

강의 계획서 (2006학년도 1학기)

교과목명	열역학		개설학과	기계항공공학부	
교과목번호	446.202A	강좌번호	004	학점 (총학점/설계학점)	3 / 0
담당교수	여재익	e-mail	jjyoh@snu.ac.kr	연락처	880-9334
과목 홈페이지	http://plaza.snu.ac.kr/~ecl				
수강대상	기계항공공학부 2학년	선수권장과목	일반물리		
강의시간	화,목 09:00-10:15	강의실	301동 204호		
강의조교	이경철, 이현희 880-7396, 7390	상담시간	교수: 금 15:00-18:00 By Appointment (302동 627호) 조교: 수 10:00-12:00 금 14:00-16:00 (302동 213호)		
교과목의 목표	자연의 법칙으로서 열역학의 기본법칙을 이해하고 물질의 열역학적 성질을 계산하고 이를 이용하는 방법을 습득하도록 한다.				
교과목 개요	열역학의 기본 법칙으로서 에너지 보존, 엔트로피 관계식과 이상기체, 수증기 등의 물질의 상태를 이해한다. 이를 이용하여 동력을 발생시키거나 동력을 이용하여 물질의 상태를 변화시키는 각종 동력사이클과 냉동 사이클에 대하여 학습한다.				
교과목의 전문분야 예의 기여도	공학의 모든 분야에서 필요한 물질의 성질을 이해하고 에너지변환의 해석 방법을 습득하여 추후 각종의 에너지시스템을 설계하고 해석하는데 중요한 역할을 담당한다.				
교재 및 참고서	교과서	노승탁, "최신 공업 열역학", 문운당			
	참고서	Sonntag, Borgnakke, Van Wylen, "Fundamentals of Thermodynamics," 6th Ed.			
수업진행 방식	강의 (80%), 모형 및 프로그램실습 (10%), 토론 (10%)				
성적평가 방법	중간고사 2회(50%), 기말고사(35%), 과제물 및 출석(15%)				

여재익, jjyoh@snu.ac.kr, (02) 880-9334 - 2006 Spring - 1



강의진행계획

주	강의내용	비고
1	과목소개, 열역학의 구분, 고전열역학과 통계열역학	
2	열역학 용어와 개념 및 수학적 지식, 완전미분, 적분인자	
3	상태방정식과 열역학적 성질, 이상기체, 순수물질, 상평형, 증기표	
4	밀폐시스템에서 열역학 1법칙, 단열일, 비열, 엔탈피	
5	개방 시스템에서 열역학 1법칙, 정상상태	중간고사1
6	열역학 2법칙, 방향성과 엔트로피 계산	
7	개방 시스템에서 열역학 2법칙, 공식화	
8	열역학 일반 관계식, Maxwell 관계식, Exergy	
9	수증기 공기 냉매의 열물성 계산 프로그램 소개, PROPATH	
10	증기동력 사이클, 기본 랭킨 사이클, 재열 및 재생 사이클	중간고사2
11	기체사이클, Otto 사이클, Diesel사이클, 가스터빈사이클	
12	냉동 사이클, 증기 냉동 사이클, 흡수냉동 사이클, 공기냉동 사이클	
13	이상기체 혼합물의 성질, 내부에너지와 엔탈피, 엔트로피	
14	화학반응과 연소, 화학반응 시스템의 에너지식	
15	동력발생, 연료전지, 복합열병합 발전 하이브리드	
16	과목의 정리 및 평가	기말고사

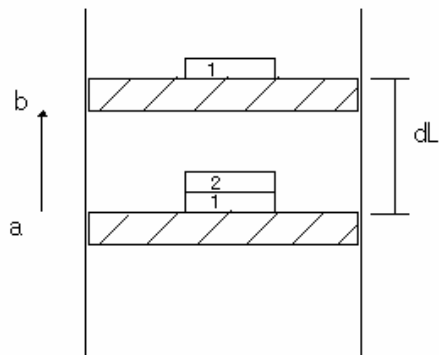
여재익, jjyoh@snu.ac.kr, (02) 880-9334 - 2006 Spring - 2



Chapter 2 continued...

• Quasi-equilibrium Process (준 평정과정)

We consider the work done at the moving boundary of a simple compressible system.



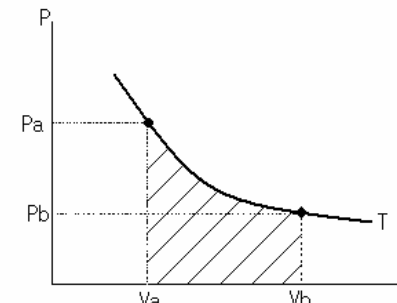
Remove weight 2, causing the piston to rise.

• The work done by the system (gas)

$$\delta W = p A dL$$

$$= p dV$$

dV=change in volume of gas



$$W = \int_a^b \delta W = \int_a^b p dV \quad (*)$$

For AIR

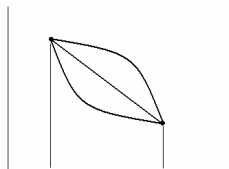
여재익, jjyoh@snu.ac.kr, (02) 880-9334 - 2006 Spring - 3



여재익, jjyoh@snu.ac.kr, (02) 880-9334 - 2006 Spring - 4



- Path dependence



- In other word, there exists many non-unique quasi-equilibrium paths.
OR
- Work is a path function and δW is an inexact differential (경로함수).
- Note: Quasi-equilibrium means:
end states (a, b) are in equilibrium, but the process is not.
- Quasi-equilibrium에서만 “일”이 정의됨.

- Note1)
 - The relationship between p and V is given in term of experimental data or graphical form.
- Note2)
 - The relation between p and V makes it possible to fit an analytical relationship between them.
ex) Let $pV^n = \text{constant}$ – “polytropic process”
- Then we can evaluate equation (*) as follows:

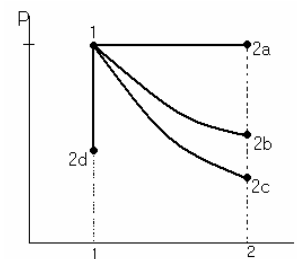
- For $n \neq 1$,

$$\begin{aligned}
 W &= \int_a^b p dV = \int_a^b cV^{-n} dV \\
 &= c \frac{V^{-n+1}}{-n+1} \Big|_a^b = \frac{pV^n V^{-n} V}{-n+1} \Big|_a^b \quad (\text{sub } pV^n = c) \quad (**) \\
 &= \left(\frac{1}{1-n}\right)(p_b V_b - p_a V_a)
 \end{aligned}$$

- For $n = 1$, $pV = c$

$$\begin{aligned}
 W &= \int_a^b p dV = \int_a^b \frac{c}{V} dV = c \ln V \Big|_a^b \\
 &= p_a V_a \ln \frac{V_b}{V_a} \quad \text{or} \quad p_b V_b \ln \frac{V_b}{V_a} \quad (***)
 \end{aligned}$$

- Ex)



- (a) $\int_1^{2a} p dV = p_1(V_2 - V_1)$
- (b) Let $pV = c$ we found (***), $\int_1^{2b} p dV = p_2 V_2 \ln \frac{V_2}{V_1}$
- (c) Let $pV^{1.3} = \text{const.}$ from (***),
 $\int_1^{2c} p dV = \left(\frac{1}{1-1.3}\right)(p_2 V_2 - p_1 V_1)$
- (d) $\int_1^{2d} p dV = 0$

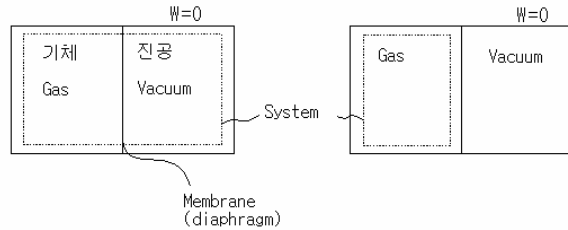
- Remarks on Work

1) In all quasi-equilibrium processes, the work is given by the integral of the product of an intensive property and the change of an extensive property.

$$\text{일} = \int (\text{강도성 상태량}) \times d(\text{종량성 상태량})$$

2) Work can be identified only at the boundaries of the system.

Assume membrane breaks at $t > 0$

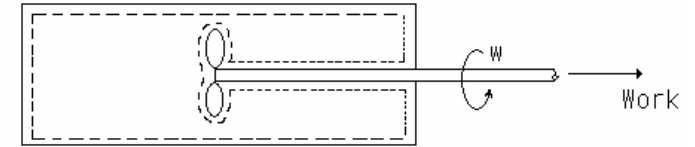


계의 경계 외 일이 정의되지 않는다.

자유팽창
Quasi-equilibrium(준평형과정)의 일이 아님으로 일이 정의 안됨.

After breaking membrane, → In both, $W=0$

3)



- Work is defined at the boundary
- Work delivered by a shaft (축)
- Torque, T, (Force)
- ω , spin rate

$$\dot{W} = T\omega$$

- Definition of Heat

HEAT ≡ The form of energy that is transferred across the boundary of a system at a given temperature to another system (or a surrounding) at a lower temperature by virtue of the temperature difference between the two systems.

- Units of Heat 열의 단위

Heat: Q

Unit(단위): Joule

$Q > 0$: heat transferred to a system (계로)

$Q < 0$: heat transferred from a system (계로부터)

$Q = 0$: adiabatic process 단열과정

- Heat, like work, is a path function(경로함수) and thus an inexact differential (불완전 미분).

- We also use heat transfer per unit mass

$$q \equiv \frac{Q}{m}$$

- Comparison of Work and Heat

1. They are both transient phenomena (과도현상).
2. They are both boundary phenomena (경계현상).
3. They are both path functions and inexact differentials (경로함수 + 불완전 미분).

- Note:

1. +Q : 계로 전달된 열 (에너지가 계속 계로 추가된다.)
2. +W : 계에 의하여 전달된 일 (에너지가 계로부터 방출.)

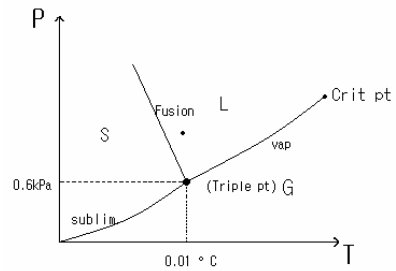
Preview of Chapter 3

- Properties of Pure Substance

Phase diagram

For Water

Along these lines,
two phases are
in equilibrium



[p-T diagram for water](#)

- Triple pt at 0.01 °C, 0.6113 kPa
(where $10^5 \text{ Pa} = 1 \text{ atm}$ and $0.006 \times 10^5 \text{ Pa}$)
 - the state in which all 3 phases may be present in equilibrium.
- Sublimation line.....(both Vapor & Sol exist in equilibrium)
- Vaporization line.... (both Vapor & Liquid exist in equilibrium)
- Fusion line(both Solid & Liquid exist in equilibrium)

- Beyond Critical point, no distinct changes from L to V.