

19. 열역학의 성립

- 17C 기계적 철학의 영향: 열의 본질은 물질 입자의 운동(베이컨, 보일, 뉴턴)
- 18C 열은 '칼로릭'이라는 무게가 없는 물질입자('칼로릭 이론')

[칼로릭 이론]

- 열의 출입에 의한 온도의 변화는 그 물체가 칼로릭을 흡수/방출해서 생기는 것.
- 고체 물질입자 + 칼로릭 → 액체(고체가 열을 받아 액체가 됨)
- 액체 + 칼로릭 → 기체
- 두 물체의 마찰 → 칼로릭이 빠져 나옴(마찰열)
⇒ 마찰열은 무한히 계속 된다: 칼로릭 이론의 문제.

[카르노의 원리]

- 칼로릭 이론에 바탕 해서 열의 전달과 흡수, 이에 수반되는 온도의 변화와 온도, 기울기 등에 관한 수학적 이론을 얻어 내려함.
- 열기관의 열효율에 관한 문제(열기관이 사용한 열과 '일'즉 역학적 에너지의 관계)
→ 이 문제에 대한 기초를 놓은 사람이 카르노.
- 카르노: 카르노의 원리
 - 칼로릭이 높은 온도에서 낮은 온도로 이동하면서 일을 한다.(물이 높은 곳에서 낮은 곳으로 이동하면서 일을 하듯이...)
 - 열기관의 열효율은 그 열기관을 구성하는 두 온도만의 함수이다.

[일과 열의 상호변환: 열역학 제 1법칙]

- 칼로릭 이론의 퇴조
- 역학적 에너지와 열, 화학적 에너지 등이 서로 변환될 수 있음(1830년대)
- 영국과 프랑스 중심의 계몽사조: 지나치게 기계적·실험적·수학적 자연관.

- 독일 중심의 자연 철학 주의: 자연에 대한 생명, 신비함, 통일성, 감성 등을 부여.
 - 여러 가지 자연 현상들을 모두 포괄하는 ‘힘’또는 ‘에너지’개념 도입.
 - (전기, 자기, 빛, 소리, 열, 화학 및 역학현상 등 여러 형태로 나타남)
- ⇒ 열역학 제 1법칙(에너지 보존 법칙)발견: 마이어, 헬름홀츠, 줄
- 마이어: 음식물의 화학적 에너지, 열, 역학적 에너지(일) 등이 상호 변환 가능한 같은 종류의 양.
- 헬름홀츠: 동물체의 열의 근원, 역학에서의 에너지 보존의 법칙이 모든 에너지를 포함해야 함.
- 줄: 일과 열 사이의 상화변환 계수의 정확한 측정에 성공

[열역학 제2법칙과 ‘엔트로피’]

- 톰슨: 줄과 카르노의 생각이 모순 됨 발견 → 클라우지우스와 톰슨의 열역학 제2법칙 발견.
 - 클라우지우스: 카르노의 원리가 유지됨을 증명(열기관의 효율이 두 온도에만 관계됨.)
 - 톰슨: 아무런 변화 없이 주위에서 열을 흡수해서 일을 하는 것이 불가능.
(예, 바다에서 배가 주위의 수온(열)을 흡수하여 역학적 에너지로 변형시킨 후 이동하는 것은 불가능)
 - ⇒ 열역학 제2법칙: 일과 열의 변화에 대한 방향성 제한
(cf. 열역학 제1법칙: 열과 일을 포함한 변화에 있어 그 합이 보존됨, 양적인 관계)
 - ‘엔트로피’ (15년간에 걸친 클라우지우스의 노력): 한 가지 방향으로 만 변하는 물리적 양을 수학적으로 정의.
 - 톰슨: 비가역적 관점, 물질세계에서 역학적 에너지의 낭비를 향한 에너지의 일반적 경향.
- *클라우지우스가 우주의 2가지 기본 법칙을 제시:
- ⇒ 1. 우주의 에너지는 일정하다.
 2. 우주의 엔트로피는 항상 증가한다.

[엔트로피 개념에 대한 이해]

- 에너지: 우주의 모든 변화를 통해서 항상 보존.
- 엔트로피: 우주의 변화가 방향성을 나타내주면서 항상 증가하는 양.
 - 엔트로피의 물질적 의미 부여는 확률적인 방식으로 설명됨.

상태 1 → 상태 2 (확률이 높은 상태)



엔트로피가 높은 상태

- 볼츠만: 엔트로피가 확률의 로그에 비례함.

어떤 기체계의 분자들이 질서 있는 배열로부터 시작해서 움직여 간다면
점점 무질서한 배열(확률이 큰 상태)로 가게 됨.

- 카드놀이의 예(p.214)

- 어느 물리적 과정에서든 무질서함이 증가.

- 엔트로피 감소하는 경우의 확률은 극히 미비 → 거의 불가능에 가까움.(예, 컵 속에서 물분자의 이동)
(열역학 제 2법칙은 확률적 법칙)

• 볼츠만: 열역학 제 2법칙을 확률법칙의 직접적 표현으로 만듦.

엔트로피는 모든 물리적 상태에 적용 가능해진 정의를 지니게 됨.

$E = - \sum_i p_i \log_2 p_i$. 어느 경우 Entropy가 큰 가? Entropy의 물리적 의미(불확실성)와 함께 설명.

예) 경우 A : $p_1 = 0.5, p_2 = 0.5$, 경우 B : $p_1 = 0.75, p_2 = 0.25$ (p_1 : 동전앞면이 나올 확률, p_2 : 동전뒷면이 나올 확률).