

실내 구름형성에 대한 분석 및 군중에 의한 가열효과

6조

이재원 이지우 최경지 최석훈

Index

- 주제에 대한 간단한 소개
 - Step 1: 단순한 모델
 - Step 2: T profile
 - Step 3: 구름형성 z 의 추정
 - Step 4: 군중에 의한 효과
- 결론 및 한계점



Introduction

Introduction

Berndnaut Smilde의 실내 구름



Introduction

- 방 안의 온도 및 습도를 일정하게 유지
 - 물을 방출하여 수증기량을 높임
& 드라이아이스를 이용해 포화수증기압을 낮춤
 - 실내 구름을 생성
- 우리는 연직방향의 온도와 구름이 생성되는 높이를 중점적으로, 또 군중에 의해 시간에 따른 온도변화를 중심으로 연구하였음.

Introduction

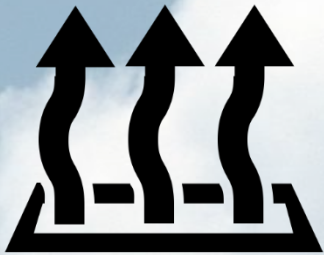


T_2 : 에어컨의 온도



$T(z)$ 의 profile 구조

구름이 생성되는 z 의 추정



T_1 : 열원(군중)에 의한 온도



Step 1

Step 1

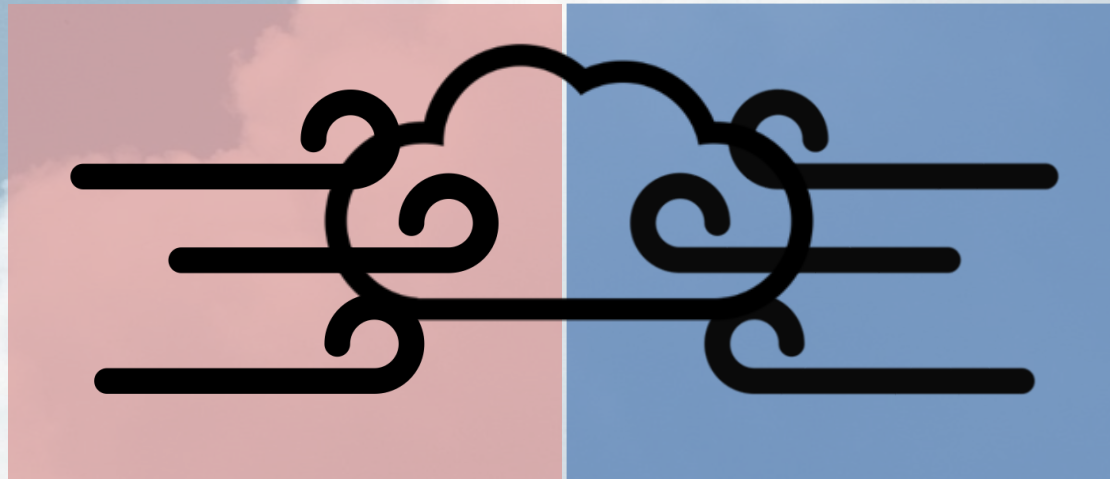
실내의 공기가 **따뜻한 공기**(T_1, V_1, m_1, r_1)와
차가운 공기(T_2, V_2, m_2, r_2)로 구별될 때를 생각

가정: 1. isobaric (등압과정)

→ 방의 크기가 수m 수준 → 단열팽창과정이 아닌 단열등압혼합

2. closed system (닫힌계)

3. $m_1 = m_2$, $r_1 = 1$, $T_2 = 280\text{K}$, $r_2 = 0.5$ (일반적인 에어컨 공기의 온도와 습도)



Step 1

응결이 일어나기 위해서는 $r > 1$, 즉, $e > e_s$ 이다.

$$e = (m_1 e_1 + m_2 e_2) / m = (e_1 + e_2) / 2$$

$$e_1 = e_{sw}(T_1)$$

$$e_2 = e_{sw}(T_{dew,2})$$

$$T_2 - T_{dew,2} = -1.845 \times 10^{-4} T_2 T_{dew,2} \ln r_2$$

$$T_{dew,2} = T_2 / (1 - 1.845 \times 10^{-4} T_2 \ln r_2)$$

$$T_{dew,2} = 270K$$

$$e_2 = e_{sw}(T_{dew,2}) = 6.11 e^{19.83 - 5417/T_{dew,2}}$$

$$e_2 = 4.84$$

Step 1

$e > e_s$ 이므로,

$$\frac{e_{sw}(T_1)}{2} + \frac{e_2}{2} > e_{sw}((T_1 + T_2)/2)$$

$$\frac{e_{sw}(T_1)}{2} + 2.42 > e_{sw}((T_1 + 280)/2)$$

$$3.055e^{19.83 - 5417/T_1} + 2.4 > 6.11e^{19.83 - \frac{5417}{\frac{T_1}{2} + 140}}$$

따라서 $T_1 > 298K (25^\circ C)$ 일 때 응결이 일어난다.

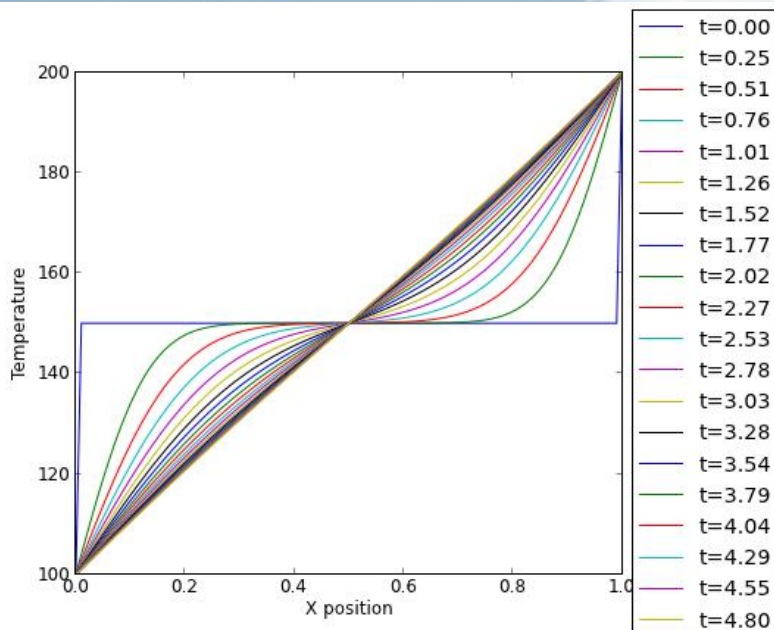
A background image of a clear blue sky with large, white, fluffy clouds. The clouds are concentrated on the right side and bottom, leaving the top-left corner clear.

Step 2

Step 2

다음으로, 위아래의 온도가 결정되었을 때 구름이 형성되는 높이를 구하기를 앞서 방 안에서 높이에 따른 **T profile**을 생각

가정: 방 안의 작은 규모 → 복사에 의한 영향 무시
단열과정 → 열교환이 없다고 가정 → 대류의 열전달 무시

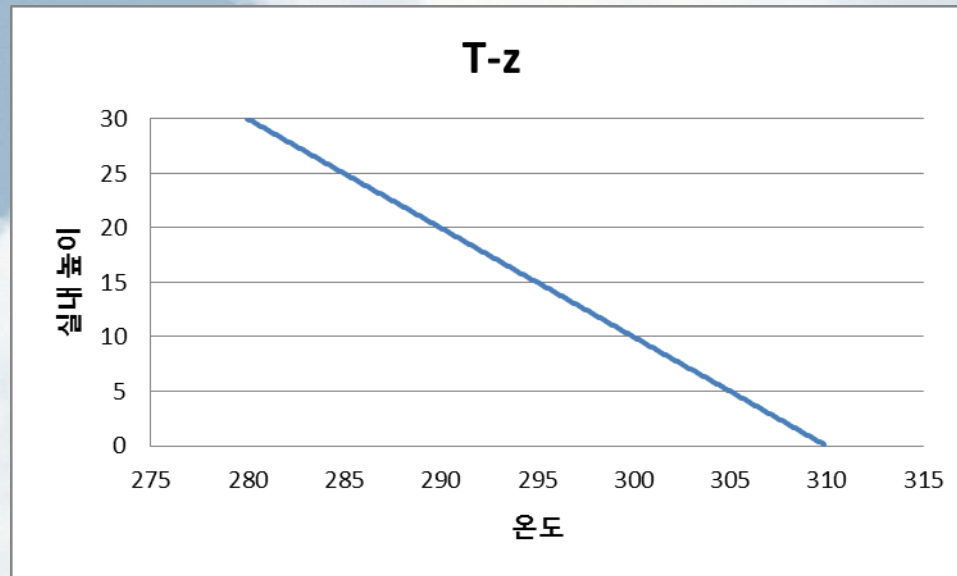


따라서 **전도**에 의한 영향만

Step 2

가정: $T_1 = 310K$, $T_2 = 280K$, $l = 30m$

$$T'(z) = \frac{T_2 - T_1}{l}z + T_1$$





Step 3

Step 3

앞서 살펴본 방 안의 T profile을 통해 구름이 만들어질 수 있는 고도를 찾아보고자 함. Step 1에서 방 아래의 온도를 구했던 것과 다르게 방 아래의 일정한 공기 덩어리가 특정 높이의 공기와 섞인다고 생각

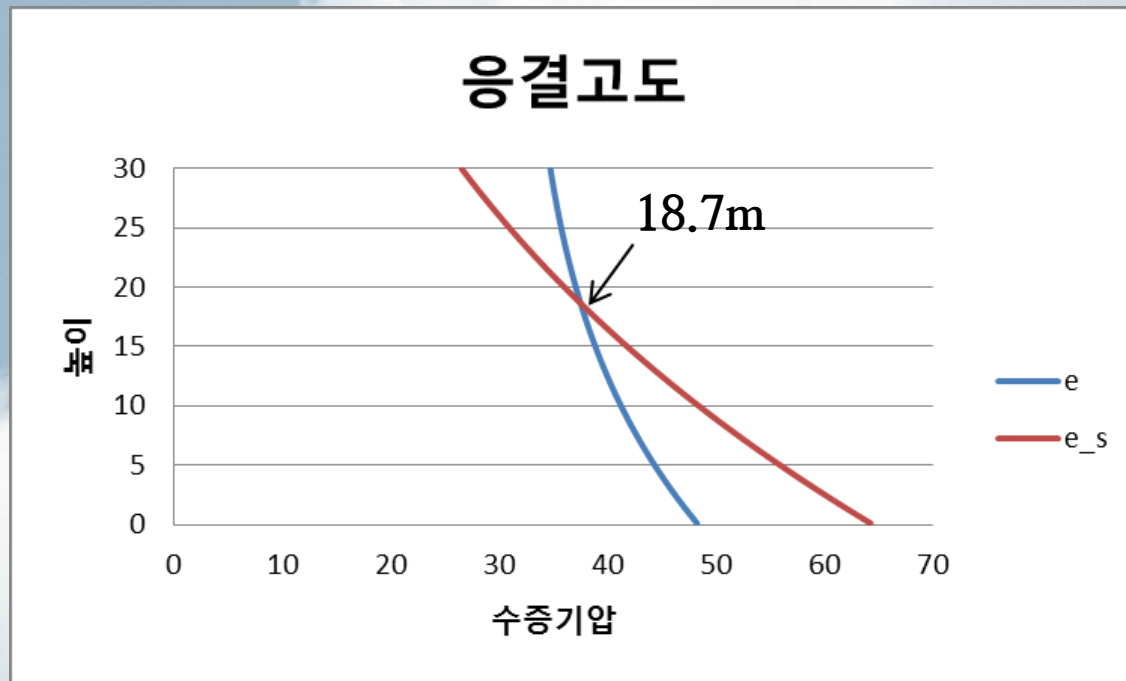
일정 높이에서 혼합된 두 공기의 수증기압과 그 온도에서의 포화수증기압을 비교, 수증기가 응결될 수 있는 환경인지 생각

Step 3

가정: Step 2의 가정, $r_1 = 1$, $r' = 0.5$

혼합된 두 증기의 수증기압(e)은 그 온도에서의 포화수증기압(e_s)을 18.7m에서부터 높게 나타났다.

즉, 18.7m에서부터 구름이 형성될 수 있다.



Step 3

응결이 일어나기 위해서는 $r > 1$, 즉, $e > e_s$ 이다.

$$e = \frac{e_1 + e'}{2} \text{ 에서}$$
$$e_1 = 6.11e^{19.83 - \frac{5417}{T_1}}$$
$$e' = 6.11e^{19.83 - \frac{5417}{T'_{dew}}}$$
$$T'_{dew} = \frac{T'}{1 - 1.845 \times 10^{-4} T' \ln r'}$$
$$(T'(z) = \frac{T_2 - T_1}{l} z + T_1)$$
$$e_s = 6.11e^{19.83 - 5417 / \frac{(T_1 + T')}{2}}$$

$T_1 = 310K, r_1 = 1, r' = 0.5$ 일 때 $e > e_s$ 일 조건은
 $z \approx 18.7m$

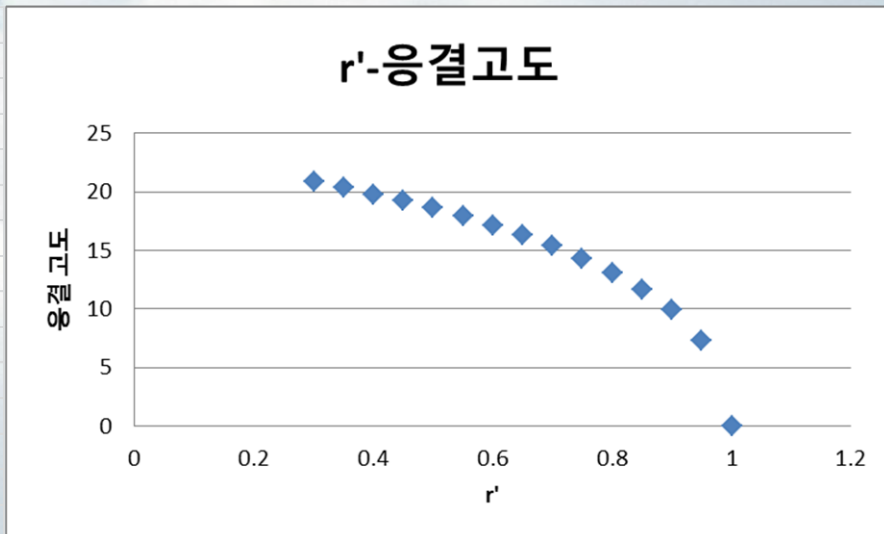
Step 3

r' 의 값을 0.3에서 1까지 증가시켰을 때 → 응결고도가 상승한다.

$$T_{dew} = \frac{T'}{1 - 1.845 \times 10^{-4} T' \ln r'}$$

$$e' = 6.11e^{19.83 - \frac{5417}{T'_{dew}}}$$

0.3	20.9
0.35	20.4
0.4	19.8
0.45	19.2
0.5	18.6
0.55	17.9
0.6	17.1
0.65	16.3
0.7	15.4
0.75	14.3
0.8	13.1
0.85	11.7
0.9	9.9
0.95	7.3
1	0

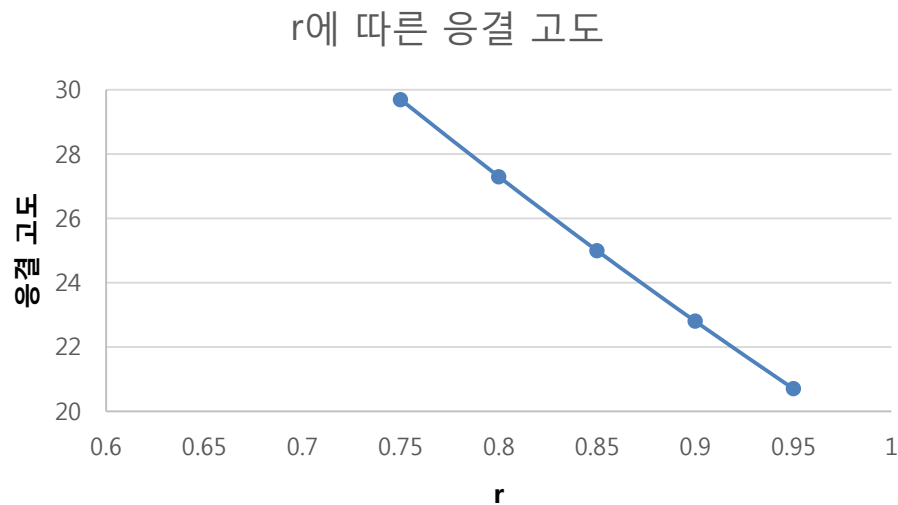


Step 3

r_1 의 값을 1에서부터 감소시켰을 때 → 응결고도는 상승한다.

$$e_1 = 6.11e^{19.83 - \frac{5417}{T_1}} \rightarrow e_1 = 6.11e^{19.83 - \frac{5417}{T_{dew,1}}}$$

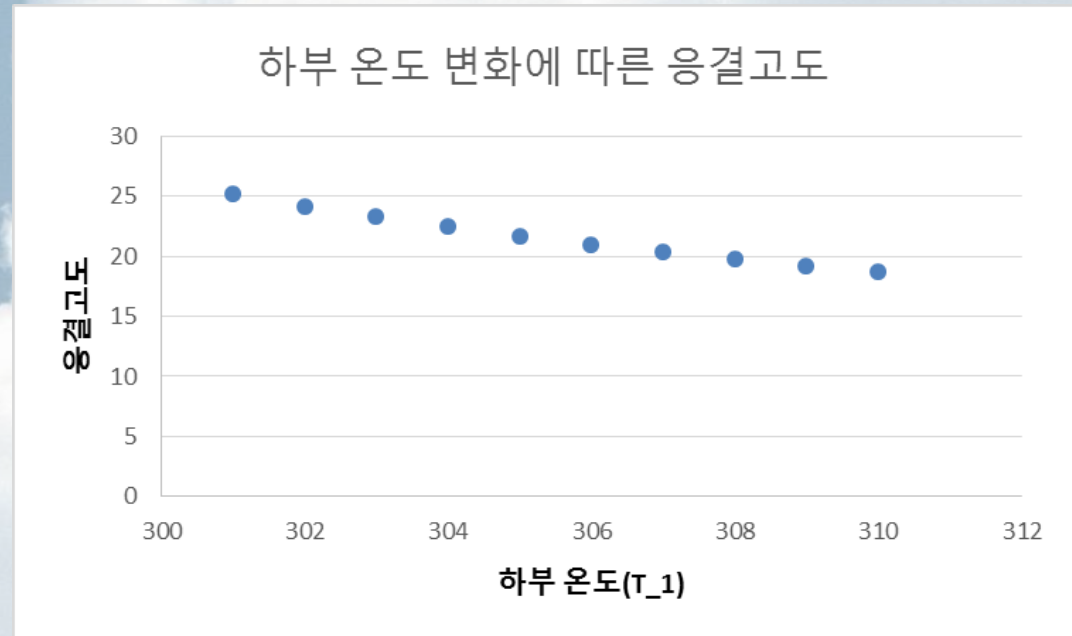
0.95	20.7
0.9	22.8
0.85	25
0.8	27.3
0.75	29.7



Step 3

하부 온도(T_1)를 310K에서 감소시켰을 때 → **응결고도는 상승한다.**

301	25.1
302	24.1
303	23.2
304	22.4
305	21.6
306	20.9
307	20.3
308	19.7
309	19.1
310	18.6





Step 4

Step 4

다음으로 **군중에 의한 가열효과**가 과연 얼마나 되느냐에 대해 생각

사람들이 모여 있을 때 전도와 대류로 방 아래가 데워지는데 이 때, 열이 **사람들이 있는 층**에 한해서만 머무른다고 가정.



열이 2m높이까지만
머무른다고 생각!

Step 4

균중에 의한 시간에 따른 주변온도의 변화를 생각해보자.

$$\frac{dT_e}{dt} = \frac{\sigma A \epsilon}{c_p} (T_{body}^4 - T_e^4)$$

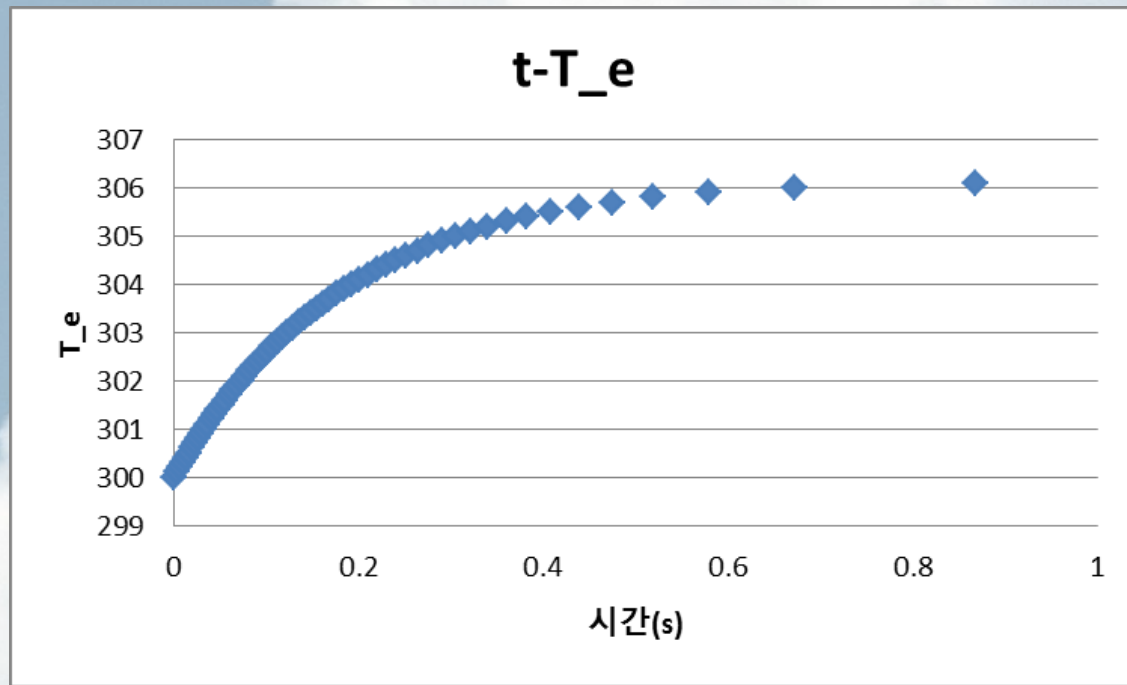
$$\int \frac{dT_e}{T_{body}^4 - T_e^4} = \int \frac{\sigma A \epsilon}{c_p} dt$$

$$t = \frac{c_p}{\sigma A \epsilon} \times \frac{1}{4T_{body}^3} \left[\left\{ -\ln(T_{body} - T_e) + \ln(T_{body} + T_e) + 2 \arctan \frac{T_e}{T_{body}} \right\} \right]_{T_i}^{T_f}$$

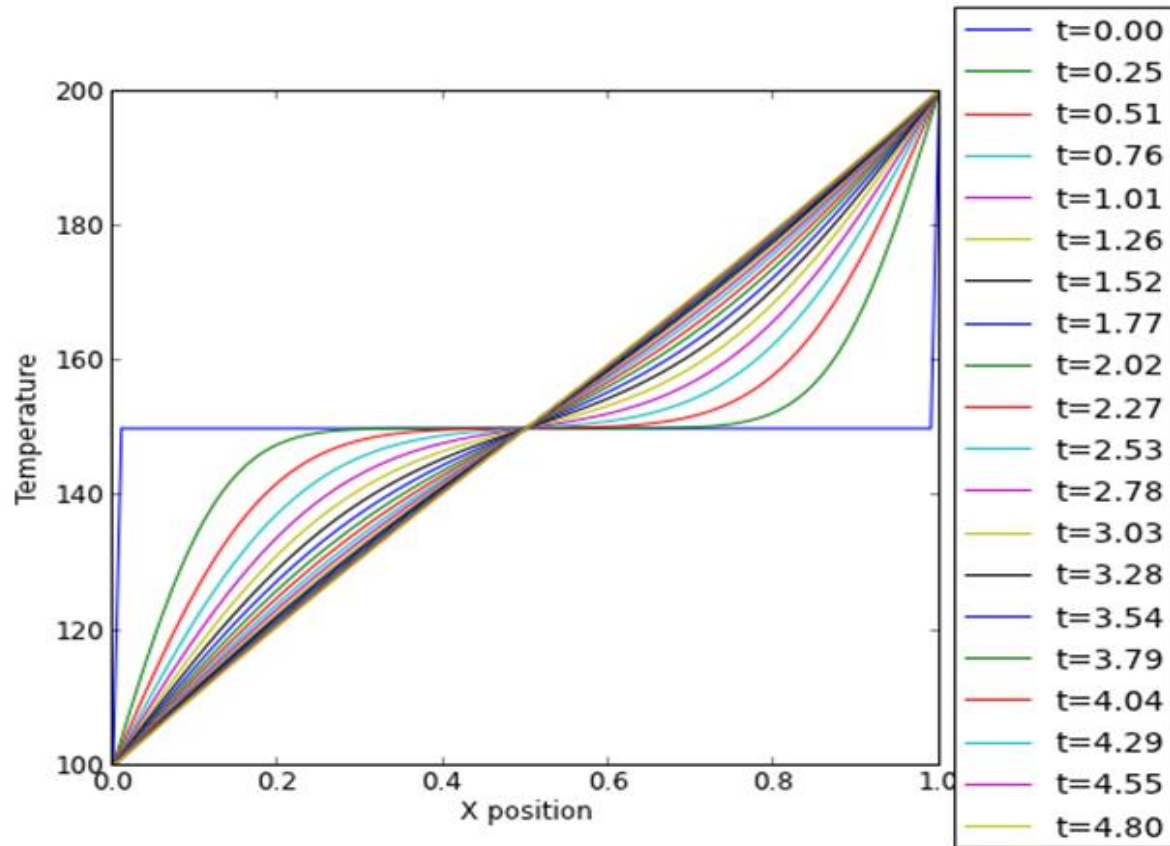
(T_{body} =균중의 온도, T_e =주변온도)

Step 4

이 그래프에 따르면 군중에 의한 주변 공기의 가열은 매우 빠르며 충분한 시간이 흐른 후, T_{body} (군중의 온도)로 수렴한다.



Step 4





결론 및 한계점

결론 및 한계점

Step 1에서는 방 아래가 포화된 조건에서 방 위의 온도, 습도를 알 경우 수증기가 응결하기 위한 방 아래의 온도를 수식으로 계산할 수 있었다.

Step 2에서는 방 안의 T profile을 전도에 의한 열 전달로 가정하여 온도가 선형으로 감소함을 알 수 있었으며,

Step 3에서는 혼합된 두 증기의 수증기압과 그 온도에서의 포화수증기압을 비교하여 구름이 생성될 수 있는 높이를 수식으로 계산하였으며, 또한 r' , r_1 의 변화에 따른 응결 높이의 변화를 살펴보고자 하였다.

마지막으로 Step 4에서는 군중에 의한 방 하부의 가열효과에 대해 생각해보고 시간에 따른 온도의 변화를 수식으로 계산해보는 과정을 거쳤다.

따라서 이 연구에서는 군중에 의한 온습도의 변화와 방 상부의 온습도를 통해 방 안에 구름이 생성될 수 있는 즉, 수증기가 응결 가능한 높이를 수식으로 유도해볼 수 있음에 초점을 맞추었다.

결론 및 한계점

1. 공기 parcel의 이동과 mixing에 대한 가정
2. 대류를 고려하지 못한 계산
3. 상수들 결정의 어려움
4. 시간을 고려하기 매우 힘들
5. 외부와의 열 교환 생각하지 않음
6. 수증기의 분포 알기 어려움

Reference

1. <http://ivanlice.tistory.com/70>
2. <http://kitchingroup.cheme.cmu.edu/blog/2013/03/07/Transient-heat-conduction-partial-differential-equations/>
3. <http://news.naver.com/main/read.nhn?mode=LSD&mid=sec&sid1=102&oid=001&aid=0000401395>
4. <http://web.mit.edu/lienhard/www/ahtt131.pdf>
5. Infrared Services. "Emissivity Values for Common Materials". Retrieved 2007-06-24.



Q&A

The background of the image is a clear, vibrant blue sky. Large, billowing white clouds are scattered across the scene, with a particularly large, dense cloud formation on the right side. The clouds have soft, feathery edges and are brightly lit, creating a high-contrast, cheerful atmosphere.

Thank you