

4조 팀 프로젝트

조원 : 이현호 백아람 이광연

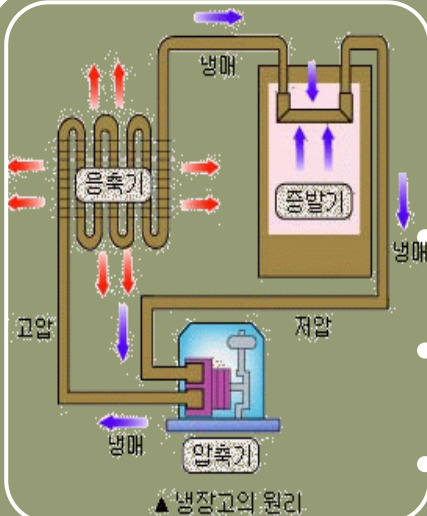
냉

장

고



개요



냉장고의 원리

기본 원리

냉장고와 열역학

냉장고와 효율

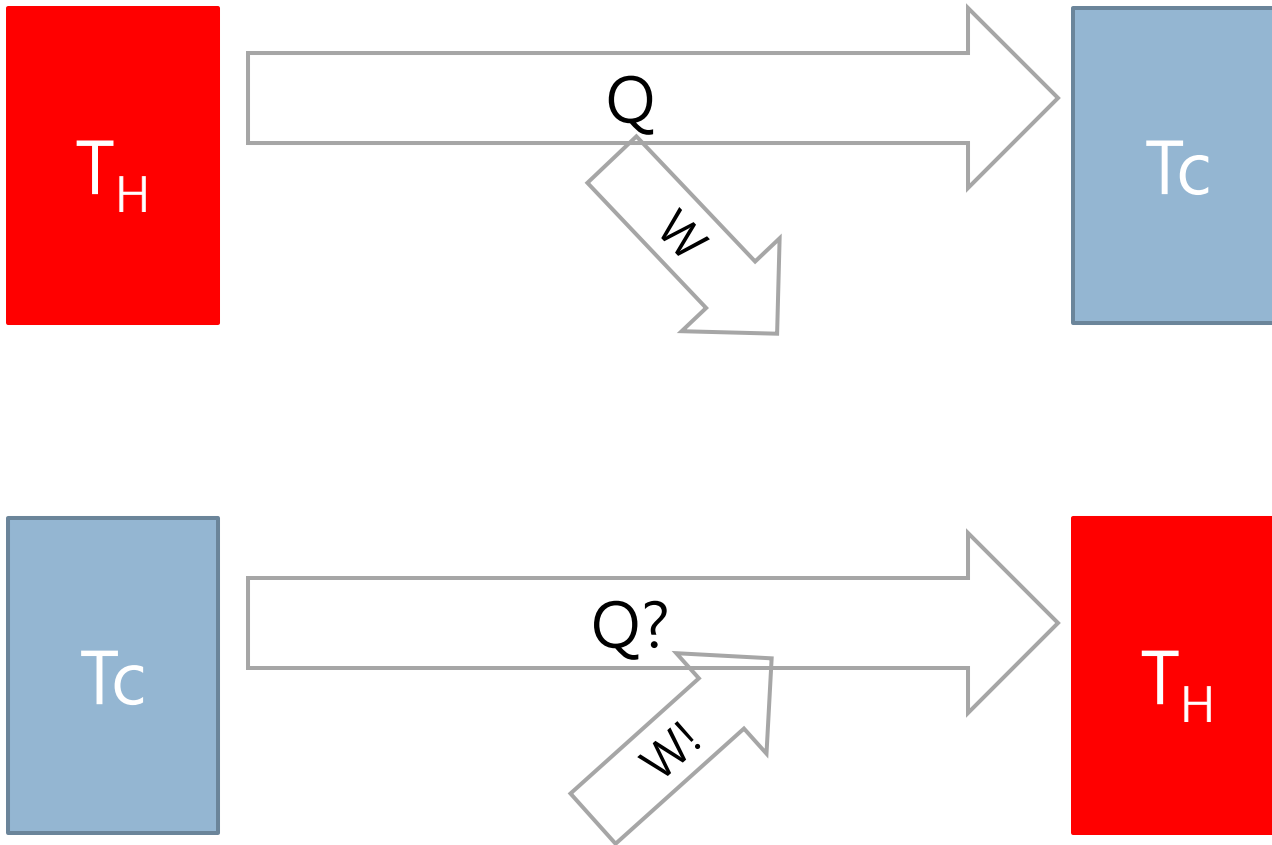


냉장고 문을 열어 놓으면 시원해질까?

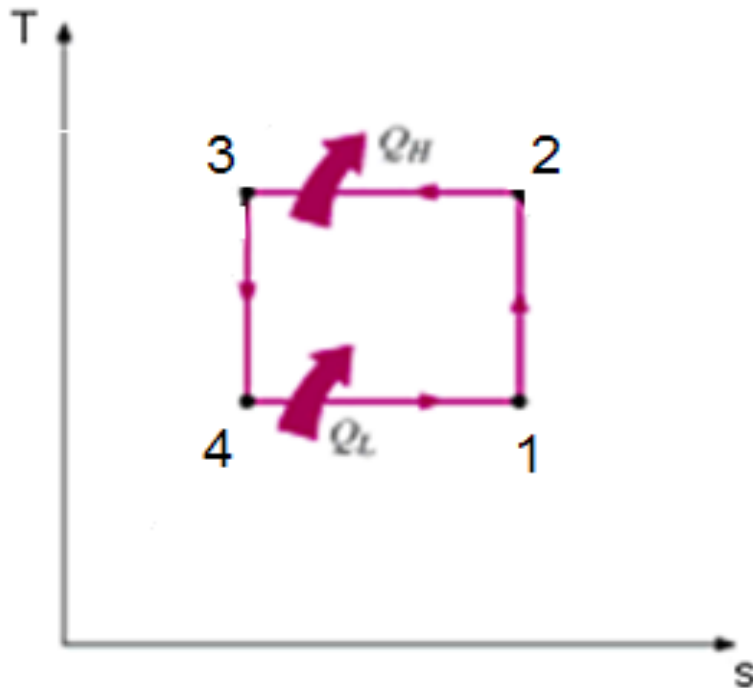


냉장고에 성에는 왜 생기일까?

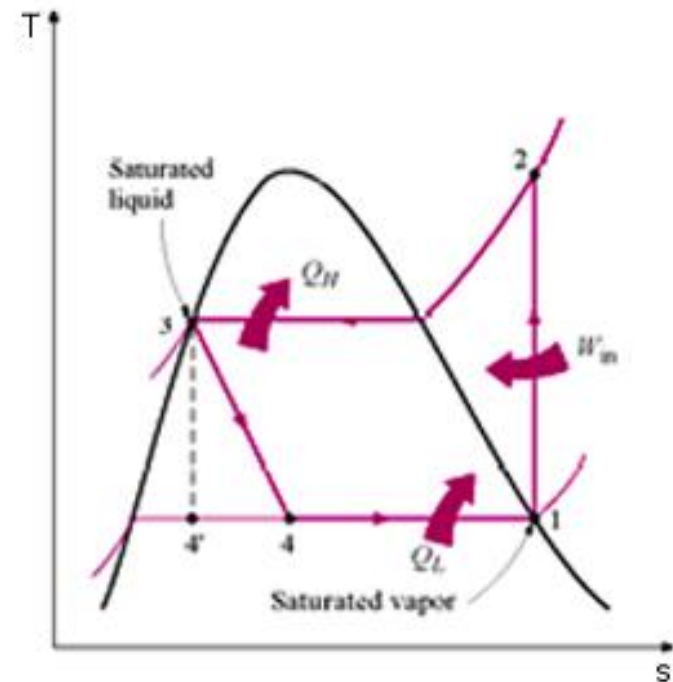
열에너지의 흐름



냉장고의 원리



- 1→2 : 냉매 온도상승(단열압축)
- 2→3 : 외부 열 방출(등온압축)
- 3→4 : 냉매 온도하강(단열팽창)
- 4→1 : 내부 열 흡수(등온팽창)

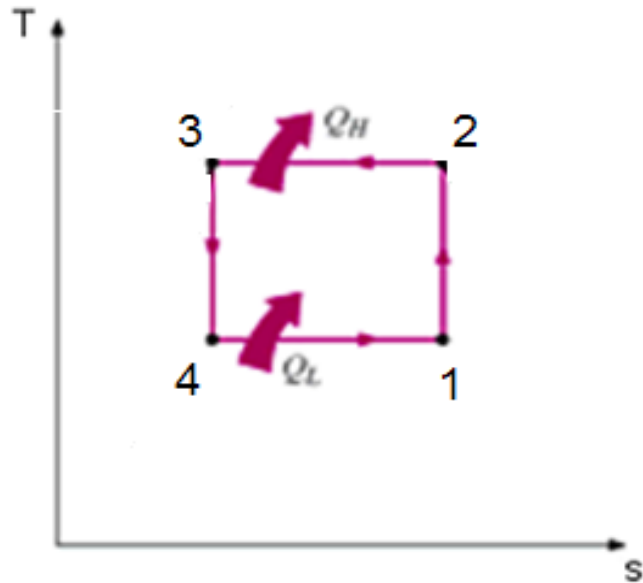


- 1→2 : 냉매기체 온도상승(단열압축)
- 2→3 : 외부 열 방출(등온압축+상전이)
- 3→4 : 냉매 온도하강(단열팽창+상전이)
- 4→1 : 내부 열 흡수(등온팽창+상전이)

냉장고의 효율 계산

$$COP = \frac{Q_c}{W} = \frac{Q_c}{Q_H - Q_c}$$

It can be greater than 1!



$$Q_H = T_H (S_b - S_a)$$

$$Q_C = T_C (S_b - S_a)$$

$$COP = \frac{T_C}{T_H - T_C}$$

냉매의 종류와 조건

- 상전이할 때 잠열의 크기가 클 것.
- 끓는점 온도가 적당할 것.
- 폭발하지 않을 것.
- CFCs(1930s, 오존층 파괴)
 - HFCs(1970s, 온실가스)
 - i-butane(late 1990s, ??)

냉장고 문을 열어 놓으면 방
안이 시원해질까?

System



가정

1. 방 안을 System이라 놓는다.
2. 방은 부피가 변하지 않음 => isochore
3. 방 내부와 외부 공기의 열 교환은 없다고 가정

가정

=> adiabatic

4. 초기 온도 T_0 , 방 부피 27m^3

문 연 직후

: 확산으로 인해

일시적으로 기온이 하강

$$\frac{dQ}{dt} = h \cdot A(T_{\text{env}} - T(t)) = -h \cdot A\Delta T(t)$$



Q = Thermal energy in joules

h = Heat transfer coefficient

A = Surface area of the heat being transferred

T = Temperature of the object's surface and interior

T_{env} = Temperature of the environment

$\Delta T(t) = T(t) - T_{\text{env}}$ is the time-dependent thermal gradient between environment and object

$$\frac{dT(t)}{dt} = -r(T(t) - T_{\text{env}}) = -r\Delta T(t)$$

$$\because Q = C\Delta T$$

$r = h \cdot A/C$ [s^{-1}] is a positive constant characteristic of the system
 $= (\Delta Q/A\Delta T\Delta t) \cdot A/C = 1/\Delta t$

$$T(t) = T_{\text{env}} + (T(0) - T_{\text{env}}) e^{-rt}.$$

$\Delta T(t)$ is defined as : $T(t) - T_{\text{env}}$,

$\Delta T(0)$ is the initial temperature difference at time 0.

$$\Delta T(t) = \Delta T(0) e^{-rt} = \Delta T(0) e^{-t/t_0}.$$

시간이 흐른 후 (heat transfer < electric work)

- 열역학 1법칙에 의해 방 안의 에너지는 보존 된다.
- (내부 에너지 변화량) = (열) + (일의 양)
= (열) + (부피 일) + (전기적 일)

$$\Delta U = \Delta Q + P\Delta V + \Delta W(\text{elec})$$

그런데, 이 과정은 등적과정이고 단열과정이기 때문에

$$\Delta Q + P\Delta V = 0 + 0 = 0$$

$$\therefore \Delta U = c_{v,d} \times m \times \Delta T = \Delta W(\text{elec})$$

$$(718 \text{ J/kg}\cdot\text{K}) \times (27\text{m}^3 \times 0.02897\text{kg/mol}) / (22.4 \times 10^{-3}\text{m}^3/\text{mol}) \\ \times (T - T_0) = \Delta W(\text{elec})$$

□ $T - T_0 = \Delta W(\text{elec}) / 25071.98 \text{ K}$

$$T = 298\text{K} + \Delta W(\text{elec}) / 25071.98 \text{ K}$$

$\Delta W(\text{elec})$ 는 항상 양수이므로

항상 $T - T_0 > 0$ 이다. 즉, 나중 온도가 더 높다.

=> 냉장고 문을 열어두면 계의 온도는 처음보다 올라가게 된다.

만약 한 달 소비전력 40kWh인 750L냉장고를 한 시간 동안 열어둔다면

한 시간 동안 공급받는 일의 양은 $(40000 \times 3600\text{J}) / (30 \times 24\text{h}) = 200\text{kJ}$ 이고

$$\Delta T = 2000000 / 25071.98 = 7.977 \text{ K} \Rightarrow \text{약 } 8^\circ\text{C} \text{ 상승한다!!}$$

냉장고에 성에는 왜 생길까?

성애가 낄 때의 문제점



1. 열전도 효율이 떨어진다.
2. 밀폐를 막게 된다.
3. 냉장고 내부 부품을 손상시킨다.

그렇다면 성애는 왜 생길까?

성애가 생기는 원리

- 성애가 생기는데 필요한 것 : 수증기
- 수증기의 공급원 ? 음식.
- 냉동칸 근처는 영하, 냉장고 안은 영상.
- 물방울과 얼음이 공존하는 상황 발생.
- By Bergeron process.

Bergeron process란?

- 구름에서 빙정 입자가 성장하는 과정
- 같은 온도에서 물의 포화수증기압이 얼음보다 크기 때문에 일어남
- 물 입자와 얼음 입자가 동시에 존재할 때 물 입자 표면에서는 증발이, 얼음 입자 표면에서는 승화가 일어나는 현상
- 물 입자 주변의 수증기가 핵산의 형태로 얼음 주변으로 이동

Bergeron process

1. 냉장고의 차가운 부분이 존재.
2. 냉장고 안에 조그만 얼음이 생성
3. Bergeron process에 의해 얼음이 수증기를 흡수
4. 성에가 냉장고 안에서 폭발적으로 성장
5. 수증기 확산계수를 알면 얼음의 성장속도 계산 가능.
(미분방정식의 해를 구해야 함)


$$\frac{\eta}{E}$$