



# CƠ SỞ KHOA HỌC CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU (Đại cương về BĐKH) Phần I

---

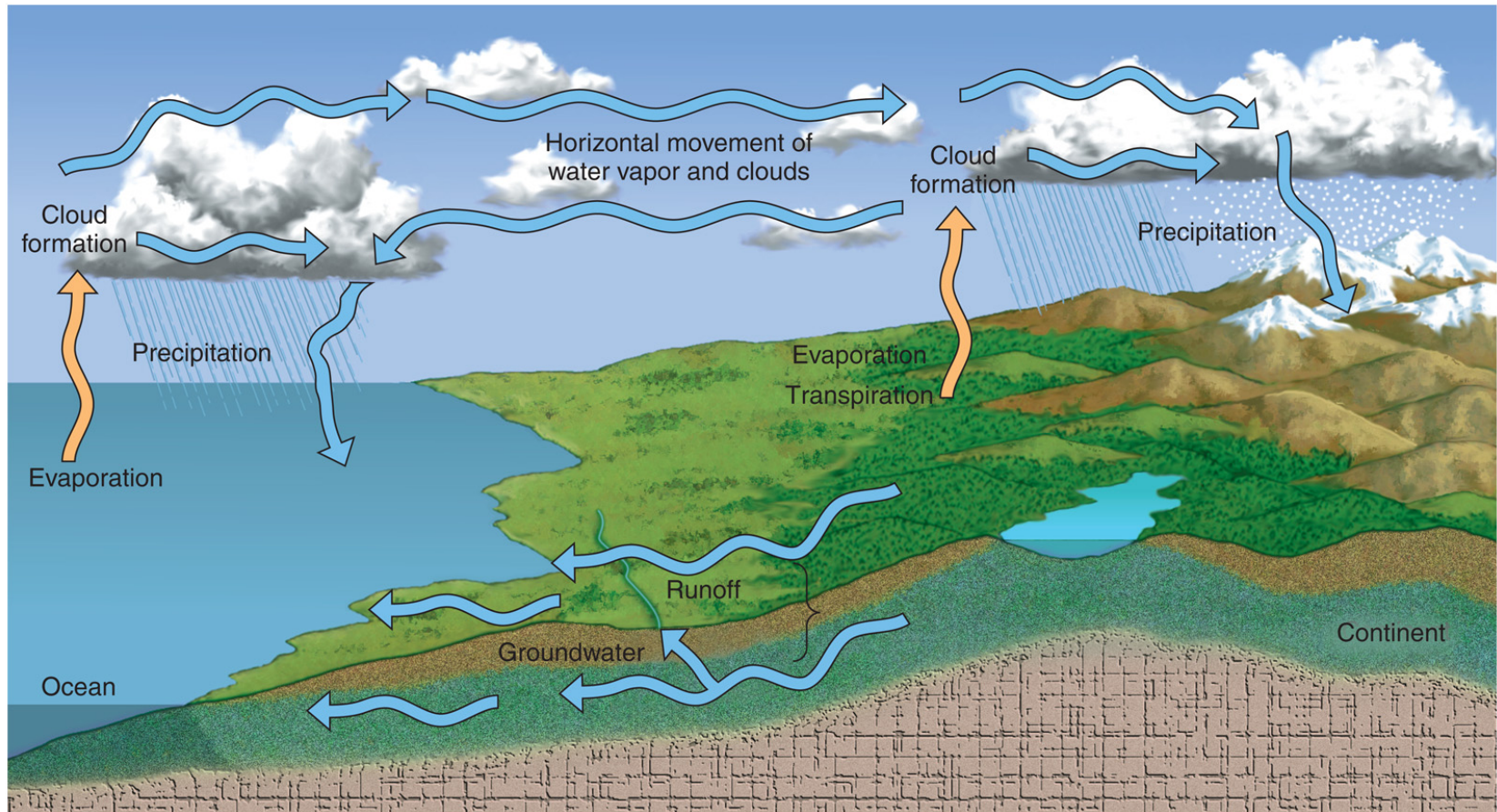
**Phan Van Tan**

[phanvantan@hus.edu.vn](mailto:phanvantan@hus.edu.vn)

# B5: Độ ẩm khí quyển



# Nhắc lại về chu trình nước



© 2010 Pearson Education, Inc.

- ❁ Lượng nước tham gia vào chu trình nước hàng năm tương đương lớp nước dày 1m phủ đều trên bề mặt Trái đất
- ❁ Lượng nước tồn tại trong khí quyển tương đương lớp nước dày 2.5cm phủ đều trên bề mặt Trái đất

# Các pha của nước và sự bão hoà

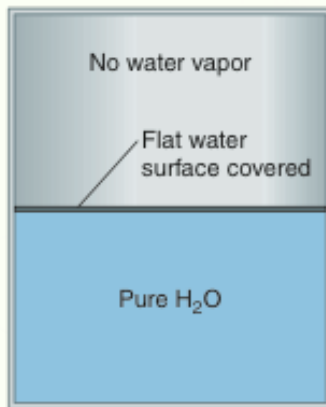
❁ Nước có thể tồn tại ở ba trạng thái khác nhau (ba pha):

❁ Trạng thái khí: Hơi nước

❁ Trạng thái lỏng: Nước lỏng

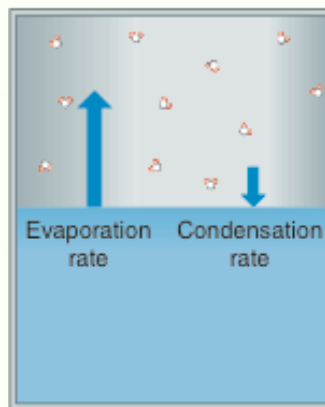
❁ Trạng thái rắn: Băng, tuyết

❁ Sự bão hoà hơi nước (của không khí)



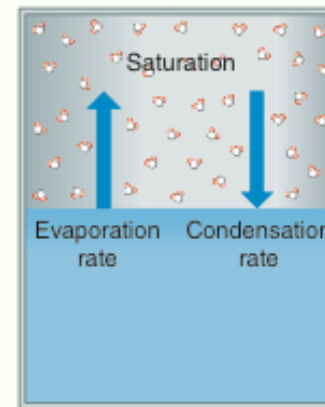
(a)

Không khí khô



(b)

Không khí  
chưa bão hoà



(c)

Không khí  
đã bão hoà

# Bão hoà

## ❁ Sự chuyển pha:

❁ Nước lỏng → Hơi nước: Bốc hơi

❁ Băng, tuyết → Hơi nước: Thăng hoa

❁ Hơi nước → Nước lỏng: Ngưng kết

❁ Nước lỏng → Băng/tuyết; Đông kết

❁ Hơi nước → Băng/tuyết: Kết tủa là quá trình nước chuyển từ pha khí sang pha rắn (ví dụ sự hình thành sương muối)

❁ Chưa bão hoà: Ở nhiệt độ cho trước, không khí chứa một lượng hơi nước nhỏ hơn lượng mà nó có thể chứa

❁ Bão hoà: Ở nhiệt độ cho trước, không khí chứa được một lượng hơi nước tối đa mà nếu bổ sung thêm nữa nó sẽ ngưng kết

❁ Siêu bão hoà: Ở nhiệt độ cho trước không khí chứa một lượng hơi nước nhiều hơn khả năng chứa của nó

# Áp suất hơi nước

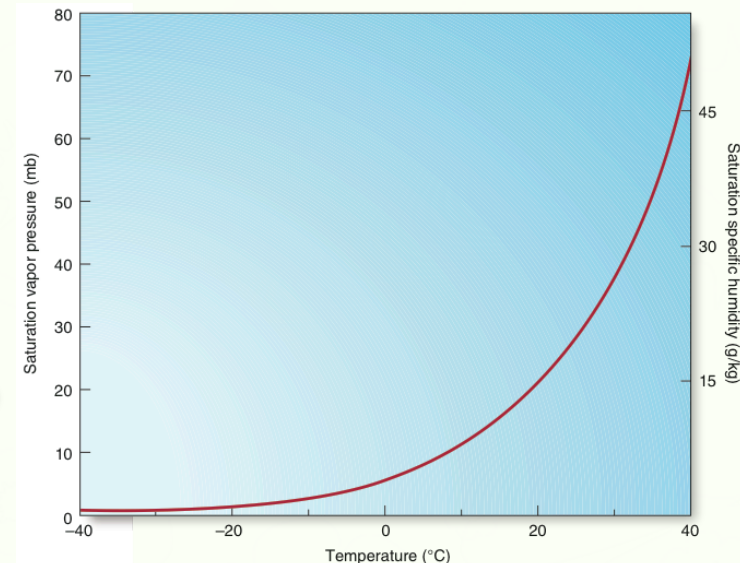
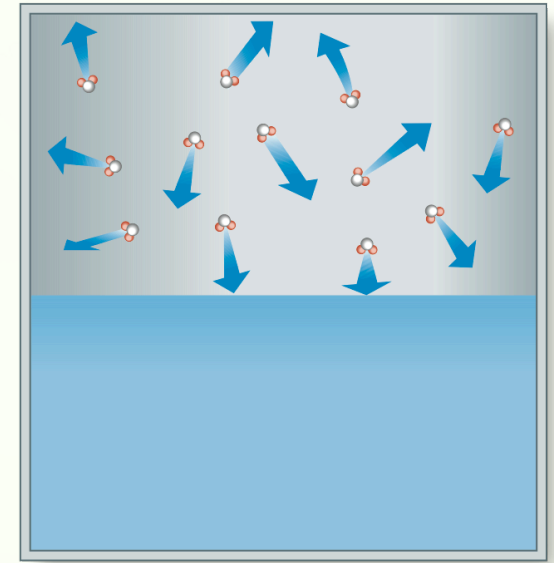
Áp suất hơi nước trong khí quyển là áp suất riêng của hơi nước, và còn được gọi là sức trương hơi nước

Áp lực của cột không khí chỉ chứa hơi nước thuần túy

Phụ thuộc vào cả nhiệt độ và mật độ phân tử nước

Áp suất hơi nước bão hoà là áp suất riêng của hơi nước trong cột không khí đã bão hoà hơi nước

Nhiệt độ càng cao thì khả năng chứa nước của cột không khí càng lớn nên áp suất hơi nước bão hoà cũng phụ thuộc vào nhiệt độ



# Lưu ý

- ❁ Áp suất hơi nước biểu thị trong không khí chứa bao nhiêu hơi nước
- ❁ Áp suất hơi nước bão hoà biểu thị không khí có thể chứa được bao nhiêu hơi nước (phụ thuộc vào nhiệt độ)

# Các đặc trưng độ ẩm

❁ Độ ẩm riêng: Là khối lượng hơi nước trong một đơn vị khối lượng không khí (g/kg)

$$q = \frac{m_v}{m} = \frac{m_v}{m_v + m_d}$$

❁ Độ ẩm riêng bão hoà ( $q_s$ )

❁ Độ ẩm tuyệt đối: Là khối lượng hơi nước trong một đơn vị thể tích không khí (g/m<sup>3</sup>)

$$a = \frac{m_v}{V}$$

❁ Độ ẩm tuyệt đối bão hoà

❁ Tỷ số xáo trộn hay tỷ hỗn hợp là tỷ số giữa khối lượng hơi nước trên khối lượng không khí khô (g/kg)

$$S = \frac{m_v}{m_d}$$

❁ Tỷ số xáo trộn bão hoà

# Các đặc trưng độ ẩm

- ❁ Độ ẩm tương đối: Là tỷ số giữa lượng hơi nước trong không khí trên lượng hơi nước trong điều kiện bão hoà (%)

$$RH \equiv r \equiv U = \frac{q}{q_s} \times 100\%$$

- ❁ Chú ý:

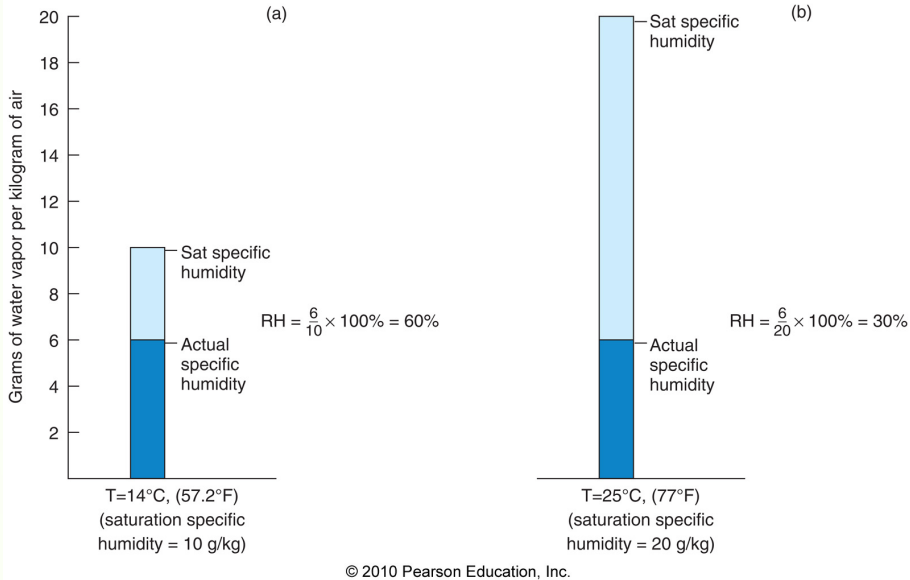
- ❁ RH không phản ánh lượng ẩm chứa trong không khí
- ❁ RH cho biết mức độ “khô” của không khí (mức độ háo nước), do đó phản ánh khả năng bốc hơi

- ❁ Q: Tại sao ta cần máy hút ẩm? Và cần trong trường hợp nào?

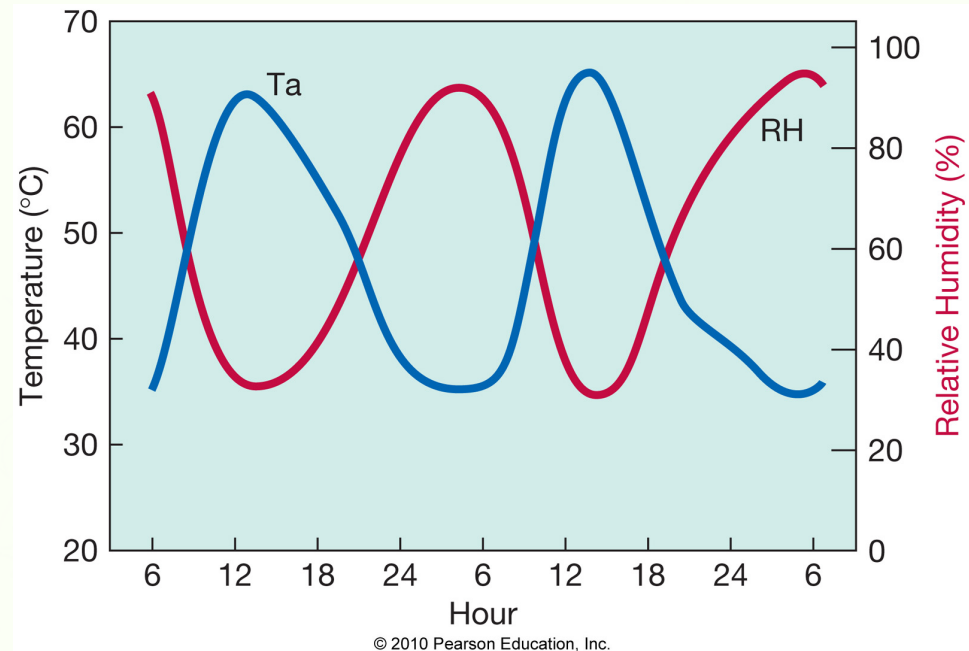
# Các đặc trưng độ ẩm

## ☼ Sự phụ thuộc vào nhiệt độ của độ ẩm tương đối

Cùng một lượng ẩm trong không khí, nhiệt độ khác nhau thì độ ẩm tương đối khác nhau.



Một ví dụ về biến thiên của độ ẩm tương đối và nhiệt độ

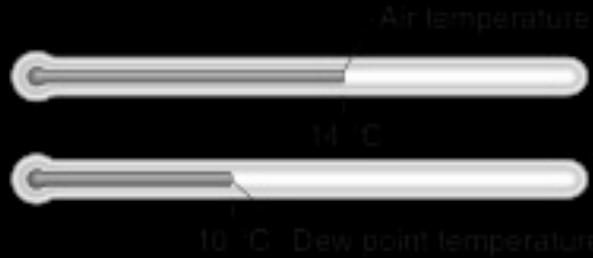


# Các đặc trưng độ ẩm

- ❁ Điểm sương: Là nhiệt độ tại đó không khí cần đạt được để đạt tới bão hoà
- ❁ Điểm sương phản ánh được hàm lượng nước trong không khí
- ❁ Độ hụt điểm sương (chênh lệch giữa nhiệt độ và điểm sương) phản ánh khả năng bốc hơi

# Điểm sương và hàm lượng hơi nước

Air temperature greater than dew point, air is unsaturated



Saturation mixing ratio = 10  $\frac{g}{kg}$

Mixing ratio = 8  $\frac{g}{kg}$

$$RH = \frac{8}{10} \times 100\% = 80\%$$

Air temperature equal to dew point, air becomes saturated, mixing ratio remains the same



Saturation mixing ratio = 8  $\frac{g}{kg}$

Mixing ratio = 8  $\frac{g}{kg}$

$$RH = \frac{8}{8} \times 100\% = 100\%$$

Equal reduction in temperature and dew point, air remains saturated, 2 g/kg water vapor removed by condensation



Saturation mixing ratio = 6  $\frac{g}{kg}$

Mixing ratio = 6  $\frac{g}{kg}$

$$RH = \frac{6}{6} \times 100\% = 100\%$$

# Cần nhớ

- ❁ Nhiệt độ không khí quyết định lượng hơi nước có thể chứa trong khí quyển
- ❁ Khi lượng hơi nước cực đại chứa trong khí quyển thì trạng thái bão hoà xảy ra
- ❁ Ở nhiệt độ cho trước, không khí có thể chứa một lượng hơi nước nhỏ hơn hoặc bằng lượng hơi nước ở trạng thái bão hoà
- ❁ Điểm sương có thể phản ánh lượng hơi nước thực tế có trong khí quyển
- ❁ Các biến độ ẩm
  - ❁ Áp suất hơi nước (sức trương hơi nước)
  - ❁ Độ ẩm riêng
  - ❁ Tỷ số xáo trộn
  - ❁ Độ ẩm tương đối
  - ❁ Điểm sương

# Một ví dụ: Khi $T = 21.1^{\circ}\text{C}$

## ❁ Không khí chưa bão hoà

- ❁ Áp suất hơi nước = 14mb
- ❁ Áp suất hơi nước bão hoà = 21mb
- ❁ Độ ẩm riêng = 9 g/kg
- ❁ Độ ẩm riêng bão hoà = 16 g/kg
- ❁ Tỷ số xáo trộn = 9 g/kg
- ❁ Tỷ số xáo trộn bão hoà = 16 g/kg
- ❁ Độ ẩm tương đối = 56%
- ❁ Điểm sương =  $11.1^{\circ}\text{C}$

## ❁ Không khí bão hoà

- ❁ Áp suất hơi nước = 21mb
- ❁ Áp suất hơi nước bão hoà = 21mb
- ❁ Độ ẩm riêng = 16 g/kg
- ❁ Độ ẩm riêng bão hoà = 16 g/kg
- ❁ Tỷ số xáo trộn = 16 g/kg
- ❁ Tỷ số xáo trộn bão hoà = 16 g/kg
- ❁ Độ ẩm tương đối = 100%
- ❁ Điểm sương =  $21.1^{\circ}\text{C}$

# Bảng tra điểm sương

| Dry Bulb (°C) | Wet Bulb Depression, °C<br>(Dry Bulb Temperature Minus Wet Bulb Temperature = Wet Bulb Depression) |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |  |
|---------------|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|--|
|               | 1  | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  | 14  | 15  | 16  | 17  | 18  | 19  | 20  | 21  | 22 |  |
| -20           | -33  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |  |
| -18           | -28  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |  |
| -16           | -24  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |  |
| -14           | -21  | -36 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |  |
| -12           | -18  | -28 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |  |
| -10           | -14  | -22 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |  |
| -8            | -12  | -18 | -29 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |  |
| -6            | -10  | -14 | -22 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |  |
| -4            | -7   | -22 | -17 | -29 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |  |
| -2            | -5   | -8  | -13 | -20 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |  |
| 0             | -3   | -6  | -9  | -15 | -24 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |  |
| 2             | -1   | -3  | -6  | -11 | -17 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |  |
| 4             | 1  | -1  | -4  | -7  | -11 | -19 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |  |
| 6             | 4  | 1   | -1  | -4  | -7  | -13 | -21 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |  |
| 8             | 6  | 3   | 1   | -2  | -5  | -9  | -14 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |  |
| 10            | 8  | 6   | 4   | 1   | -2  | -5  | -9  | -14 | -28 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |  |
| 12            | 10   | 8   | 6   | 4   | 1   | -2  | -5  | -9  | -16 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |  |
| 14            | 12   | 11  | 9   | 6   | 4   | 1   | -2  | -5  | -10 | -17 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |  |
| 16            | 14   | 13  | 11  | 9   | 7   | 4   | 1   | -1  | -6  | -10 | -17 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |  |
| 18            | 16   | 15  | 13  | 11  | 9   | 7   | 4   | 2   | -2  | -5  | -10 | -19 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |  |
| 20            | 19   | 17  | 15  | 14  | 12  | 10  | 7   | 4   | 2   | -2  | -5  | -10 | -19 |     |     |     |     |     |     |     |     |    |  |
| 22            | 21   | 19  | 17  | 16  | 14  | 12  | 10  | 8   | 5   | 3   | -1  | -5  | -10 | -19 |     |     |     |     |     |     |     |    |  |
| 24            | 23   | 21  | 20  | 18  | 16  | 14  | 12  | 10  | 8   | 6   | 2   | -1  | -5  | -10 | -18 |     |     |     |     |     |     |    |  |
| 26            | 25   | 23  | 22  | 20  | 18  | 17  | 15  | 13  | 11  | 9   | 6   | 3   | 0   | -4  | -9  | -18 |     |     |     |     |     |    |  |
| 28            | 27   | 25  | 24  | 22  | 21  | 19  | 17  | 16  | 14  | 11  | 9   | 7   | 4   | 1   | -3  | -9  | -16 |     |     |     |     |    |  |
| 30            | 29   | 27  | 26  | 24  | 23  | 21  | 19  | 18  | 16  | 14  | 12  | 10  | 8   | 5   | 1   | -2  | -8  | -15 |     |     |     |    |  |
| 32            | 31   | 29  | 28  | 27  | 25  | 24  | 22  | 21  | 19  | 17  | 15  | 13  | 11  | 8   | 5   | 2   | -2  | -7  | -14 |     |     |    |  |
| 34            | 33   | 31  | 30  | 29  | 27  | 26  | 24  | 23  | 21  | 20  | 18  | 16  | 14  | 12  | 9   | 6   | 3   | -1  | -5  | -12 | -29 |    |  |
| 36            | 35   | 33  | 32  | 31  | 29  | 28  | 27  | 25  | 24  | 22  | 20  | 19  | 17  | 15  | 13  | 10  | 7   | 4   | 0   | -4  | -10 |    |  |
| 38            | 37   | 35  | 34  | 33  | 32  | 30  | 29  | 28  | 26  | 25  | 23  | 21  | 19  | 17  | 15  | 13  | 11  | 8   | 5   | 1   | -3  | -9 |  |
| 40            | 39   | 37  | 36  | 35  | 34  | 32  | 31  | 30  | 28  | 27  | 25  | 24  | 22  | 20  | 18  | 16  | 14  | 12  | 9   | 6   | 2   | -2 |  |

*Dew point temperatures*

# Bảng tra điểm sương

| Dry Bulb (°F) | Wet Bulb Depression (°F)<br>(Dry Bulb Temperature Minus Wet Bulb Temperature = Wet Bulb Depression)                               |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|---------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|               | 1   | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 |
| 0             | -7-20   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 5             | -1 -9-24  |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 10            | 5 -2-10-27  |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 15            | 11 6 0 -9-26  |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 20            | 16 12 8 2 -7-21   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 25            | 22 19 15 10 5 -3-15-51  |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 30            | 27 25 21 18 14 8 2 -7-25  |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 35            | 33 30 28 25 21 17 13 7 0 -11-41   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 40            | 38 35 33 30 28 25 21 18 13 7 -1-14  |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 45            | 43 41 38 36 34 31 28 25 22 18 13 7 -1-14  |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 50            | 48 46 44 42 40 37 34 32 29 26 22 18 13 8 0-13   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 55            | 53 51 50 48 45 43 41 38 36 33 30 27 24 20 15 9 1-12-59  |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 60            | 58 57 55 53 51 49 47 45 43 40 38 35 32 29 25 21 17 11 4 -8-36   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 65            | 63 62 60 59 57 55 53 51 49 47 45 42 40 37 34 31 27 24 19 14 7 -3-22   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 70            | 69 67 65 64 62 61 59 57 55 53 51 49 47 44 42 39 36 33 30 26 22 17 11 2-11   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 75            | 74 72 71 69 68 66 64 63 61 59 57 55 54 51 49 47 44 42 39 36 32 29 25 21 15 8 -2-23  |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 80            | 79 77 76 74 73 72 70 68 67 65 63 62 60 58 56 54 52 50 47 44 42 39 36 32 28 24 20 13 6 -7-53                                       |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 85            | 84 82 81 80 78 77 75 74 72 71 69 68 66 64 62 61 59 57 54 52 50 48 45 42 39 36 32 28 24 19 12 3-12                                 |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 90            | 89 87 86 85 83 82 81 79 78 76 75 73 72 70 69 67 65 63 61 59 57 55 53 51 48 45 43 39 36 32 28 24 19 11 1                           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 95            | 94 93 91 90 89 87 86 85 83 82 80 79 78 76 74 73 71 70 68 66 64 62 60 58 56 54 52 49 46 43 40 37 33 29 24                          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 100           | 99 98 96 95 94 93 91 90 89 87 86 85 83 82 80 79 77 76 74 72 71 69 67 65 63 61 59 57 55 52 50 47 44 41 37                          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 105           | 104 103 101 100 99 98 96 95 94 93 91 90 89 87 86 84 83 82 80 78 77 75 74 72 70 68 67 65 63 61 58 56 54 51 48                      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 110           | 109 108 106 105 104 103 102 100 99 98 97 95 94 93 91 90 89 87 86 84 83 81 80 78 77 75 73 72 70 68 66 64 62 60 57                  |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 115           | 114 113 112 110 109 108 107 106 104 103 102 101 99 98 97 96 94 93 92 90 89 87 86 84 83 81 80 78 76 75 73 71 69 67 65              |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 120           | 119 118 117 115 114 113 112 111 110 108 107 106 105 104 102 101 100 98 97 96 94 93 92 90 89 87 86 84 83 81 80 78 76 75 73         |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 125           | 124 123 122 121 119 118 117 116 115 114 112 111 110 109 108 106 105 104 103 101 100 99 97 96 95 93 92 90 89 88 86 84 83 81 80     |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 130           | 129 128 127 126 124 123 122 121 120 119 118 116 115 114 113 112 110 109 108 107 106 104 103 102 100 99 98 96 95 94 92 91 89 88 86 |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |

*Dew point temperatures*

# Bảng tra độ ẩm tương đối

| Dry Bulb (°C) | Wet Bulb Depression, °C<br>(Dry Bulb Temperature Minus Wet Bulb Temperature = Wet Bulb Depression) |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|---------------|--|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|               | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 |
| -20           | 28   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -18           | 40   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -16           | 48   | 0  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -14           | 55   | 11 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -12           | 61   | 23 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -10           | 66   | 33 | 0  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -8            | 71   | 41 | 13 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -6            | 73   | 48 | 20 | 0  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -4            | 77   | 54 | 32 | 11 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -2            | 79   | 58 | 37 | 20 | 1  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 0             | 81   | 63 | 45 | 28 | 11 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 2             | 83   | 67 | 51 | 36 | 20 | 6  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 4             | 85   | 70 | 56 | 42 | 27 | 14 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 6             | 86   | 72 | 59 | 46 | 35 | 22 | 10 | 0  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 8             | 87   | 74 | 62 | 51 | 39 | 28 | 17 | 6  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 10            | 88   | 76 | 65 | 54 | 43 | 33 | 24 | 13 | 4  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 12            | 88   | 78 | 67 | 57 | 48 | 38 | 28 | 19 | 10 | 2  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 14            | 89   | 79 | 69 | 60 | 50 | 41 | 33 | 25 | 16 | 8  | 1  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 16            | 90   | 80 | 71 | 62 | 54 | 45 | 37 | 29 | 21 | 14 | 7  | 1  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 18            | 91   | 81 | 72 | 64 | 56 | 48 | 40 | 33 | 26 | 19 | 12 | 6  | 0  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 20            | 91   | 82 | 74 | 66 | 58 | 51 | 44 | 36 | 30 | 23 | 17 | 11 | 5  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 22            | 92   | 83 | 75 | 68 | 60 | 53 | 46 | 40 | 33 | 27 | 21 | 15 | 10 | 4  | 0  |    |    |    |    |    |    |    |
| 24            | 92   | 84 | 76 | 69 | 62 | 55 | 49 | 42 | 36 | 30 | 25 | 20 | 14 | 9  | 4  | 0  |    |    |    |    |    |    |
| 26            | 92   | 85 | 77 | 70 | 64 | 57 | 51 | 45 | 39 | 34 | 28 | 23 | 18 | 13 | 9  | 5  |    |    |    |    |    |    |
| 28            | 93   | 86 | 78 | 71 | 65 | 59 | 53 | 45 | 42 | 36 | 31 | 26 | 21 | 17 | 12 | 8  | 4  |    |    |    |    |    |
| 30            | 93   | 86 | 79 | 72 | 66 | 61 | 55 | 49 | 44 | 39 | 34 | 29 | 25 | 20 | 16 | 12 | 8  | 4  |    |    |    |    |
| 32            | 93   | 86 | 80 | 73 | 68 | 62 | 56 | 51 | 46 | 41 | 36 | 32 | 27 | 22 | 19 | 14 | 11 | 8  | 4  |    |    |    |
| 34            | 93   | 86 | 81 | 74 | 69 | 63 | 58 | 52 | 48 | 43 | 38 | 34 | 30 | 26 | 22 | 18 | 14 | 11 | 8  | 5  |    |    |
| 36            | 94   | 87 | 81 | 75 | 69 | 64 | 59 | 54 | 50 | 44 | 40 | 36 | 32 | 28 | 24 | 21 | 17 | 13 | 10 | 7  | 4  |    |
| 38            | 94   | 87 | 82 | 76 | 70 | 66 | 60 | 55 | 51 | 46 | 42 | 38 | 34 | 30 | 26 | 23 | 20 | 16 | 13 | 10 | 7  | 5  |
| 40            | 94   | 89 | 82 | 76 | 71 | 67 | 61 | 57 | 52 | 48 | 44 | 40 | 36 | 33 | 29 | 25 | 22 | 19 | 16 | 13 | 10 | 7  |

Relative humidity values

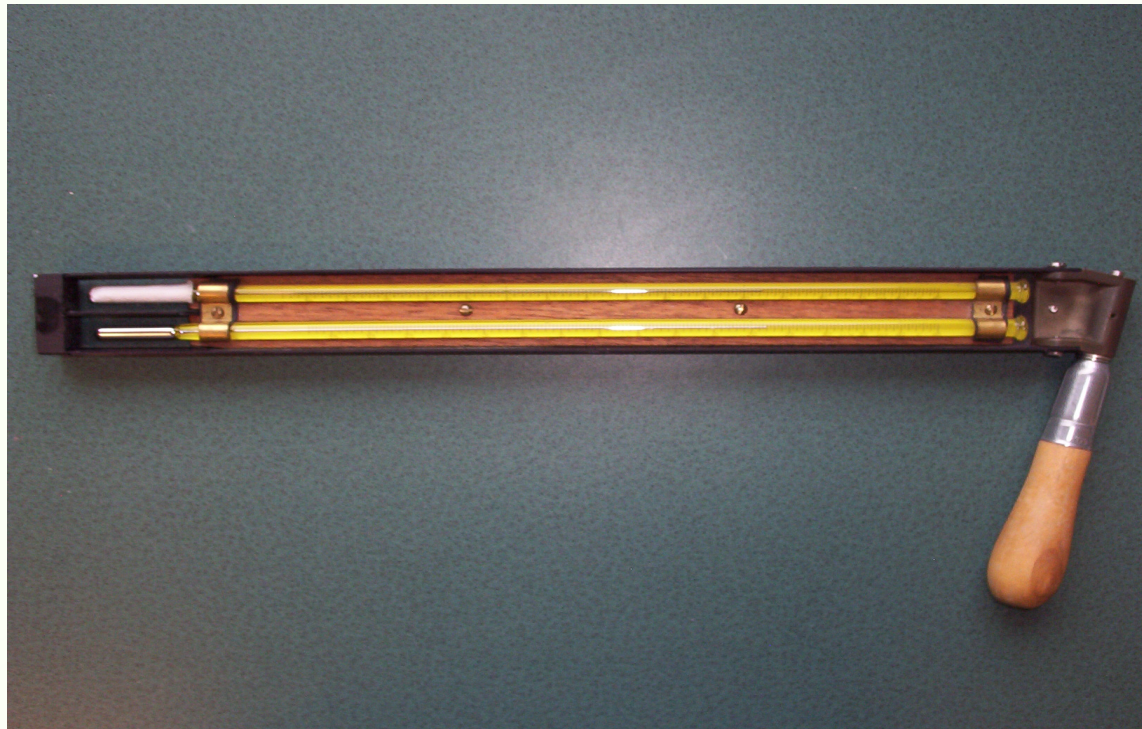
# Bảng tra độ ẩm tương đối

| Dry Bulb (°F) | Wet Bulb Depression (°F)<br>(Dry Bulb Temperature Minus Wet Bulb Temperature = Wet Bulb Depression) |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |
|---------------|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--|--|
|               | 1   | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 |  |  |
| 0             | 67  | 33 | 1  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |
| 5             | 73  | 46 | 20 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |
| 10            | 78  | 56 | 34 | 13 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |
| 15            | 82  | 64 | 46 | 29 | 11 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |
| 20            | 85  | 70 | 55 | 40 | 26 | 12 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |
| 25            | 87  | 74 | 62 | 49 | 37 | 25 | 13 | 1  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |
| 30            | 89  | 78 | 67 | 56 | 46 | 36 | 26 | 16 | 6  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |
| 35            | 91  | 81 | 72 | 63 | 54 | 45 | 36 | 27 | 19 | 10 | 2  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |
| 40            | 92  | 83 | 75 | 68 | 60 | 52 | 45 | 37 | 29 | 22 | 15 | 7  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |
| 45            | 93  | 86 | 78 | 71 | 64 | 57 | 51 | 44 | 38 | 31 | 25 | 18 | 12 | 6  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |
| 50            | 93  | 87 | 80 | 74 | 67 | 61 | 55 | 49 | 43 | 38 | 32 | 27 | 21 | 16 | 10 | 5  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |
| 55            | 94  | 88 | 82 | 76 | 70 | 65 | 59 | 54 | 49 | 43 | 38 | 33 | 28 | 23 | 19 | 11 | 9  | 5  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |
| 60            | 94  | 89 | 83 | 78 | 73 | 68 | 63 | 58 | 53 | 48 | 43 | 39 | 34 | 30 | 26 | 21 | 17 | 13 | 9  | 5  | 1  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |
| 65            | 95  | 90 | 85 | 80 | 75 | 70 | 66 | 61 | 56 | 52 | 48 | 44 | 39 | 35 | 31 | 27 | 24 | 20 | 16 | 12 | 9  | 5  | 2  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |
| 70            | 95  | 90 | 86 | 81 | 77 | 72 | 68 | 64 | 59 | 55 | 51 | 48 | 44 | 40 | 36 | 33 | 29 | 25 | 22 | 19 | 15 | 12 | 9  | 6  | 3  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |
| 75            | 96  | 91 | 86 | 82 | 78 | 74 | 70 | 66 | 62 | 58 | 54 | 51 | 47 | 44 | 40 | 37 | 34 | 30 | 27 | 24 | 21 | 18 | 15 | 12 | 9  | 7  | 4  | 1  |    |    |    |    |    |    |    |  |  |
| 80            | 96  | 91 | 87 | 83 | 79 | 75 | 72 | 68 | 64 | 61 | 57 | 54 | 50 | 47 | 44 | 41 | 38 | 35 | 32 | 29 | 26 | 23 | 20 | 18 | 15 | 12 | 10 | 7  | 5  | 3  |    |    |    |    |    |  |  |
| 85            | 96  | 92 | 88 | 84 | 81 | 77 | 73 | 70 | 66 | 63 | 59 | 57 | 53 | 50 | 47 | 44 | 41 | 38 | 36 | 33 | 30 | 27 | 25 | 22 | 20 | 17 | 15 | 13 | 10 | 8  | 6  | 4  | 2  |    |    |  |  |
| 90            | 96  | 92 | 89 | 85 | 81 | 78 | 74 | 71 | 68 | 65 | 61 | 58 | 55 | 52 | 49 | 47 | 44 | 41 | 39 | 36 | 34 | 31 | 29 | 26 | 24 | 22 | 19 | 17 | 15 | 13 | 11 | 9  | 7  | 5  | 3  |  |  |
| 95            | 96  | 93 | 89 | 86 | 82 | 79 | 76 | 73 | 69 | 66 | 63 | 61 | 58 | 55 | 52 | 50 | 47 | 44 | 42 | 39 | 37 | 34 | 32 | 30 | 28 | 25 | 23 | 21 | 19 | 17 | 15 | 13 | 11 | 10 | 8  |  |  |
| 100           | 96  | 93 | 89 | 86 | 83 | 80 | 77 | 73 | 70 | 68 | 65 | 62 | 59 | 56 | 54 | 51 | 49 | 46 | 44 | 41 | 39 | 37 | 35 | 33 | 30 | 28 | 26 | 24 | 22 | 21 | 19 | 17 | 15 | 13 | 12 |  |  |
| 105           | 97  | 93 | 90 | 87 | 84 | 81 | 78 | 75 | 72 | 69 | 66 | 64 | 61 | 58 | 56 | 53 | 51 | 49 | 46 | 44 | 42 | 40 | 38 | 36 | 34 | 32 | 30 | 28 | 26 | 24 | 22 | 21 | 19 | 17 | 15 |  |  |
| 110           | 97  | 93 | 90 | 87 | 84 | 81 | 78 | 75 | 73 | 70 | 67 | 65 | 62 | 60 | 57 | 55 | 52 | 50 | 48 | 46 | 44 | 42 | 40 | 38 | 36 | 34 | 32 | 30 | 28 | 26 | 25 | 23 | 21 | 20 | 18 |  |  |
| 115           | 97  | 94 | 91 | 88 | 85 | 82 | 79 | 76 | 74 | 71 | 69 | 66 | 64 | 61 | 59 | 57 | 54 | 52 | 50 | 48 | 46 | 44 | 42 | 40 | 38 | 36 | 34 | 33 | 31 | 29 | 28 | 26 | 25 | 23 | 21 |  |  |
| 120           | 97  | 94 | 91 | 88 | 85 | 82 | 80 | 77 | 74 | 72 | 69 | 67 | 65 | 62 | 60 | 58 | 55 | 53 | 51 | 49 | 47 | 45 | 43 | 41 | 40 | 38 | 36 | 34 | 33 | 31 | 29 | 28 | 26 | 25 | 23 |  |  |
| 125           | 97  | 94 | 91 | 88 | 86 | 83 | 80 | 78 | 75 | 73 | 70 | 68 | 66 | 64 | 61 | 59 | 57 | 55 | 53 | 51 | 49 | 47 | 45 | 44 | 42 | 40 | 38 | 37 | 35 | 33 | 32 | 30 | 29 | 27 | 26 |  |  |
| 130           | 97  | 94 | 91 | 89 | 86 | 83 | 81 | 78 | 76 | 73 | 71 | 69 | 67 | 64 | 62 | 60 | 58 | 56 | 54 | 52 | 50 | 48 | 47 | 45 | 43 | 41 | 40 | 38 | 37 | 35 | 33 | 32 | 30 | 29 | 28 |  |  |

*Relative humidity values*

# Đo độ ẩm

- ❁ Ẩm kế: Là một cặp nhiệt kế khô và nhiệt kế ướt
  - ❁ Nhiệt kế ướt là nhiệt kế có bầu được quấn bằng một miếng vải “fin” nhúng một phần vào nước để đảm bảo nó luôn ẩm đến mức bão hoà

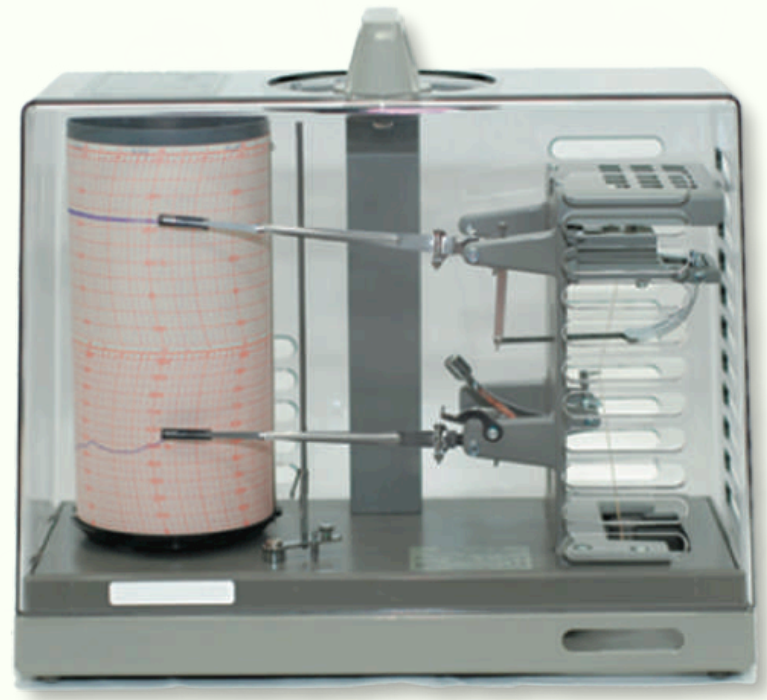


# Đo độ ẩm

- ❁ Nhiệt độ ướt ( $T_w$ ): Là nhiệt độ đo được của nhiệt kế ướt. Đó là nhiệt độ mà không khí có thể đạt được nếu quá trình bốc hơi đạt trạng thái bão hoà
  - ❁  $T_w$  luôn nhỏ hơn hoặc bằng  $T$
  - ❁  $T_w$  luôn bằng hoặc lớn hơn điểm sương
- ❁ Chênh lệch giữa nhiệt độ khô và nhiệt độ ướt:
  - ❁ Càng lớn nếu không khí càng khô
  - ❁ Càng nhỏ nếu không khí càng ẩm
  - ❁ Bằng 0 nếu không khí bão hoà

# Đo độ ẩm

- ❁ Ẩm kế tóc: Đo độ ẩm dựa trên nguyên lý co giãn của sợi tóc
- ❁ Ẩm ký: Đo và ghi

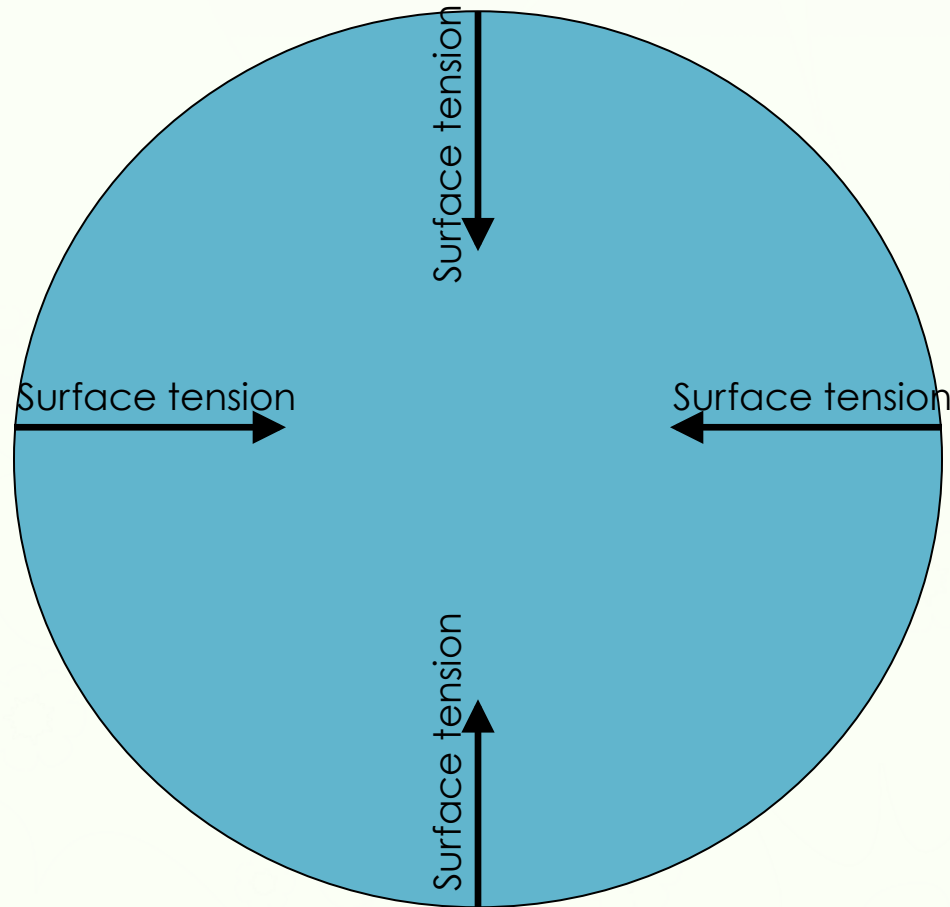


# Sự ngưng kết trong khí quyển

- ❁ Ngưng kết hình thành mây và sương mù trong khí quyển
- ❁ Ngưng kết xảy ra khi không khí bị lạnh đến dưới điểm sương
- ❁ Thông thường quá trình ngưng kết đòi hỏi phải có hạt nhân ngưng kết: Vai trò của aerosols
- ❁ Nhân ngưng kết: Sự hình thành các giọt nước trong không khí do hơi nước ngưng kết
- ❁ Ngưng kết thuần túy: Sự hình thành các giọt nước nhờ va chạm ngẫu nhiên của các phân tử hơi nước khi không có aerosols
  - ❁ Sức căng mặt ngoài làm cho các giọt nước bốc hơi nhanh
  - ❁ Để hình thành mây cần  $\sim 400\%$  hơi nước bão hoà

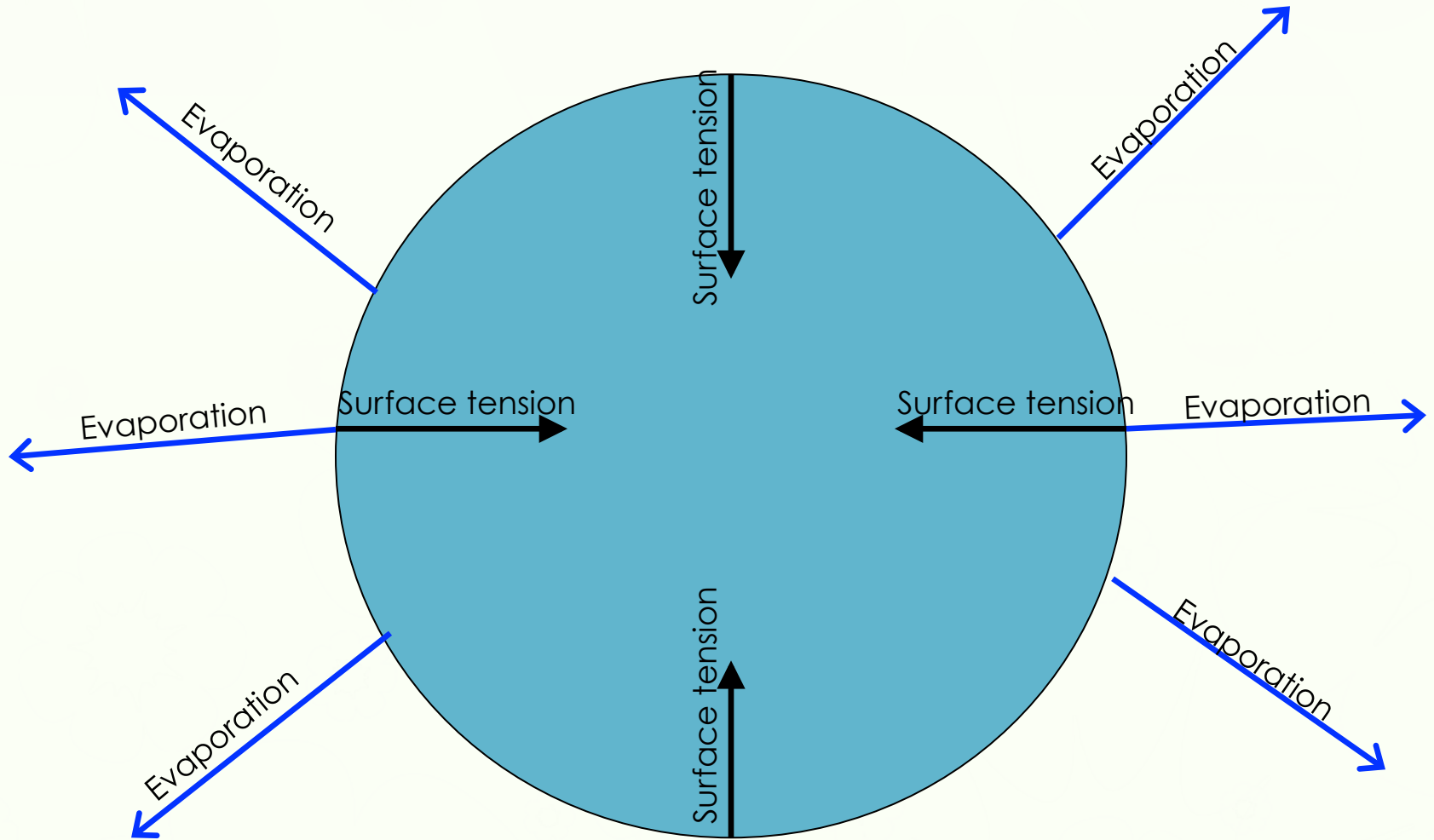
# Ngưng kết thuần túy

❁ Giọt nước vô cùng nhỏ



# Ngưng kết thuần túy

❁ Giọt nước vô cùng nhỏ

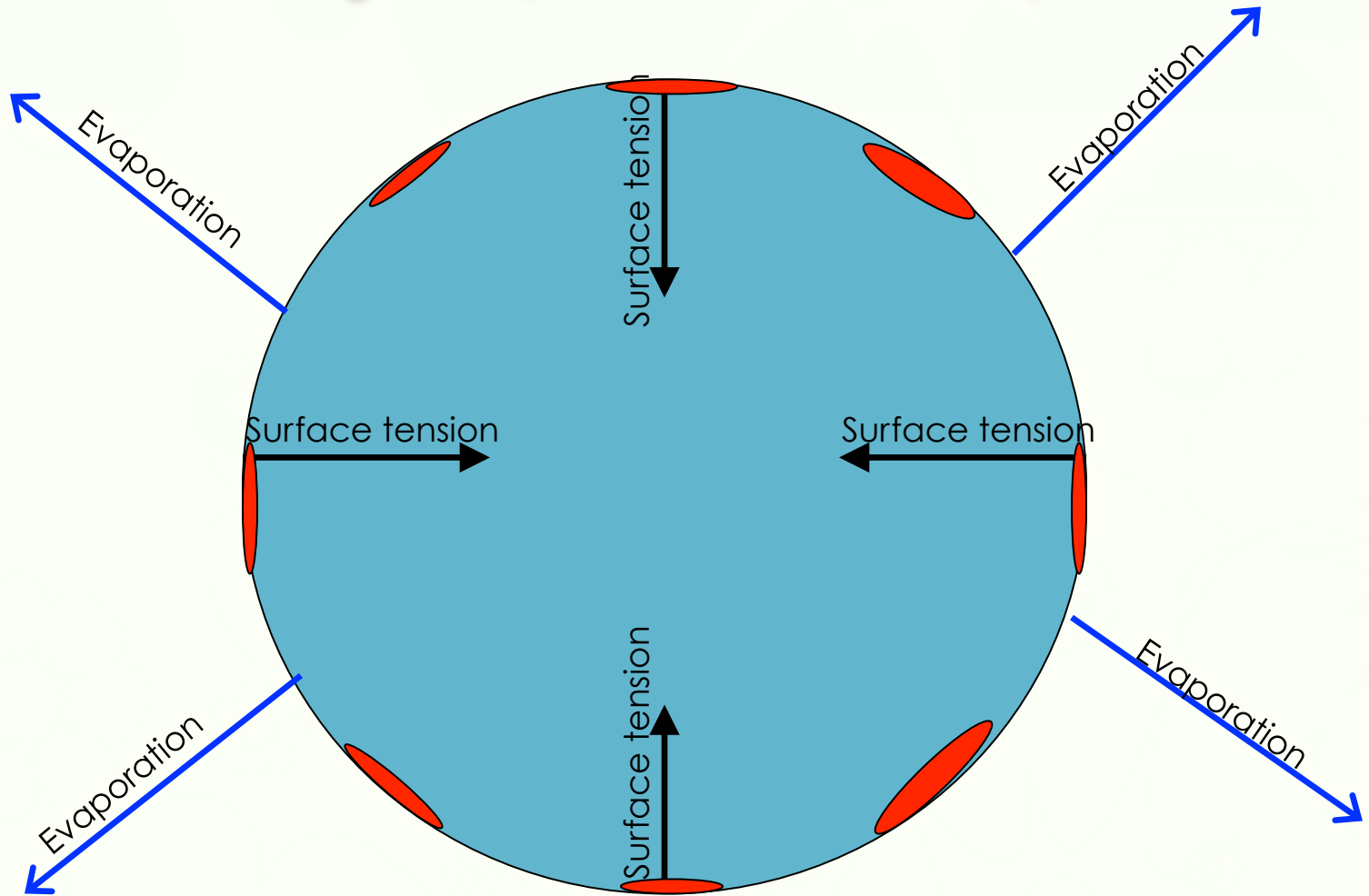


# Ngưng kết và aerosols

- ❁ Nhân ngưng kết không thuần túy: Sự hình thành các giọt nước trên các hạt aerosols (Nhân ngưng kết)
  - ❁ Các hạt aerosols hoà tan vào giọt nước
  - ❁ Xảy ra khi ở trạng thái gần bão hoà
  - ❁ Cũng có thể xảy ra khi các hạt aerosols có kích thước lớn và không hoà tan

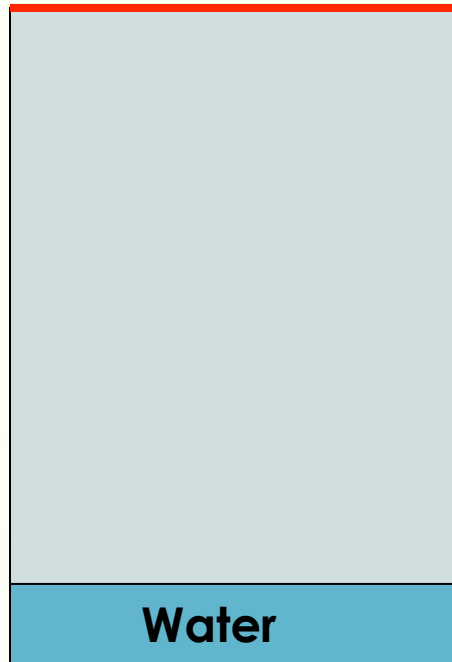
# Ngưng kết và aerosols

- ❁ Giọt nước vô cùng nhỏ (có aerosol hoà tan)



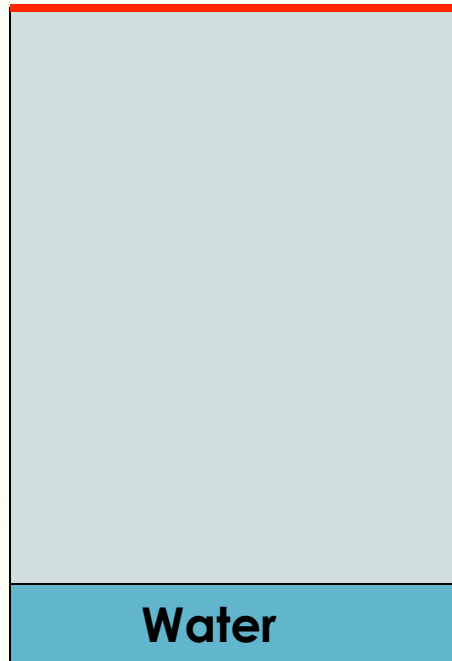
# Mây trong bình

- ❁ Nén khí vào mỗi bình, chờ một lúc rồi mở nắp bình

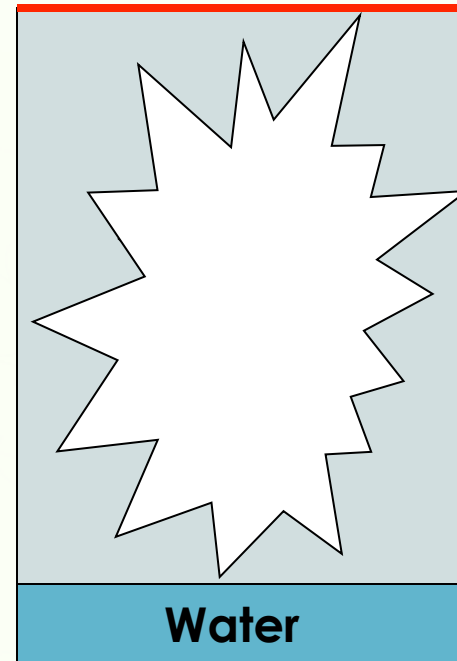


# Mây trong bình

❁ Nén khí vào mỗi bình, chờ một lúc rồi mở nắp bình



No Cloud!!



Cloud!!

# Nhân băng

- ❁ Nhân băng là hạt băng trông như hạt bụi (aerosol) trong đó băng hình thành khi bão hoà
  - ❁ Nhân băng phụ thuộc vào nhiệt độ
    - ❁  $0^{\circ}\text{C} > T > -4^{\circ}\text{C}$       Không có nhân băng
    - ❁  $-4^{\circ}\text{C} > T > -10^{\circ}\text{C}$       Có một ít nhân băng
    - ❁  $-10^{\circ}\text{C} > T$       Tương đối nhiều nhân băng
- ❁ Kết quả là nước siêu lạnh tồn tại như sương mù và mây ở nhiệt độ trong khoảng  $0^{\circ}\text{C}$  và  $-10^{\circ}\text{C}$
- ❁ Dưới  $-10^{\circ}\text{C}$  có sự pha trộn của nước và băng siêu lạnh

# Ngưng kết trong khí quyển

- ❁ Sự ngưng kết tạo thành mây và sương mù từ việc làm lạnh theo hai hình thức
  - ❁ Làm lạnh phi đoạn nhiệt: Không khí mất nhiệt do trao đổi với xung quanh (không khí bề mặt lạnh đi về ban đêm)
  - ❁ Làm lạnh đoạn nhiệt: Không khí mất nhiệt không có quá trình trao đổi với xung quanh (không khí bị lạnh đi do thăng lên)

# Làm lạnh và đốt nóng đoạn nhiệt

Xét một phần tử không khí (quả bóng thám không)

## ❁ Không khí chuyển động lên

- 1) Khí áp môi trường xung quanh giảm
- 2) Phần tử không khí giãn nở (đòi hỏi công sinh ra)
- 3) Không khí bị lạnh đi do công sinh ra là từ nội năng

## ❁ Không khí chuyển động xuống

- 1) Khí áp môi trường xung quanh tăng
- 2) Phần tử không khí bị nén (đòi hỏi công sinh ra)
- 3) Không khí bị làm nóng lên do công được thực hiện bởi chính phần tử không khí (nội năng)

# Làm lạnh và đốt nóng đoạn nhiệt

❁ Gradient đoạn nhiệt khô (Dry adiabatic lapse rate): Mức độ làm lạnh (đốt nóng) không khí chưa bão hoà khi nó chuyển động lên (chuyển động xuống)

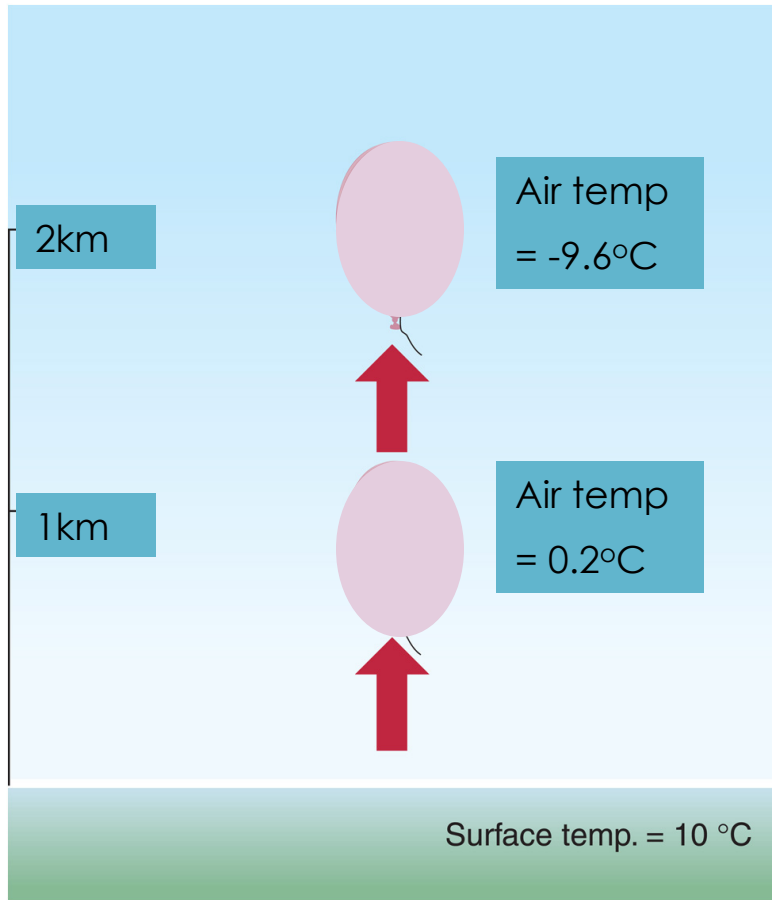
$$= 9.8^{\circ}\text{C}/\text{km} \text{ (là hằng số)}$$

❁ Gradient đoạn nhiệt ẩm (Moist adiabatic lapse rate): Mức độ làm lạnh (đốt nóng) không khí đã bão hoà khi nó chuyển động lên (chuyển động xuống)

$$\sim 5^{\circ}\text{C}/\text{km} \text{ (variable)}$$

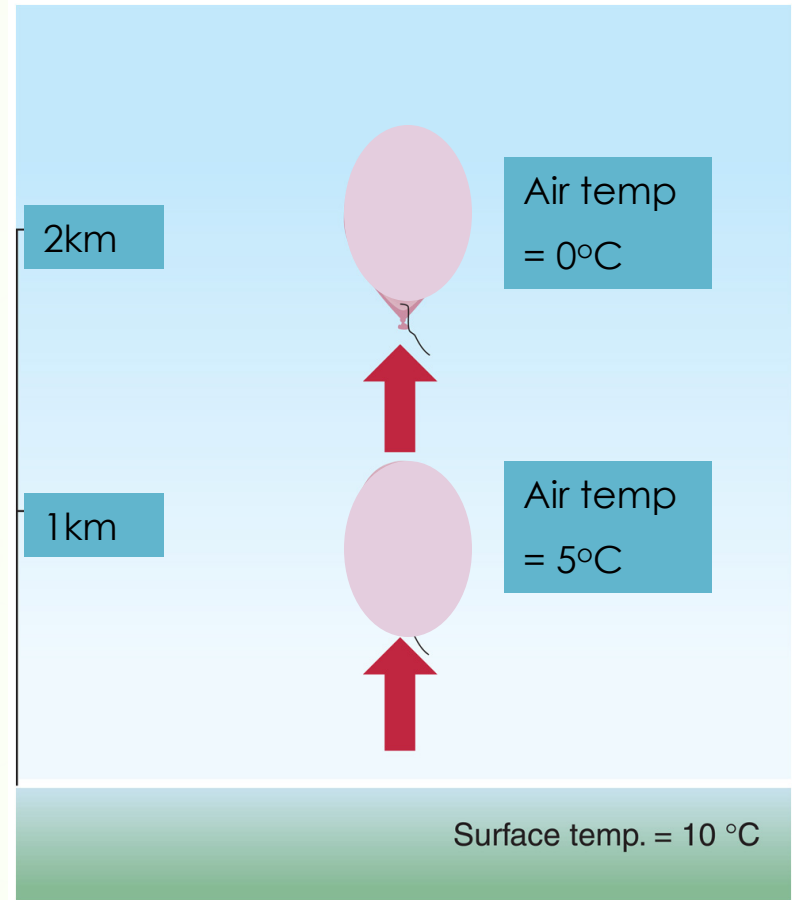
→ Nhỏ hơn gradient đoạn nhiệt khô?

# Gradient đoạn nhiệt khô và đoạn nhiệt ẩm



© 2010 Pearson Education, Inc.

Không khí chưa bão hoà ( $9.8^{\circ}\text{C}/\text{km}$ )

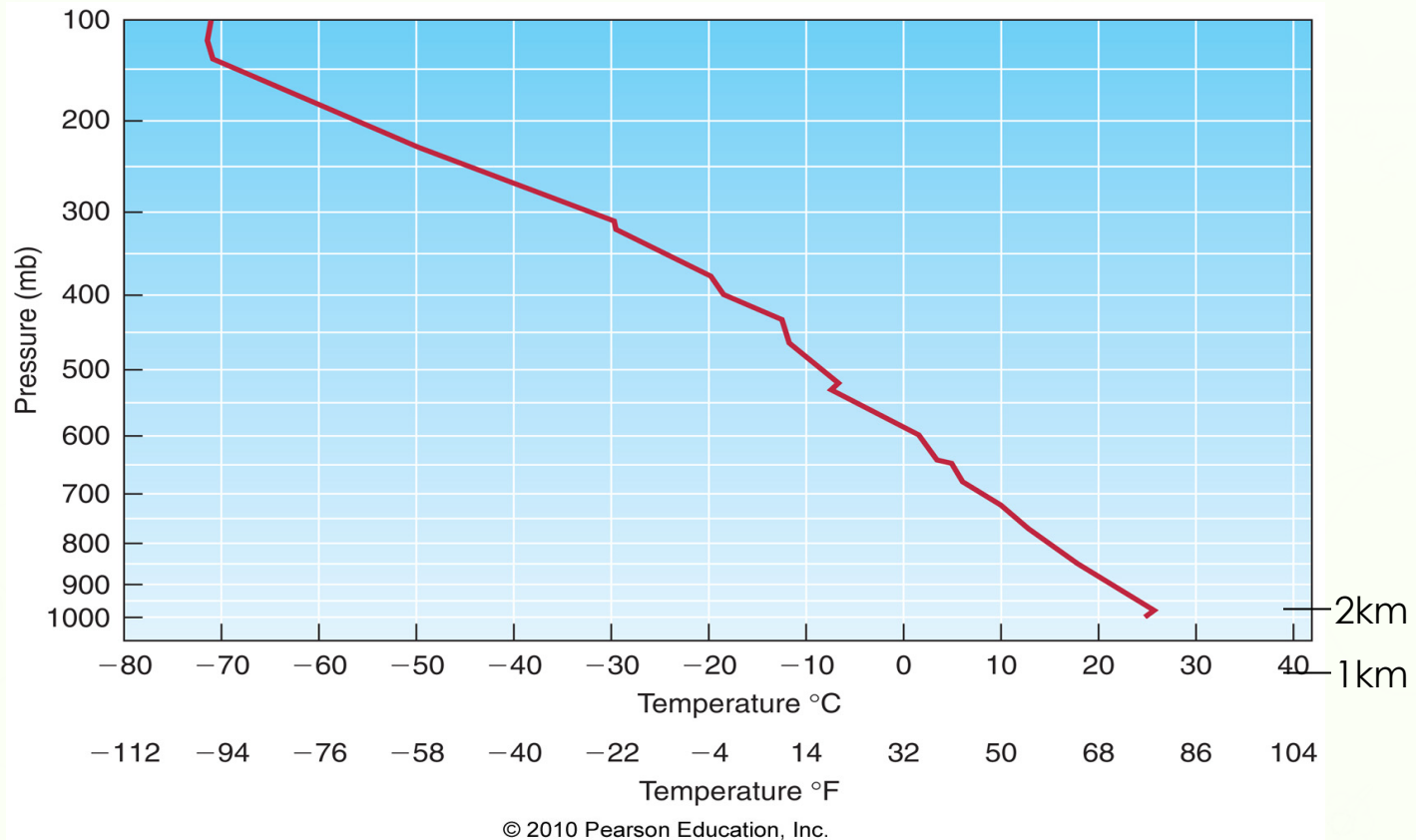


© 2010 Pearson Education, Inc.

Không khí đã bão hoà ( $5^{\circ}\text{C}/\text{km}$ )

# Làm lạnh và đốt nóng đoạn nhiệt

- ❁ Gradient nhiệt độ môi trường: Mức độ thay đổi nhiệt độ không khí theo độ cao



# Các dạng ngưng kết

- ❁ Sương: Sự ngưng kết hơi nước trên bề mặt hoặc trên các vật ở bề mặt



(a)

# Các dạng ngưng kết

- ❁ Sương giá, băng giá: Sự đông kết hơi nước trên bề mặt hoặc trên các vật ở bề mặt



(b)

# Các dạng ngưng kết

- ❁ Đóng băng, đông lạnh: Ngưng kết thành băng
- ❁ Sương mù: Sự ngưng kết của hơi nước gần bề mặt đất hình thành đám mây tiếp xúc với bề mặt
- ❁ Mây: Sự ngưng kết hơi nước ở trên cao

# Sương mù

- ❁ **Sương mù bức xạ:** Hình thành về ban đêm do không khí bị làm lạnh khi tiếp xúc với bề mặt
  - ❁ Liên quan với hiện tượng nghịch nhiệt
- ❁ **Sương mù bình lưu:** Hình thành khi không khí nóng, ẩm di chuyển trên bề mặt lạnh hơn và bị làm lạnh
- ❁ **Sương mù sườn dốc:** Hình thành do sự lạnh đi của không khí khi di chuyển lên dọc sườn dốc
- ❁ **Sương mù bốc hơi (Steam fog):** Hình thành khi không khí nóng, ẩm trộn lẫn với không khí lạnh hơn
- ❁ **Sương mù giáng thủy (Precipitation fog):** Hình thành khi các hạt nước mưa bị bốc hơi bổ sung hơi nước vào môi trường xung quanh sau đó ngưng kết

# Sương mù bình lưu



# Sương mù bốc hơi

