

입김으로 얼음얼리기

1조 김다솔 김병권 노주철

개요

- ▶ 연구주제
 - 입김이란
- ▶ 연구목표
- ▶ 연구방법
 - 기본 가정 설정

개요

- ▶ 단열팽창
- ▶ 혼합 과정
 - 2단계 과정
 - 3단계 과정

개요

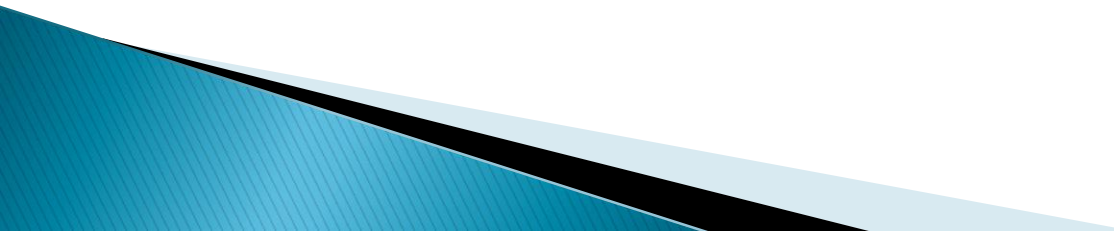
- ▶ 시사하는 바
- ▶ 참고 문헌

연구주제

▶ 입김이란

- 입에서 나오는 바람. 본 프로젝트에서 입김은 입바람.
- 입김은 왜 차가울까?
- 입김은 얼마나 차가울까?
- 왜 그런 현상이 나타나는 것일까?

연구 목표

- ▶ 입김의 온도 변화를 열역학적으로 설명해본다.
 - ▶ 입김의 온도 변화 정도에 영향을 주는 변수들을 생각해보고, 이 변수들 간의 관계를 수식으로 나타내 본다.
 - ▶ 위에서 얻은 관계식을 이용하여 입김을 불어 얼음을 얼리기 위한 조건을 찾아본다.
- 

연구 방법

▶ 기본 가설 설정

1. 슈퍼맨이 시스템에 미치는 영향은 무시한다.
2. 입김은 이상기체이다.
3. 입김의 온도는 단열 팽창에 의해 하강할 것이다.

연구 방법

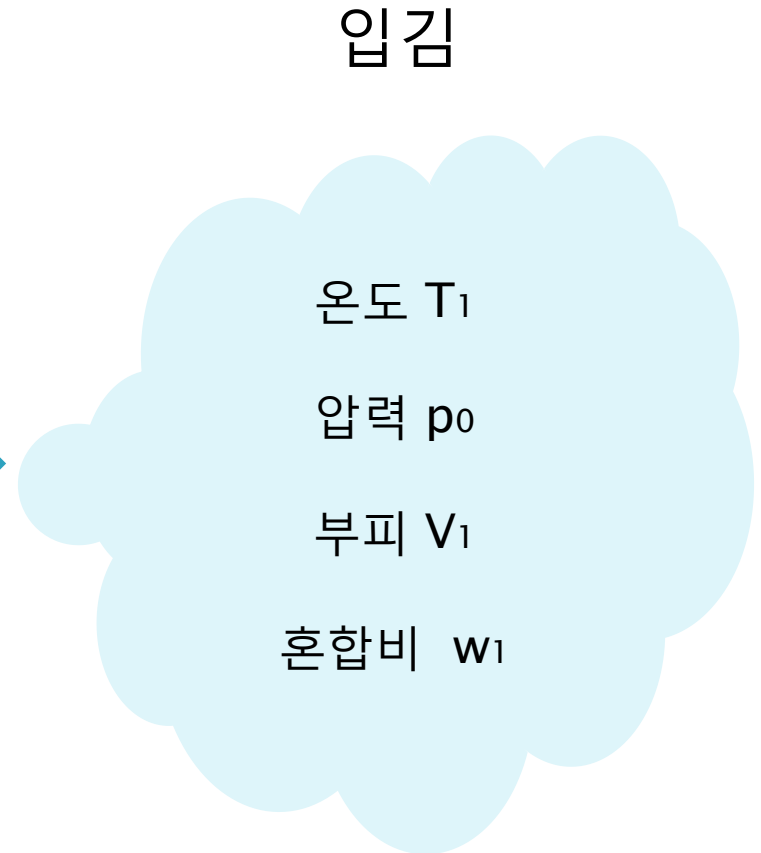
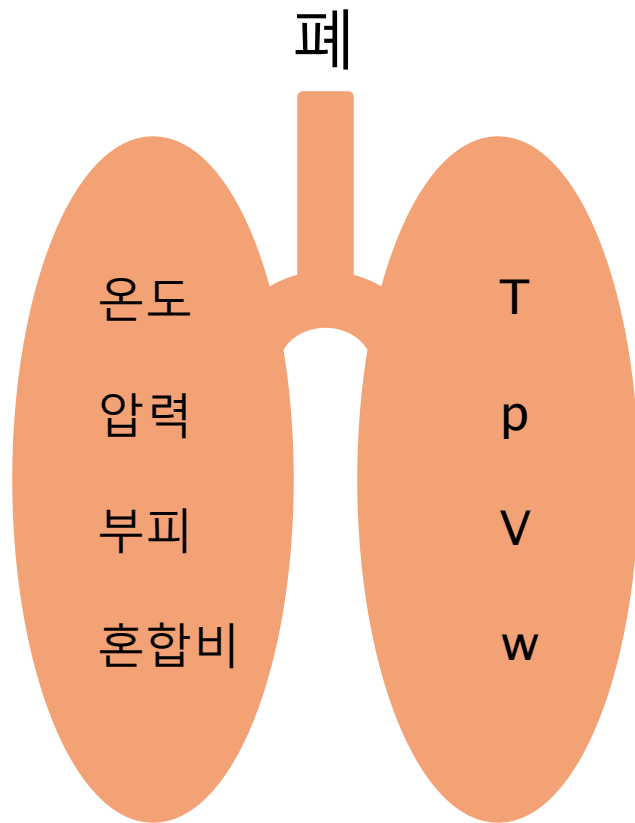
▶ 기본 가설 설정

4. 전 과정은 horizontal mixing이다.

5. 입김은 한번에 한 덩어리가 나온다.

6. 폐의 압력에 의해 폐속 공기가 액화되는 현상은 무시하며, 과정에 영향을 미치지 않는다고 가정한다.

단열 팽창



단열 팽창

$$T p^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} = T_1 p_0^{\frac{1-\gamma}{\gamma}}$$



$$p V^{\gamma} = p_0 V_1^{\gamma}$$

$$T_1 = T \left(\frac{p}{p_0} \right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}}$$

$$V_1 = V \left(\frac{p}{p_0} \right)^{\frac{1}{\gamma}}$$

$$w_1 = \frac{\epsilon e}{p_0} = \dots \simeq 0$$

혼합 과정

- ▶ 2단계 과정
- ▶ 3단계 과정

2단계 과정

- ▶ 기본 가정
- ▶ Isobaric, adiabatic process
- ▶ Environment와의 혼합을 무시한다.
- ▶ System의 구성 : 입김, 물(2가지)

2단계 과정

입김

온도 T_1

압력 p_0

부피 V_1

질량 m_1



물

온도 T_2

압력 p_0

부피 V_2

질량 m_w

2단계 과정

$$T_f > 0$$

$$dQ_t = \dots \dots \dots$$
$$dQ_1 = T_f = \frac{c_{pd}m_1 T_1 + c_w m_w T_2}{c_{pd}m_1 + c_w m_w}$$

$$dQ_1 + dQ_2 = C_{pd}\Delta T + C_w\Delta T$$
$$= c_{pd}m_1(T_f - T_1) + c_w m_w(T_f - T_2) = 0$$

2단계 과정

$$T_f = 0$$

$$T_f = \frac{c_{pd}m_1 T_1 + c_w m_w T_2 - l_f \Delta m_w}{c_{pd}m_1 + c_w m_w}$$

$$\begin{aligned} dQ_1 + dQ_2 &= C_{pd} \Delta T + C_w \Delta T \\ &= c_{pd}m_1 (T_f - T_1) + c_w m_w (T_f - T_2) \\ &\quad + l_f \Delta m_w = 0 \end{aligned}$$

2단계 과정

$$T_f < 0$$

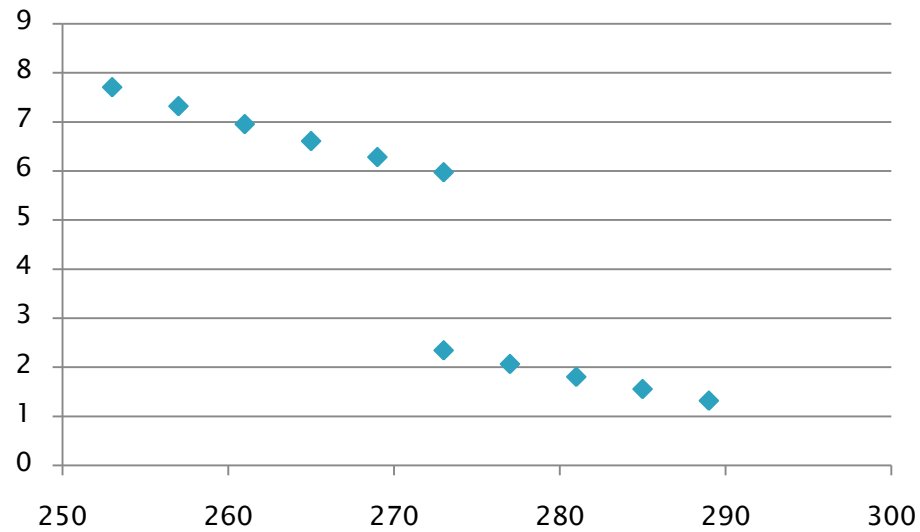
$$dQ_t = dQ_1 + dQ_2 = 0$$

$$T_f = \frac{c_{pd}m_1 T_1 + c_w m_w (T_2 - T_0) - l_f m_w + c_i m_i T_0}{c_{pd}m_1 + c_i m_i}$$

$$\begin{aligned} dQ_1 + dQ_2 &= C_{pd} \Delta T + C_w \Delta T \\ &= c_{pd}m_1 (T_0 - T_1) + c_w m_w (T_f - T_2) \\ &\quad + l_f m_w + c_i m_i (T_f - T_0) = 0 \end{aligned}$$

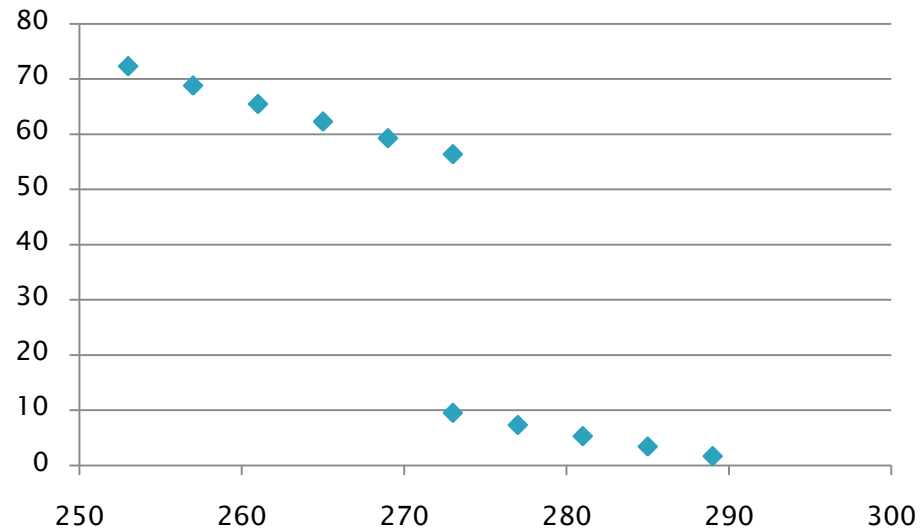
2단계 과정

T (K) m_w (kg)
310 0.01



2단계 과정

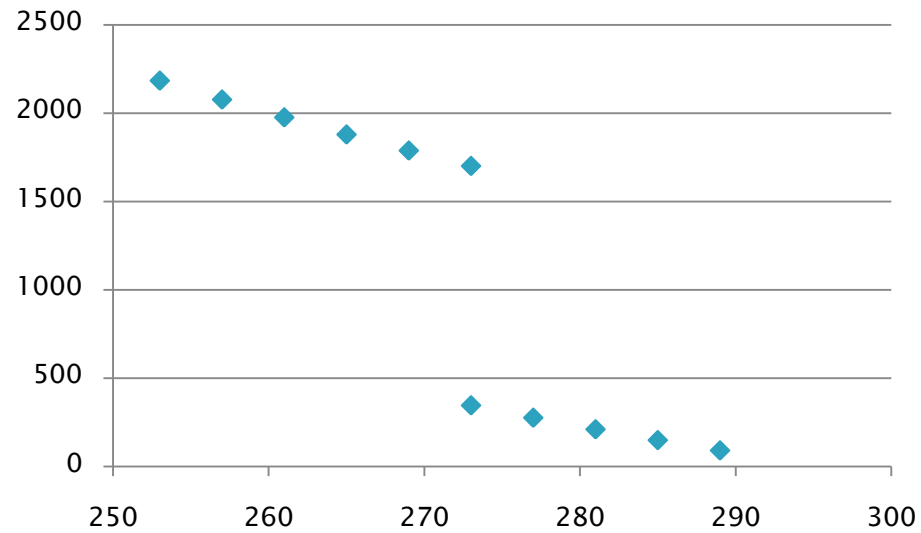
T (K) m_w (kg)
310 0.1



2단계 과정

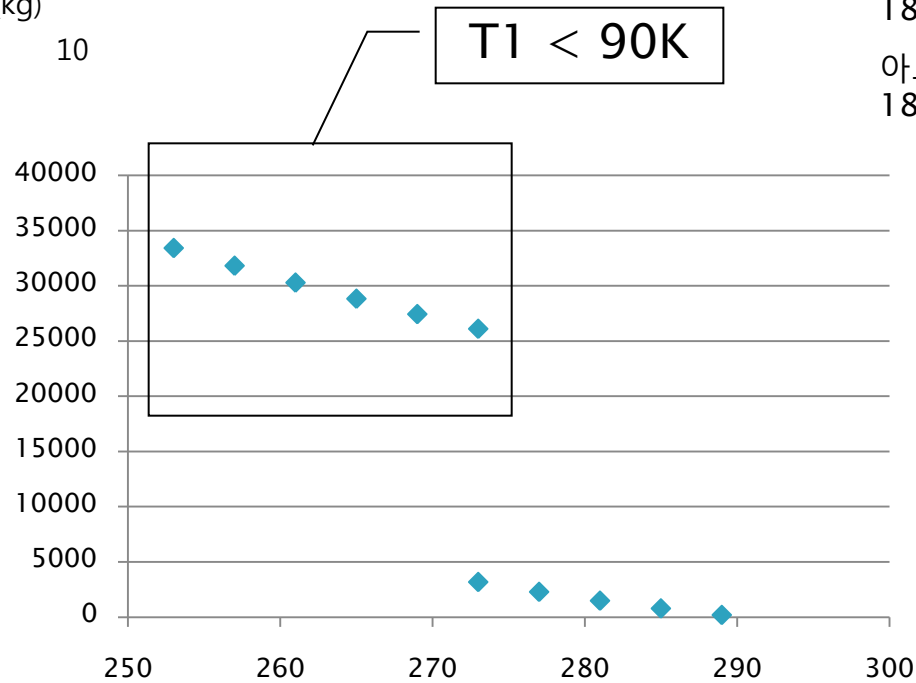
T (K) m_w (kg)

1000 1



2단계 과정

T (K) m_w (kg)
1000 10

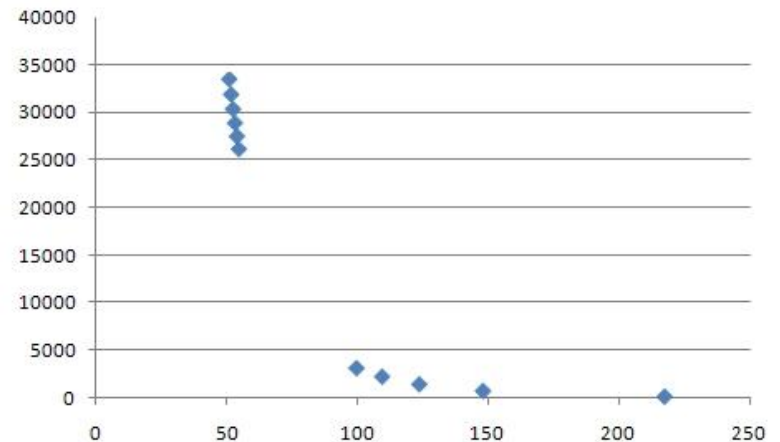
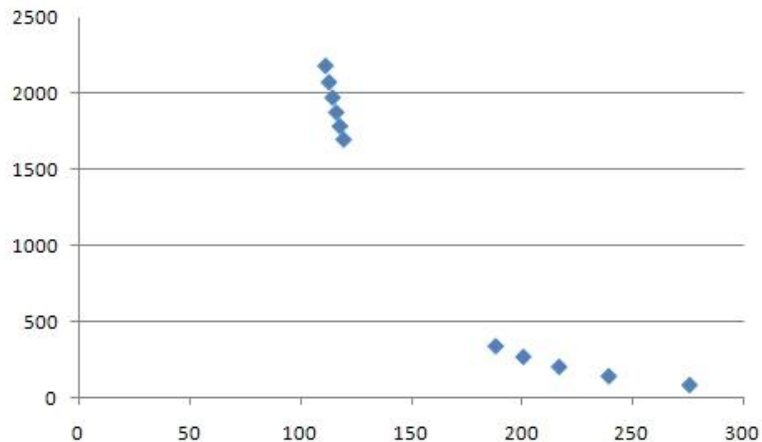
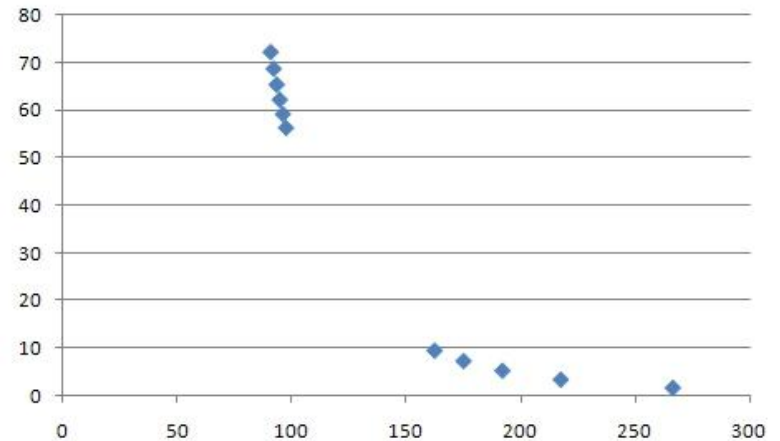
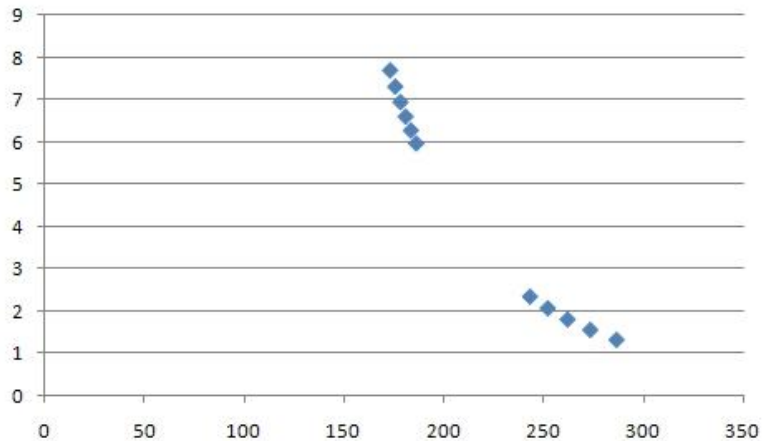


질소의 끓는점 = $-195.8^{\circ}\text{C} = 77.2\text{K}$

산소의 끓는점 = $-182.96^{\circ}\text{C} = 90.04\text{K}$

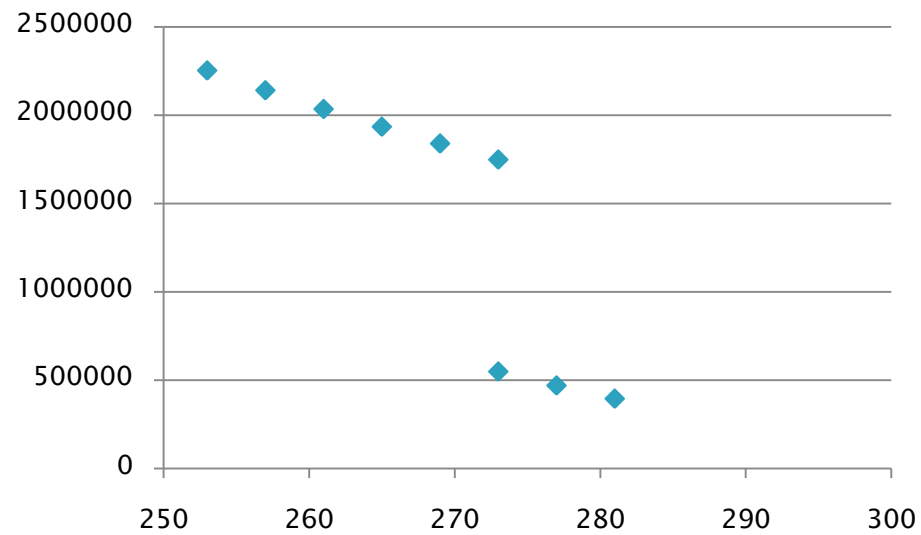
아르곤의 끓는점 = $-185.7^{\circ}\text{C} = 87.3\text{K}$

온도를 높이는 이유

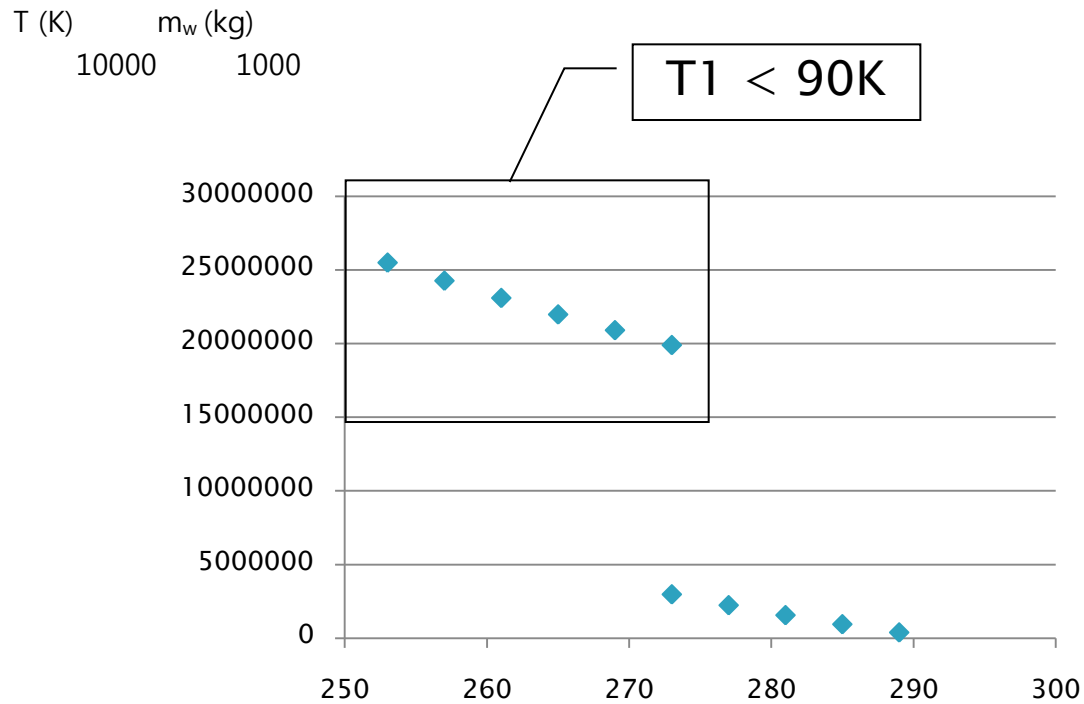


2단계 과정

T (K) m_w (kg)
10000 100



2단계 과정



3단계 과정

- ▶ 기본 가정
- ▶ Isobaric, adiabatic process
- ▶ Environment와의 혼합을 무시한다.
- ▶ System의 구성 : 입김, 외부공기, 물(3가지)

3단계 과정

입김

혼합공기

외부공기

온도 T_1

압력 p_0

부피 V_1

질량 m_1

온도 T_{mix}

압력 p_0

부피 V_{mix}

질량 m_t

온도 T_1

압력 p_0

부피 V_1

질량 m_1

3단계 과정

$$T_{mix} = \frac{m_1 T_1 + m_3 T_3}{m_t}$$

3단계 과정

혼합공기

온도 T_{mix}

압력 p_0

부피 V_{mix}

질량 m_t



물

온도 T_2

압력 p_0

부피 V_2

질량 m_w

3단계 과정

$$T_f > 0$$

$$T_f = \frac{c_{pd}m_t T_{mix} + c_w m_w T_2}{c_{pd}m_t + c_w m_w}$$

3단계 과정

$$T_f = 0$$

$$T_f = \frac{c_{pd}m_t T_{mix} + c_w m_w T_2 - l_f \Delta m_w}{c_{pd}m_t + c_w m_w}$$

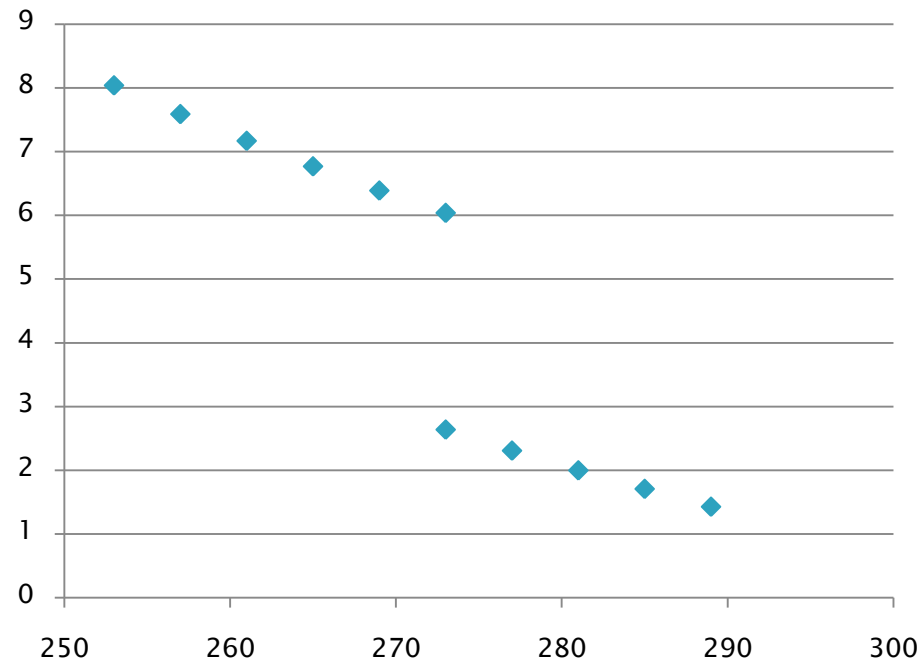
3단계 과정

$$T_f < 0$$

$$T_f = \frac{c_{pd}m_t T_{mix} + c_w m_w (T_2 - T_0) - l_f m_w + c_i m_i T_0}{c_{pd}m_t + c_i m_i}$$

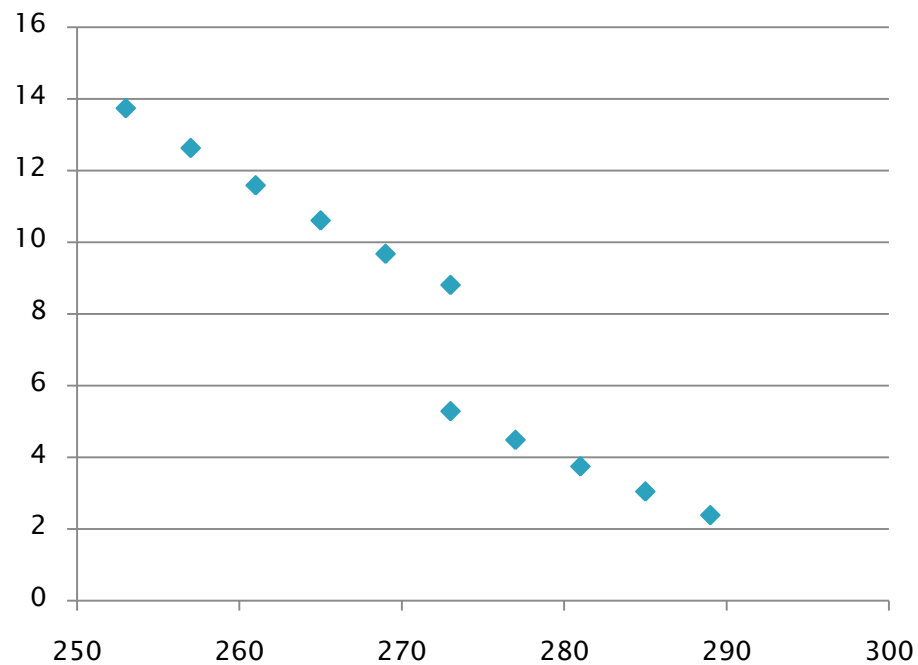
3단계 과정

T (K) m_w (kg) m_3 (kg)
310 0.01 0.01



3단계 과정

T (K) m_w (kg) m_3 (kg)
310 0.01 0.1



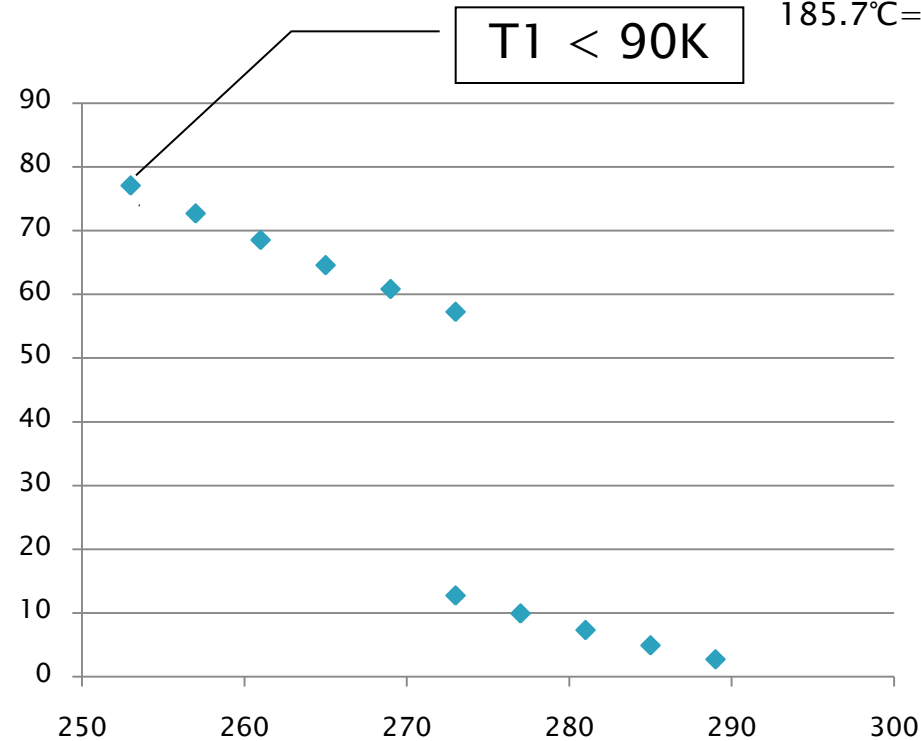
3단계 과정

T (K) m_w (kg) m_3 (kg)
310 0.1 0.1

질소의 끓는점 = $-195.8^{\circ}\text{C} = 77.2\text{K}$

산소의 끓는점 = $-182.96^{\circ}\text{C} = 90.04\text{K}$

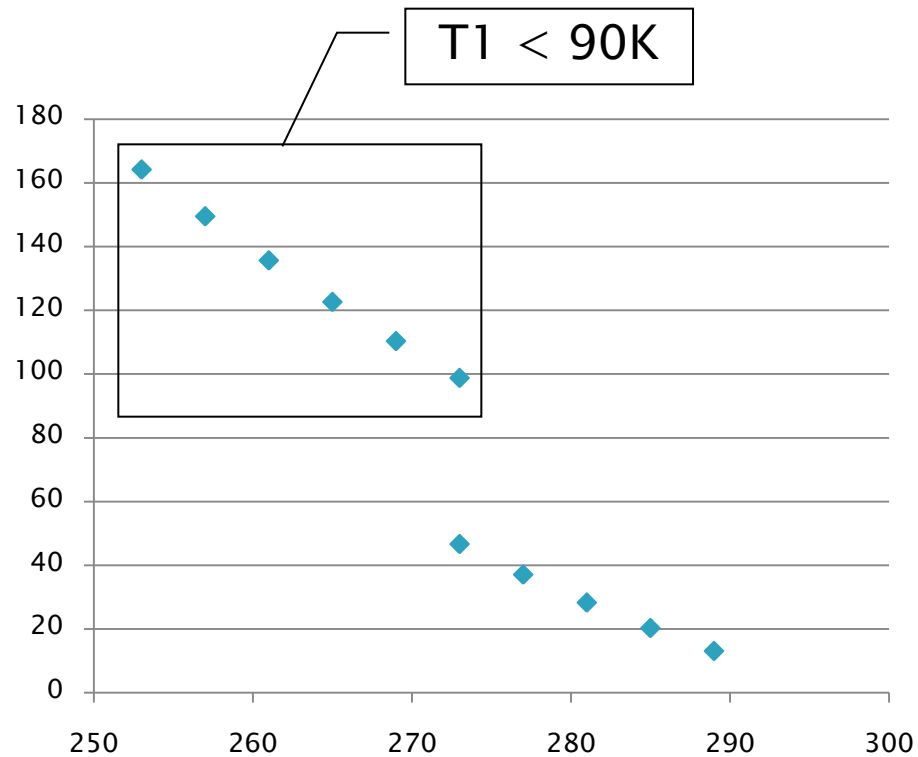
아르곤의 끓는점 = $-185.7^{\circ}\text{C} = 87.3\text{K}$



3단계 과정

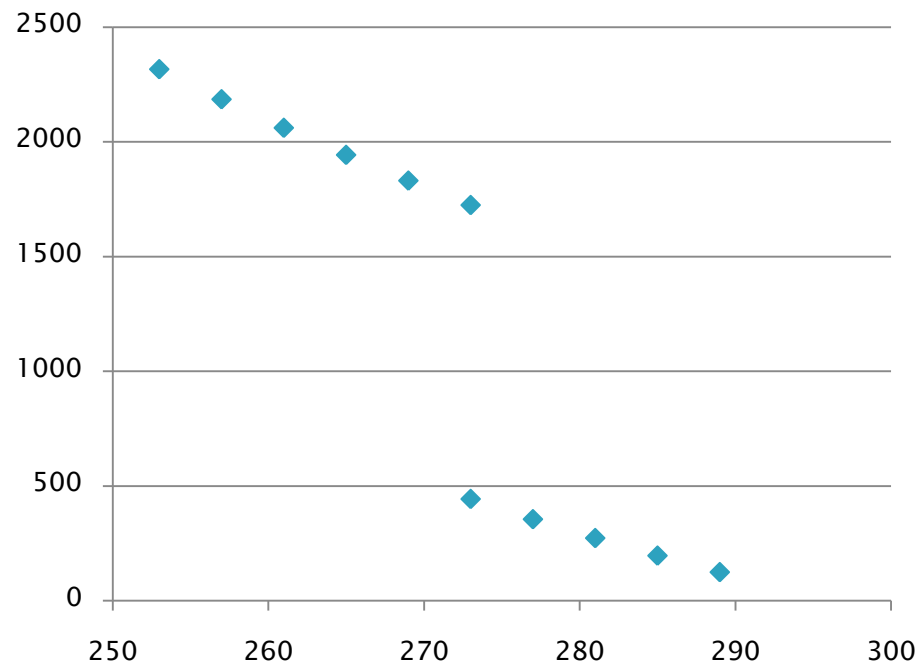
T (K) m_w (kg) m_3 (kg)

310 0.1 1

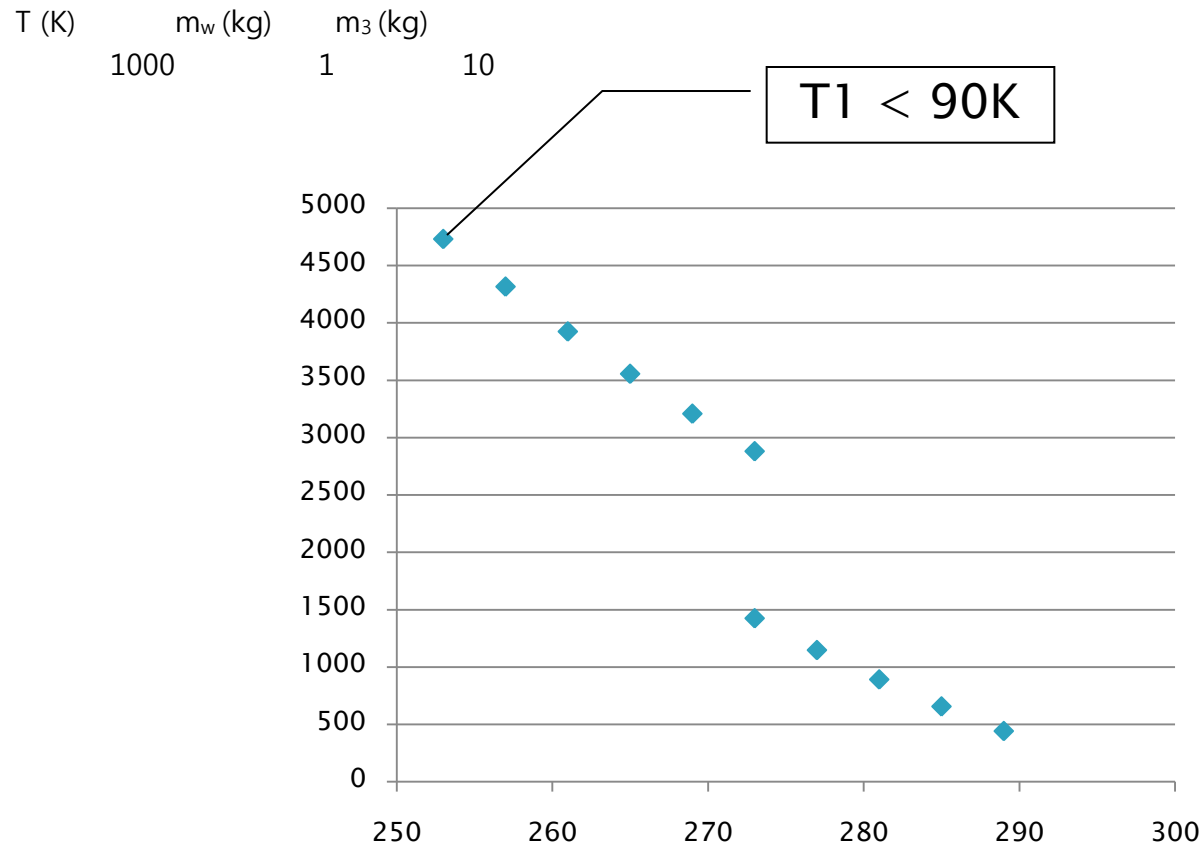


3단계 과정

T (K) m_w (kg) m_3 (kg)
1000 1 1

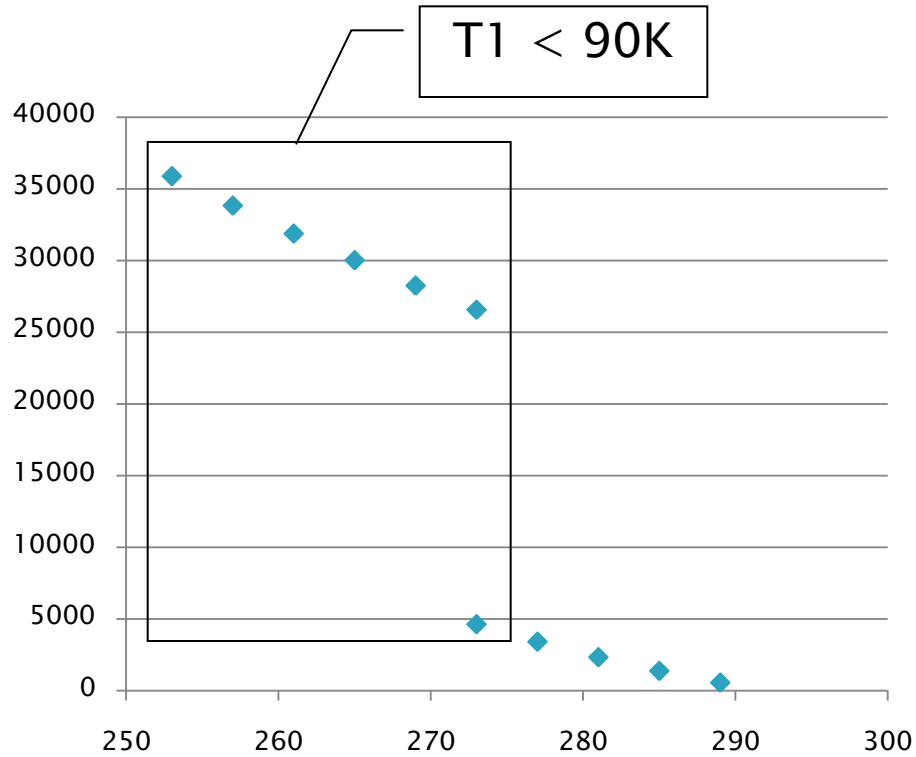


3단계 과정



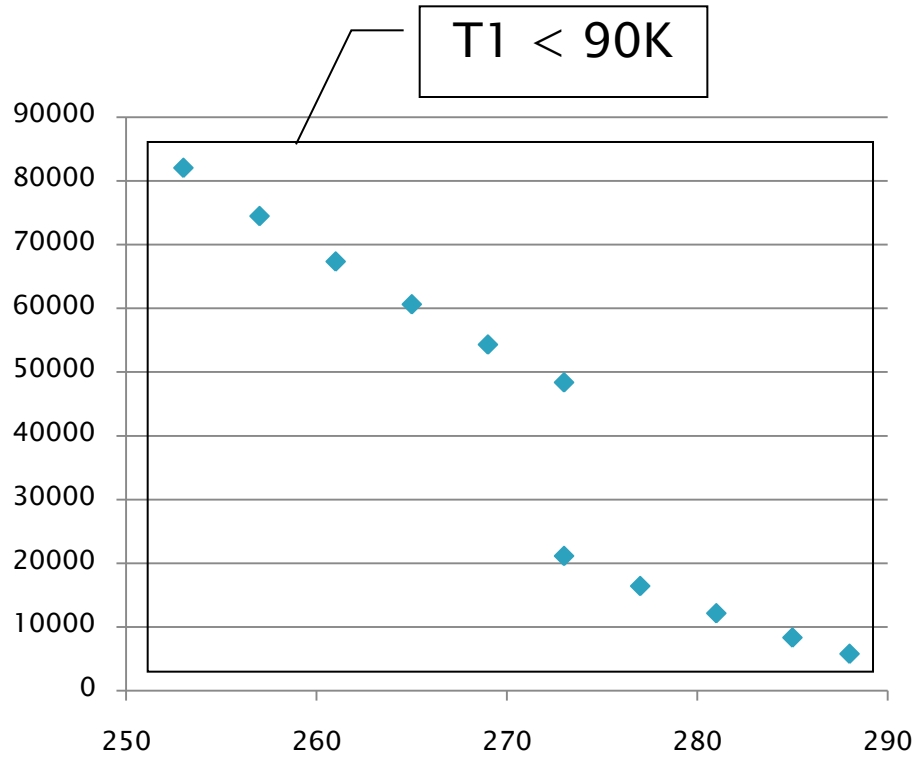
3단계 과정

T (K) m_w (kg) m_3 (kg)
1000 10 10



3단계 과정

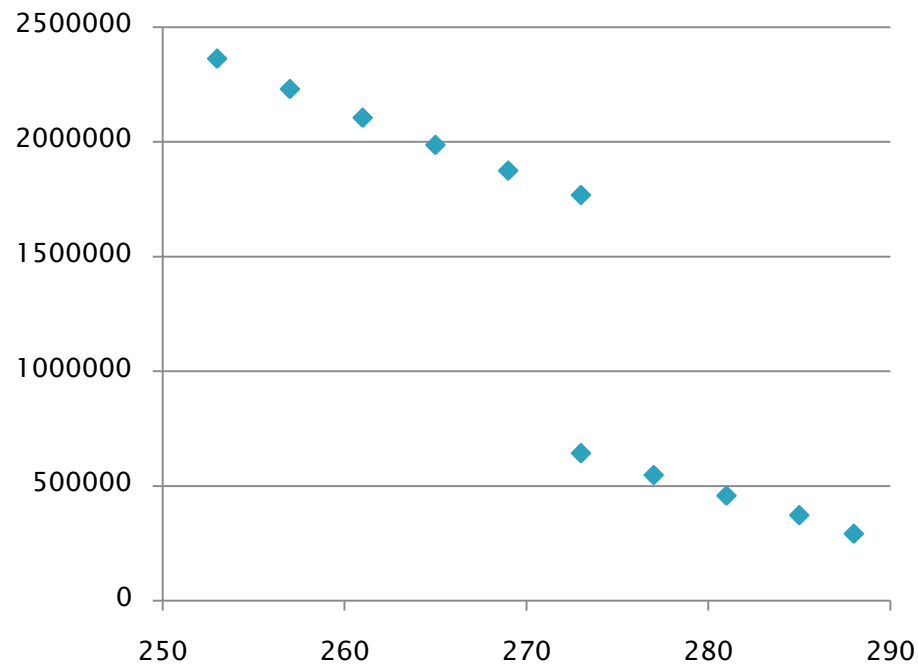
T (K) m_w (kg) m_3 (kg)
1000 10 100



3단계 과정

T (K) m_w (kg) m_3 (kg)

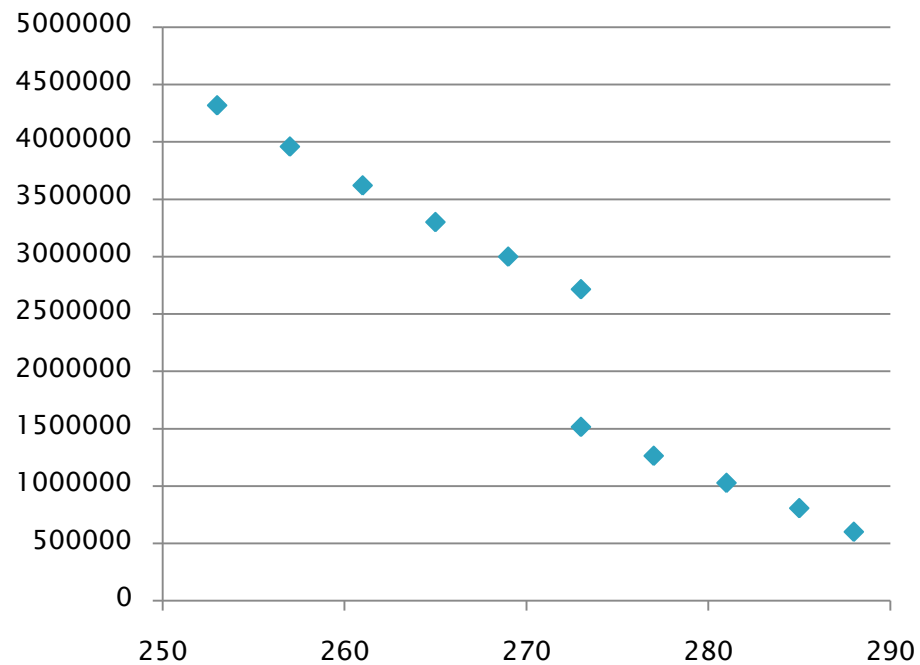
10000 100 100



3단계 과정

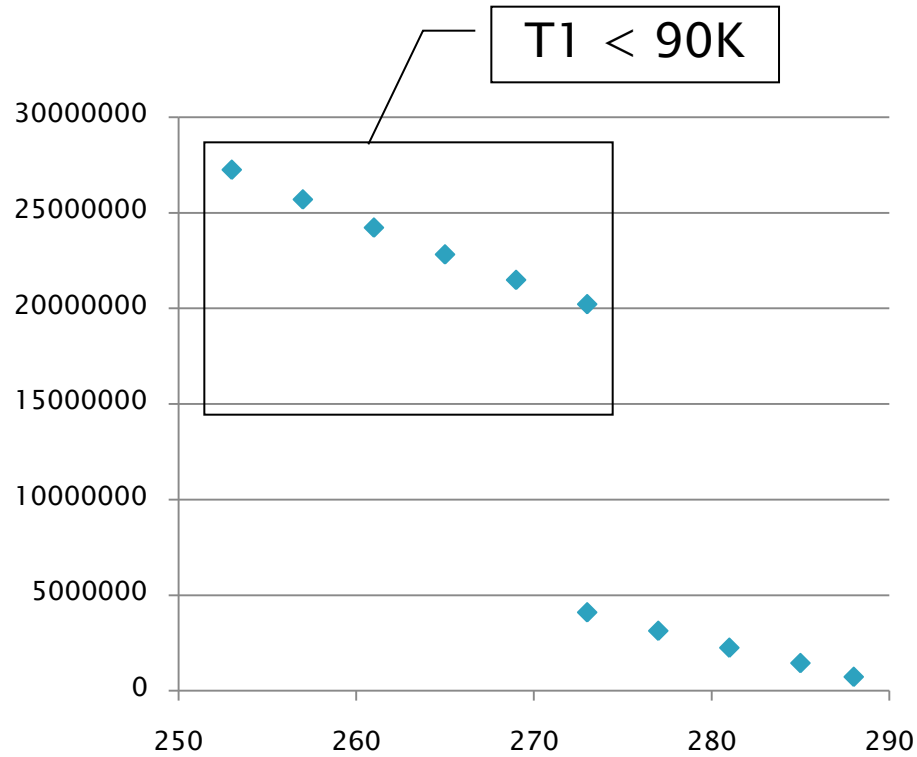
T (K) m_w (kg) m_3 (kg)

10000 100 1000



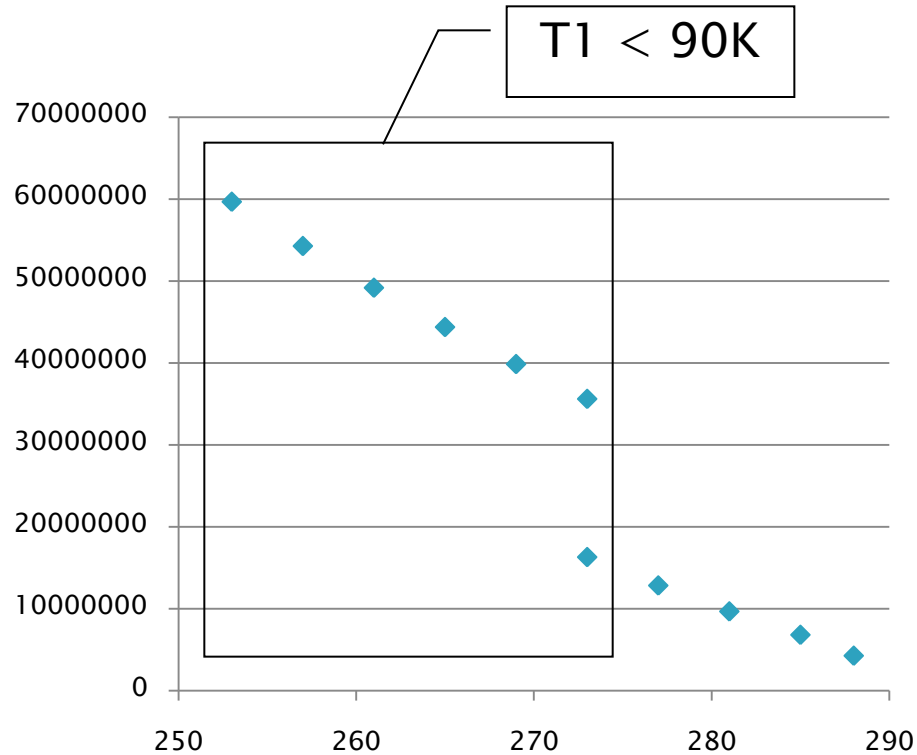
3단계 과정

T (K) m_w (kg) m_3 (kg)
10000 1000 1000



3단계 과정

T (K) m_w (kg) m_3 (kg)
10000 1000 10000



결과

- ▶ 많은 양의 물을 얼리기 위해서는 폐의 압력 P 가 높아야 한다.
- ▶ 폐의 압력 P 가 높아지면 입김의 온도 T 가 낮아지는데 이때 입김이 액화되는 온도보다 낮아지는 것을 방지하기 위해 체온 T 를 높여준다.
- ▶ 체온 T 에서 얼릴수 있는 물의 양에는 한계가 있다.

결과

- ▶ 혼합공기의 질량보다 물의 질량에 더 많은 영향을 받는다.
- ▶ 온도가 올라갈수록 혼합공기의 영향을 덜 받는다.

이론의 한계점

- ▶ 슈퍼맨이 입김을 내보낼 때 지구와 슈퍼맨의 열교환을 무시하였다.
- ▶ 물과 혼합공기가 열교환을 할 때 Environment와의 혼합 및 열교환의 효과를 무시했다.
- ▶ 폐에서 나온 공기는 실제로 한 덩어리로 나오지 않으며 속도도 빠르다.
- ▶ 이산화탄소와 같은 공기중의 물질의 응결을 무시했다.

최종 의견

- ▶ 입김으로 얼음을 얼리는 과정->
실제로는 무시하기 힘든 가정을 통해 문제를 해결.
즉, 폐의 압력이 높아지면 나오는 입김의 부피가 커지고, 큰 부피를 갖는 입김과 주변의 열교환을 무시하기 힘들어진다.(물과의 열교환량이 주변의 열교환량보다 더 작아질수 있다.)
- ▶ 각 변수들간의 관계를 식으로 나타내고, 식을 통해 몇가지 사례를 예측했다.

참고 문헌

- ▶ Anastasios A. Tsonis. (2002). An Introduction to Atmospheric Thermodynamics (2nd ed.). Cambridge University Press

감사합니다.