2} \times (4.0 \times 10^5 \text{ Pa}) \times (4.0 \text{ m}^3) = 24 \times 10^5 \text{ J} = 8 E_A$$

$$\frac{v_2}{v_1} \sim \frac{\sqrt{E_B}}{\sqrt{E_A}} \sim \frac{\sqrt{8 E_A}}{\sqrt{E_A}} \sim \sqrt{8} \text{ or } 2\sqrt{2}$$

(3) 기체의 상태가 A 에서 B 로 변화하는 동안 외부로부터 흡수한 열량을 구하여라. [5점]

$$E = K = \frac{3}{2} N k_B T = \frac{3}{2} n R T = \frac{3}{2} P V \quad \left\langle T = \frac{PV}{nR} \right\rangle$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow \Delta E &= \frac{3}{2} n R \Delta T = \frac{3}{2} n R (T_B - T_A) = \frac{3}{2} (P_2 V_2 - P_1 V_1) \\ &= \frac{3}{2} \{(4.0 \times 10^5 \text{ Pa})(4.0 \text{ m}^3) - (2.0 \times 10^5 \text{ Pa})(1.0 \text{ m}^3)\} \\ &= 21 \times 10^5 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 = 21 \times 10^5 \text{ J} \end{aligned}$$

$$\Delta E = Q - W$$

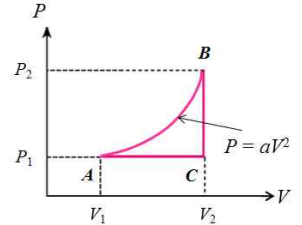
$$\Rightarrow Q = \Delta E + W = (21 \times 10^5 \text{ J}) + (9.0 \times 10^5 \text{ J}) = 30 \times 10^5 \text{ J} = 3.0 \times 10^6 \text{ J}$$

[2014년 1학기 기말고사 주관식 3번] - 예제 14.1, 14.2, 14.3

연습문제 14.2, 14.4, 14.7 참고

[주관식 2] [15점]

오른쪽 그림과 같이 어떤 이상기체가 $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow A$ 의 순환과정을 거친다. A 에서 B 로 가는 과정에서 부피(V)에 따른 압력(P)의 변화가 $P = \alpha V^2$ 으로 주어진다. 그림에서 $V_2 = 3V_1$ 이다.



이때, 다음 질문에 답하여라.

(1) A 에서 B 로 상태가 변하는 동안 기체가 외부에 한 일을 α 와 V_1 를 이용하여 나타내어라. [5점]

$$\begin{aligned} W_{A \rightarrow B} &= \int_{V_1}^{V_2} P dV = \int_{V_1}^{V_2} (\alpha V^2) dV = \alpha \int_{V_1}^{V_2} V^2 dV = \frac{1}{3} \alpha [V^3]_{V_1}^{V_2} \\ &= \frac{1}{3} \alpha \{V_2^3 - V_1^3\} = \frac{1}{3} \alpha \{(3V_1)^3 - V_1^3\} = \frac{1}{3} \alpha (26V_1^3) = \frac{26}{3} \alpha V_1^3 \end{aligned}$$

(2) $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow A$ 로 같은 상태로 돌아왔을 때 내부에너지 변화가 없었다면, 기체가 흡수한 열량은 얼마인가? α 와 V_1 를 이용하여 나타내어라. [5점]

$$W_{A \rightarrow B} = \int_{V_1}^{V_2} P dV = \frac{26}{3} \alpha V_1^3$$

$$W_{B \rightarrow C} = 0$$

$$W_{C \rightarrow A} = P \Delta V = P_1 (V_1 - V_2) = \alpha V_1^2 (V_1 - 3V_1) = -2\alpha V_1^3$$

(순환과정: $\Delta E = 0$)

$$\Delta E = Q - W \Rightarrow 0 = Q - W$$

$$\Rightarrow Q = W = W_{A \rightarrow B} + W_{B \rightarrow C} + W_{C \rightarrow A}$$

$$= \frac{26}{3} \alpha V_1^3 + 0 - 2\alpha V_1^3 = \frac{20}{3} \alpha V_1^3$$

[주의 사항] 주관식 문제는 상세한 풀이과정이 없으면 영점처리 됩니다.

[2014년 1학기 기말고사 주관식 3번] - 예제 14.1, 14.2, 14.3

연습문제 14.2, 14.4, 14.7 참고

[주관식 3] [15점]

통 속에 n 몰의 단원자 이상기체가 그림과 같이 순환과정($A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$)을 거친다.

(1) A 상태의 온도는 C 상태의 온도의 몇 배 인가? [5점]

$$PV = nRT \Rightarrow T = \frac{PV}{nR}$$

$$\frac{T_A}{T_C} = \frac{(3P)(V)/nR}{(P)(4V)/nR} = \frac{(3P)(V)}{(P)(4V)} = \frac{3}{4}$$

(2) 이 순환과정 동안 외부로부터 흡수한 열을 P, V 를 이용하여 나타내시오. [5점]

$$A \rightarrow B \text{ 등압과정: } W = P\Delta V = (3P)(4V - V) = (3P)(3V) = 9PV$$

$$B \rightarrow C \text{ 등적과정: } W = 0$$

$$C \rightarrow D \text{ 등압과정: } W = P\Delta V = (P)(V - 4V) = (P)(-3V) = -3PV$$

$$D \rightarrow A \text{ 등적과정: } W = 0$$

$$(\text{순환과정: } \Delta E = 0)$$

$$\Delta E = Q - W \Rightarrow 0 = Q - W \Rightarrow Q = W = 9PV - 3PV = 6PV$$

(3) 상태가 $A \rightarrow B$ 로 변하는 동안 몰비열을 구하시오. [5점]

$$E = K = \frac{3}{2}Nk_B T = \frac{3}{2}nRT = \frac{3}{2}PV \Rightarrow \Delta E = \frac{3}{2}nR\Delta T$$

$$A \rightarrow B \text{ 등압과정: } PV = nRT \Rightarrow (\Delta P)V + P\Delta V = nR\Delta T \Rightarrow P\Delta V = nR\Delta T$$

$$W = P\Delta V \Rightarrow W = nR\Delta T$$

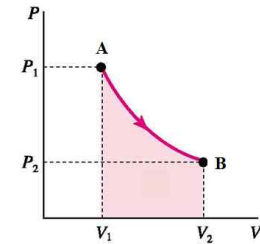
$$\Delta E = Q - W \Rightarrow Q = \Delta E + W = \frac{3}{2}nR\Delta T + nR\Delta T = \frac{5}{2}nR\Delta T = c_p n\Delta T$$

$$\text{정압 몰비열} \Rightarrow c_p = \frac{5}{2}R$$

[2012년 1학기 기말고사 주관식 3번] - 연습문제 14.6, 14.8, 14.9, 14.10 참고

[주관식 4] [15점]

아래 그림은 어떤 단원자 이상 기체의 상태가 A 에서 B 로 변화할 때 압력(P)과 부피 (V)의 관계를 보여준다. 이때, 다음 질문들에 답하여라.



(1) A 에서 B 로 변화하는 과정이 등온과정이고 $V_2 = 3V_1$ 일 때, P_2 는 P_1 의 몇 배가 되는가? [5점]

$$(\text{등온과정: } T = \text{일정} \rightarrow PV = \text{일정}) \quad PV = nRT = \text{상수}$$

$$\Rightarrow T_1 = T_2 \Rightarrow P_1 V_1 = P_2 V_2 \Rightarrow P_2 = \frac{V_1}{V_2} P_1 = \frac{V_1}{(3V_1)} P_1 = \frac{1}{3} P_1$$

(2) A 에서 B 로 변화하는 과정이 등온과정이고 $V_2 = 3V_1$ 일 때, 이 과정에서 기체의 내부에너지 변화량을 구하여라. [5점]

$$(\text{등온과정: } T = \text{일정} \rightarrow E = \text{일정} \rightarrow \Delta E = 0)$$

$$E = K = \frac{3}{2}Nk_B T = \frac{3}{2}nRT = \frac{3}{2}PV = \text{상수} \Rightarrow \Delta E = \frac{3}{2}nR\Delta T = 0$$

(3) A 에서 B 로 변화하는 과정이 단열과정이고 $V_2 = 3V_1$ 일 때, 상태 B 에서의 절대온도는 상태 A 에서의 절대온도의 몇 배가 되는가? [5점]

$$(\text{단열과정: } Q = 0) \quad (\text{단원자 이상기체: } \gamma = \frac{5}{3})$$

$$PV^\gamma = \text{상수} \Rightarrow P_1 V_1^{\frac{5}{3}} = P_2 V_2^{\frac{5}{3}} \Rightarrow P_1 V_1^{\frac{5}{3}} = P_2 (3V_1)^{\frac{5}{3}} = P_2 3^{\frac{5}{3}} V_1^{\frac{5}{3}}$$

$$\Rightarrow P_2 = \frac{V_1^{\frac{5}{3}}}{3^{\frac{5}{3}} V_1^{\frac{5}{3}}} P_1 = \frac{1}{3^{\frac{5}{3}}} P_1 = 3^{-\frac{5}{3}} P_1$$

$$PV = nRT \Rightarrow \begin{cases} P_1 V_1 = nRT_1 \\ P_2 V_2 = \left(3^{-\frac{5}{3}} P_1\right) (3V_1) = 3^{\left(-\frac{5}{3}+1\right)} P_1 V_1 = 3^{-\frac{2}{3}} P_1 V_1 \\ = 3^{-\frac{2}{3}} nRT_1 = nRT_2 \end{cases}$$

$$\Rightarrow T_2 = 3^{-\frac{2}{3}} T_1$$

[주의 사항] 주관식 문제는 상세한 풀이과정이 없으면 영점처리 됩니다.

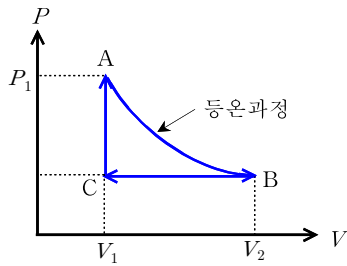
[2009년 1학기 기말고사 주관식 1번] - 예제 14.1, 14.2, 14.3,

연습문제 14.6, 14.8, 14.9, 14.10 참고

[주관식 5] [20점]

아래 그림과 같이 어떤 n 몰의 이상기체가 압력(P)-부피(V) 도표에서 압력 P_1 , 부피 V_1 인 A 상태에서부터 등온과정을 거쳐 부피가 V_2 인 B 상태로 된 후에 등압과정을 거쳐 C 상태로 되었다가 A 상태로 다시 돌아왔다고 하자.

아래 질문들에 몰수 n , 기체 상수 R , P_1 , V_1 , V_2 를 이용하여 답하시오.



(1) B 상태의 압력과 온도는 얼마인가? [5점]

(등온과정 : $T = \text{일정} \rightarrow PV = \text{일정}$)

$$PV = nRT = \text{상수} \Rightarrow T = \frac{PV}{nR}$$

$$\Rightarrow P_1 V_1 = P_2 V_2 \Rightarrow P_B = P_2 = \frac{P_1 V_1}{V_2}$$

$$\Rightarrow \frac{P_2 V_2}{nR} = T_B = T_A = T = \frac{P_1 V_1}{nR}$$

(2) $A \rightarrow B$ 등온과정 중에 기체가 외부에 한 일은 얼마인가? [5점]

$$\begin{aligned} W_{A \rightarrow B} &= \int_{V_1}^{V_2} P dV = \int_{V_1}^{V_2} \frac{nRT}{V} dV = nRT \int_{V_1}^{V_2} \frac{1}{V} dV \\ &= nRT [\ln V]_{V_1}^{V_2} = nRT (\ln V_2 - \ln V_1) = nRT \ln \left(\frac{V_2}{V_1} \right) \\ &= P_2 V_2 \ln \left(\frac{V_2}{V_1} \right) = P_1 V_1 \ln \left(\frac{V_2}{V_1} \right) \end{aligned}$$

(3) $B \rightarrow C$ 등압과정 중에 기체가 외부에 한 일은 얼마인가? [5점]

$$W_{B \rightarrow C} = P \Delta V = P_2 (V_1 - V_2) = \left(\frac{P_1 V_1}{V_2} \right) (V_1 - V_2)$$

(4) $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow A$ 전 과정 중에 기체가 흡수한 열량은 얼마인가? [5점]

(순환과정 : $\Delta E = 0$)

$$\Delta E = Q - W \Rightarrow 0 = Q - W$$

$$\Rightarrow Q = W = W_{A \rightarrow B} + W_{B \rightarrow C} + W_{C \rightarrow A}$$

$$= P_1 V_1 \ln \left(\frac{V_2}{V_1} \right) + \left(\frac{P_1 V_1}{V_2} \right) (V_1 - V_2) + 0$$

$$= P_1 V_1 \ln \left(\frac{V_2}{V_1} \right) + \left(\frac{P_1 V_1}{V_2} \right) (V_1 - V_2)$$

[2015년 1학기 기말고사 주관식 2번] - 연습문제 14.12, 14.14, 14.18, 14.22

연습문제 14.15, 14.16 참고

[주관식 6] [10점]

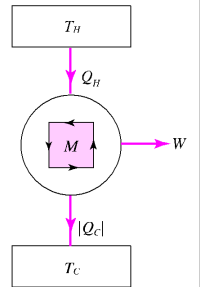
그림은 실제적인 열기관의 한 순환과정을 모식화한 것으로,

열역학 제1법칙을 이용하면 열효율은 $e = 1 - \frac{|Q_C|}{Q_H}$ 으로

정의할 수 있다. 다음 질문들에 답하시오.

(여기서 Q_H 는 양이며, Q_C 는 음이다.)

(1) 열역학 제2법칙을 고려하여, 한 순환과정 후, 열기관의 총 엔트로피 변화 ΔS 에 관한 부등식을 Q_H , $|Q_C|$, T_H , T_C 를 이용하여 나타내시오. [5점]



$$\Delta S = \Delta S_H + \Delta S_C = \frac{-Q_H}{T_H} + \frac{|Q_C|}{T_C} \geq 0$$

(2) (1)의 결과를 이용하여, 열효율 e 에 관한 부등식을 T_H 와 T_C 를 이용하여 나타내고, 가능한 최대 열효율 e_{\max} 를 구하시오. [5점]

$$e = 1 - \frac{|Q_C|}{Q_H} \Rightarrow \frac{|Q_C|}{Q_H} = 1 - e$$

$$\frac{-Q_H}{T_H} + \frac{|Q_C|}{T_C} \geq 0 \Rightarrow \frac{-T_C}{T_H} + \frac{|Q_C|}{Q_H} \geq 0$$

$$\Rightarrow \frac{-T_C}{T_H} + 1 - e \geq 0$$

$$\Rightarrow \frac{-T_C}{T_H} + 1 \geq e \Rightarrow e \leq 1 - \frac{T_C}{T_H}$$

$$e_{\max} = 1 - \frac{T_C}{T_H}$$

<수고하셨습니다.>