



## 04. 열에너지

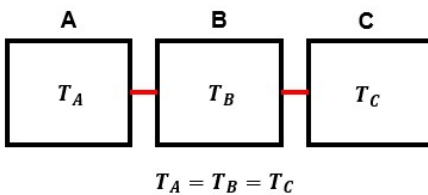
### 4-1. 열역학적 상태

#### ▣ 용어 정리

① 표의 용어에 해당하는 정의를 찾아 쓰시오.

용어	정의
계(system)	
주위(surrounding)	
열역학적 상태	
열역학적 평형	
열역학적 과정	
가역 과정	
비가역 과정	
상태함수	

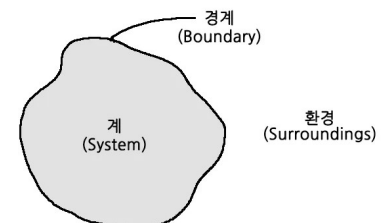
② 열역학 제 0법칙이란 무엇인지 설명하시오.



#### ▣ 열역학 제 1법칙

① 표의 열역학 제 1법칙을 이해해 보자.

- 계(system)와 주위(surrounding)를 정의하고 계의 3가지 종류를 설명하시오.



- 기체의 팽창 일(work of gaseous expansion)을 정의하고  $w = -P_{\text{ex}} \Delta V$ 에서 음(-)의 부호가 붙는 이유를 설명하시오.

- 열역학 제 1법칙  $\Delta U = q + w$ 를 설명하고 열역학 제 1법칙은 에너지 보존 법칙임을 설명하시오.

\* 내부 에너지(internal energy,  $U$ )란?

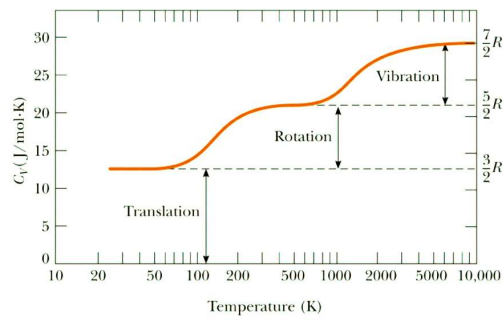
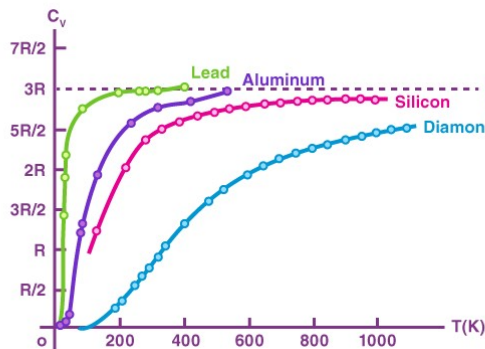


② 에너지 균등분배 정리는 열역학 법칙에 대한 흥미로운 통찰을 제공한다.

– 정압 몰열용량( $c_p$ ), 정적 몰열용량( $c_v$ )을 정의하고 두 몰열용량 사이에는  $c_v = c_p + R$ 의 관계식이 성립함을 설명하시오.

– 에너지 균등분배 정리를 설명하고 병진 운동, 회전 운동, 진동 운동에 따라  $c_p$ 와  $c_v$ 가 어떻게 변화하는지 설명하시오.

③ Dulong-Petit 극한은 금속 결정에서 고온일 때  $c_p \rightarrow 3R$ 임을 설명한다. 두 그래프 중 어떤 것이 이를 잘 표현하는지 찾고 그 원리를 설명하시오.



④ 열역학적 과정에 대한 다음의 표를 채우시오.

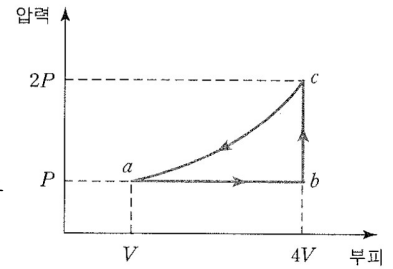
이름	등적 과정	등압 과정	등온 과정	단열 과정
영문명	isovolumetric	isobaric	isothermal	adiabatic
불변값				
internal energy 변화( $\Delta U$ )				
enthalpy 변화( $\Delta H$ )				
work( $w$ )				
heat( $q$ )				
그림	<p><math>Q = \Delta U, W = 0</math></p> <p>온도일정: 고온 <math>T_1</math> 온도일정: 저온 <math>T_2</math></p> <p>V 부피</p> <p>&lt;등적과정&gt;</p>	<p><math>Q = \Delta U + W</math></p> <p>온도일정: 고온 <math>T_1</math> 온도일정: 저온 <math>T_2</math></p> <p>V 부피</p> <p>&lt;등압과정&gt;</p>	<p><math>Q = W, \Delta U = 0</math></p> <p>온도일정: 고온 <math>T_1</math> 온도일정: 저온 <math>T_2</math></p> <p>V 부피</p> <p>&lt;등온과정&gt;</p>	<p><math>Q = 0, W = -\Delta U</math></p> <p>온도일정: 고온 <math>T_1</math> 온도일정: 저온 <math>T_2</math></p> <p>V 부피</p> <p>&lt;단열과정&gt;</p>



예1> 1몰의 단원자 이상기체가 그림과 같은 순환 과정을 거친다.

① 경로  $abc$ 를 따라서 기체가 팽창할 때 기체가 한 일을 구하라.

②  $b$ 에서  $c$ 로 갈 때, 한 순환 과정을 돌았을 때의 내부 에너지 변화를 구하라.



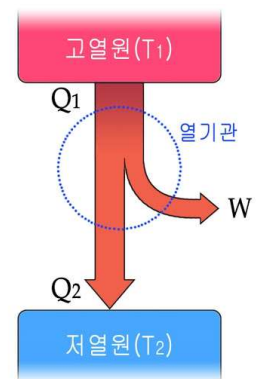
③ 기체가 단원자가 아닌 이원자(diatomic) 기체라면 어떤 변화가 나타나는지 정량적으로 설명하시오.

## 4-2. 열기관

### ▣ 열기관과 열효율, 엔트로피 증가의 법칙

① 열기관과 열효율을 정의하시오.

② 열역학 제 2법칙은 **엔트로피 증가의 법칙**으로 불린다. 열역학 제 2법칙을 설명하는 여러 과학자들의 표현을 3가지 이상 찾아서 쓰시오.

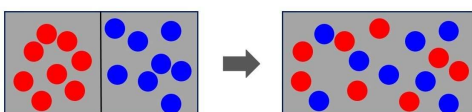


### ▣ 엔트로피

① 엔트로피란 무엇인지 정의하고 정적, 정압, 정온, 단열 과정에서의 엔트로피 변화를 설명하시오.

- 통계역학적 관점의 엔트로피(볼츠만) :
- 열역학적 관점의 엔트로피 :

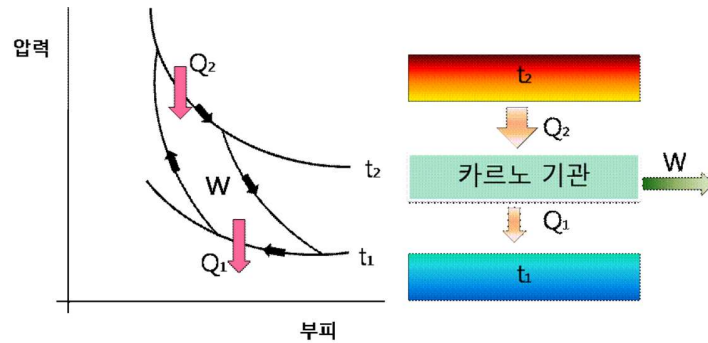
예2> 어떤 기체  $n$ 몰이  $V$ 의 실린더에서  $2V$ 의 실린더로 정온 팽창했다. 이 과정의 엔트로피 변화를 설명하시오.





### ▣ 카르노 기관(Carnot engine)

① 카르노 기관이 무엇인지 정의하고 카르노 기관의 각 과정에서의 일, 열효율을 구하시오.



※ 단열과정 :  $P_1 V_1^\gamma = P_2 V_2^\gamma$ ,  $T_1 V_1^{\gamma-1} = T_2 V_2^{\gamma-1}$

예3> 카르노 순환 과정에서 온도  $4T$ 에서 이상 기체가 등온팽창하고 온도  $3T$ 에서 등온 압축한다. 팽창하는 동안  $Q$ 의 열이 기체로 이동한다. 다음을 구하라.

- ① 등온팽창하는 동안 기체가 한 일
- ② 등온압축하는 동안 기체로부터 방출된 열
- ③ 등온압축할 때 기체에 가해진 열

예4> 카르노 기관이  $600K$ 의 고온체로부터 매 순환 과정에서  $500J$ 의 열을 받아  $300J$ 을 저온체로 보낸다.

- ① 매 순환 과정에서 기관이 하는 일은?
- ② 저온체의 온도는?
- ③ 기관의 열효율은?

예5> 1몰의 단원자 이상 기체가 그림과 같은 순환 과정을 거치는 기관의 작용물로 사용된다. 다음을 계산하라.

① 순환과정 당 한 일과 효율

② 순환 과정에서 팽창할 때 가해진 열

