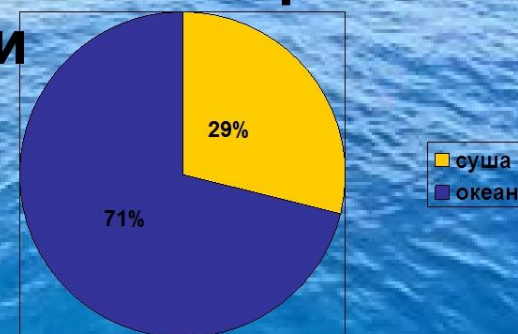




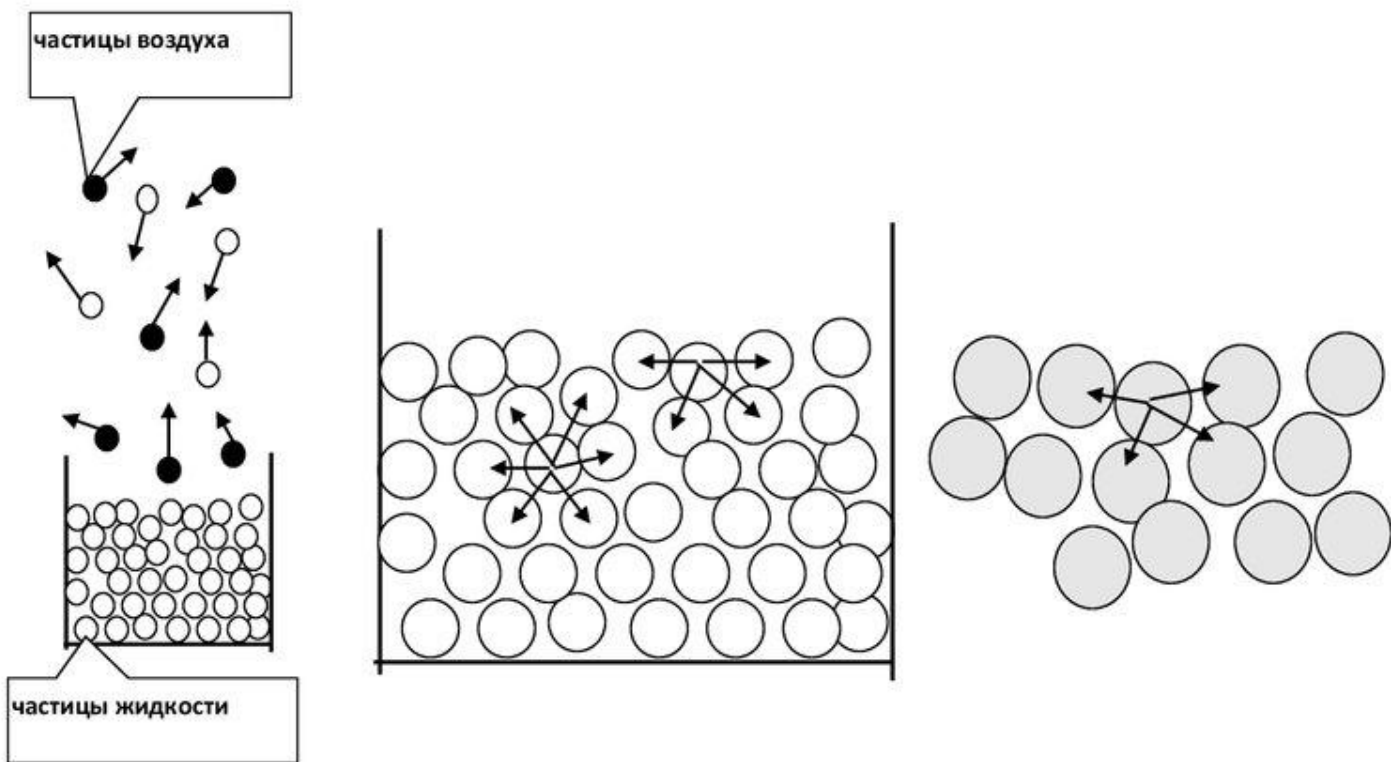
**Влажность воздуха**



## Соотношение сухопутной и водной поверхности земли



# МОЛЕКУЛЯРНАЯ МОДЕЛЬ ИСПАРЕНИЯ:



**Скорость испарения зависит от**

```
graph TD; A[Скорость испарения зависит от] --> B[ветра]; A --> C[Рода жидкости]; A --> D[Температуры жидкости]; A --> E[Площади поверхности жидкости];
```

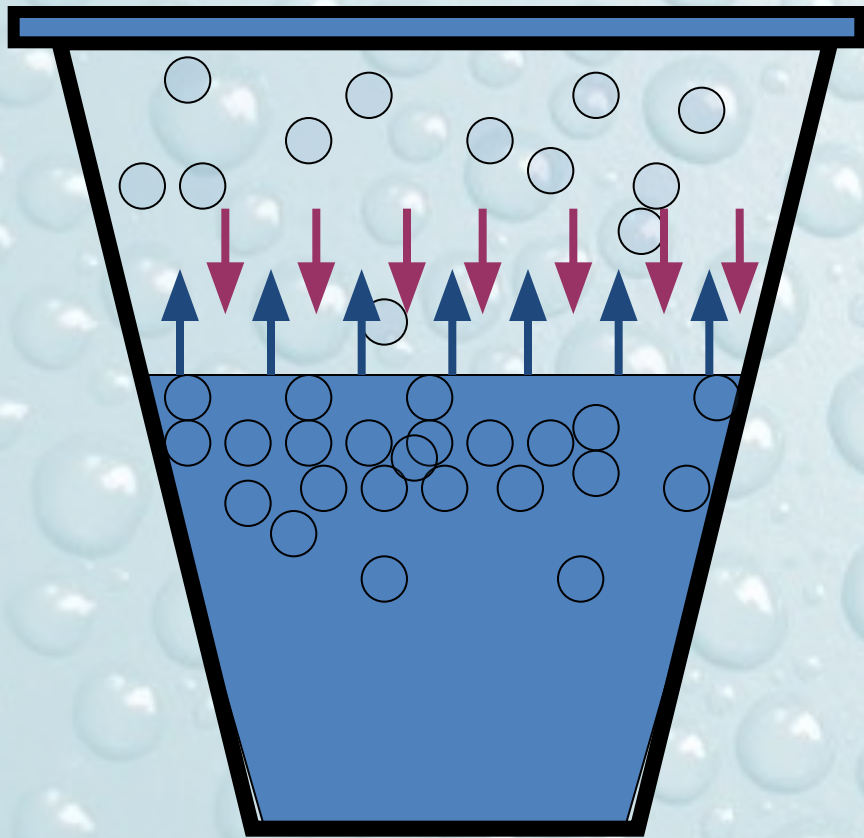
The diagram consists of a top box with the text 'Скорость испарения зависит от'. From the bottom of this box, four arrows point downwards to four separate boxes below it. The boxes are arranged vertically and contain the following text from top to bottom: 'ветра', 'Рода жидкости', 'Температуры жидкости', and 'Площади поверхности жидкости'.

**ветра**

**Рода жидкости**

**Температуры жидкости**

**Площади поверхности жидкости**



Пар, находящийся в состоянии динамического равновесия со своей жидкостью, называется **НАСЫЩЕННЫМ**

Процессы, происходящие в закрытом сосуде

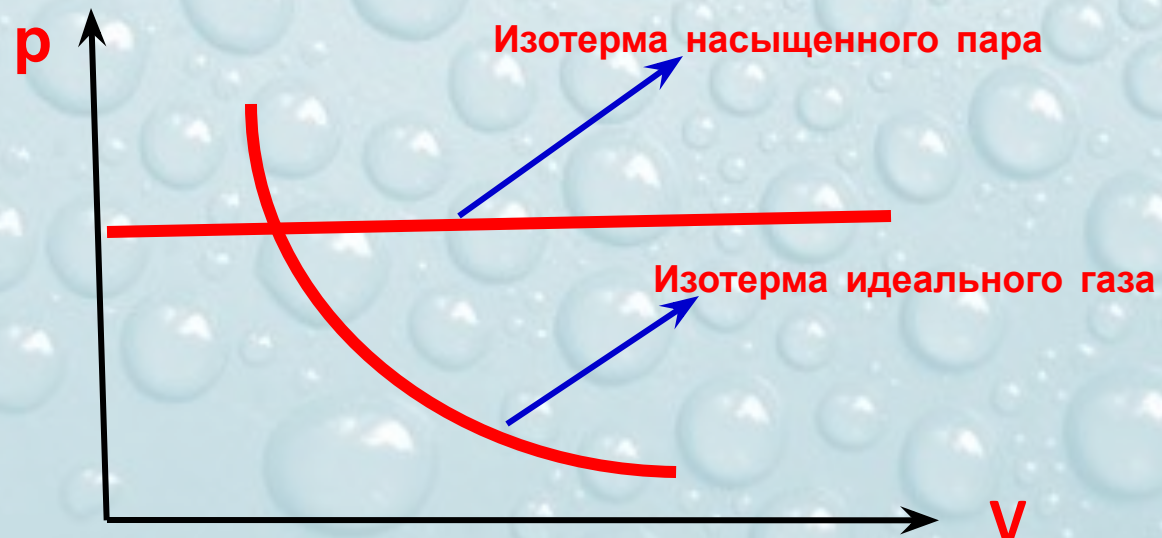
Процесс испарения, скорость которого постепенно уменьшается

Процесс конденсации, скорость которого постепенно возрастает

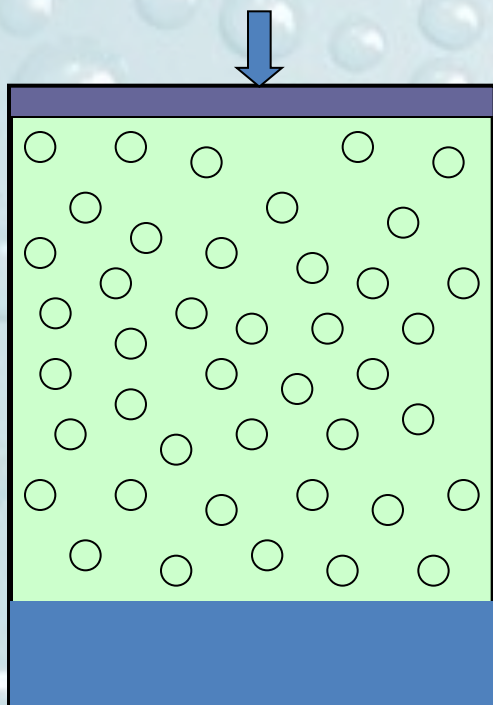
С течением времени в сосуде устанавливается **динамическое равновесие** (число молекул, покидающих жидкость в единицу времени, равно числу молекул, возвращающихся в жидкость)

# Свойства насыщенного пара:

1. Насыщенный пар можно считать идеальным газом и применить к нему уравнение Клапейрона - Менделеева
2. При изотермическом сжатии и расширении насыщенного пара его давление не изменяется



## Изотермическое сжатие



**Молекулы пара переходят в жидкость, число молекул пара уменьшается, но растет число молекул жидкости.**

**Масса жидкости возрастает**

### 3. Давление и плотность насыщенного пара зависят от температуры

Зависимость давления  $P$  и плотности  $\rho$  насыщенного водяного пара от температуры

| $t, ^\circ\text{C}$ | $P, \text{кПа}$ | $\rho, \text{г/м}^3$ | $t, ^\circ\text{C}$ | $P, \text{кПа}$ | $\rho, \text{г/м}^3$ |
|---------------------|-----------------|----------------------|---------------------|-----------------|----------------------|
| - 5                 | 0,40            | 3,2                  | 11                  | 1,33            | 10,0                 |
| 0                   | 0,61            | 4,8                  | 12                  | 1,40            | 10,7                 |
| 1                   | 0,65            | 5,2                  | 13                  | 1,49            | 11,4                 |
| 2                   | 0,71            | 5,6                  | 14                  | 1,60            | 12,1                 |
| 3                   | 0,76            | 6,0                  | 15                  | 1,71            | 12,8                 |
| 4                   | 0,81            | 6,4                  | 16                  | 1,81            | 13,6                 |
| 5                   | 0,88            | 6,8                  | 17                  | 1,93            | 14,5                 |
| 6                   | 0,93            | 7,3                  | 18                  | 2,07            | 15,4                 |
| 7                   | 1,0             | 7,8                  | 19                  | 2,20            | 16,3                 |
| 8                   | 1,06            | 8,3                  | 20                  | 2,33            | 17,3                 |
| 9                   | 1,14            | 8,8                  | 25                  | 3,17            | 23,0                 |
| 10                  | 1,23            | 9,4                  | 50                  | 12,3            | 83,0                 |

4. При данной температуре давление и плотность насыщенного пара являются максимальными

Пар, давление и плотность которого меньше давления и плотности насыщенного пара, называется ненасыщенным паром

$p_H, \rho_H$  —

плотность и давление насыщенного пара

$p, \rho$  —

плотность и давление ненасыщенного пара

$$\begin{aligned} \rho &\leq \rho_H \\ p &\leq p_H \end{aligned}$$

При охлаждении ненасыщенный пар становится насыщенным паром.

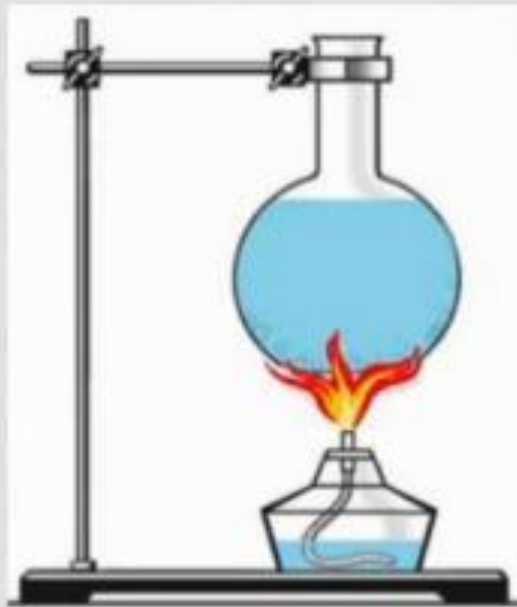
Температура, при охлаждении до которой ненасыщенный пар становится насыщенным, называется точкой росы

При превращении ненасыщенного пара в насыщенный излишек водяных паров в результате конденсации превращается в воду и выделяется в виде росы.

# КИПЕНИЕ

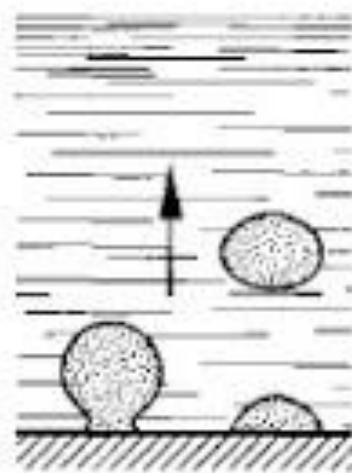
**Кипение** – это интенсивный переход жидкости в пар, происходящий с образованием пузырьков пара по всему объему жидкости при определенной температуре

**Температура кипения** – температура при которой жидкость кипит

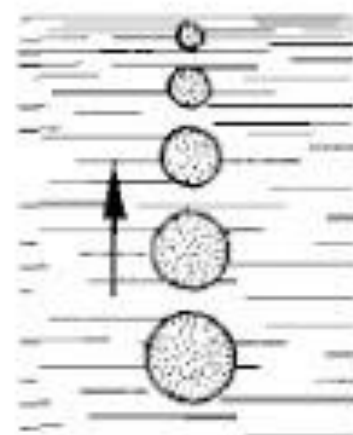




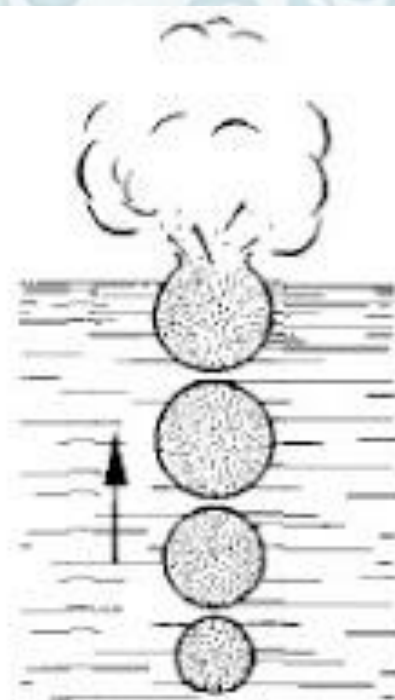
a)



б)



в)



г)

# Таблица сравнения процессов



| <b>Испарение</b>                                  | <b>Кипение</b>                                      |
|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| Процесс парообразования                           | Процесс парообразования                             |
| Парообразование происходит с поверхности жидкости | Парообразование происходит по всему объему жидкости |
| Происходит при любой температуре                  | Происходит при температуре кипения                  |
| Температура понижается                            | Температура не изменяется                           |

# ВЛАЖНОСТЬ ВОЗДУХА

## АБСОЛЮТНАЯ

$\rho$  - количество водяного пара, содержащегося в 1 м<sup>3</sup> воздуха , т.е.  
**плотность водяного пара.**

$$\rho = \frac{MP}{RT}$$

Давление, которое производил бы водяной пар, если бы другие газы отсутствовали, называют **парциальным давлением водяного пара**

# ВЛАЖНОСТЬ ВОЗДУХА

## ОТНОСИТЕЛЬНАЯ

$\varphi$  - относительная влажность воздуха -  
показывает, как далек пар от насыщения (%)

$$\varphi = \frac{p_n}{p_{н.п.}} \cdot 100\%$$

отношение парциального давления **p** п водяного пара, содержащегося в воздухе при данной температуре, к давлению **p** н.п. насыщенного пара при той же температуре, выраженное в процентах.

# Точка росы



Сухость или влажность воздуха зависит от того, насколько близок его водяной пар к насыщению.

Если влажный воздух охладить, то находящийся в нем пар можно довести до насыщения, и далее он будет конденсироваться.



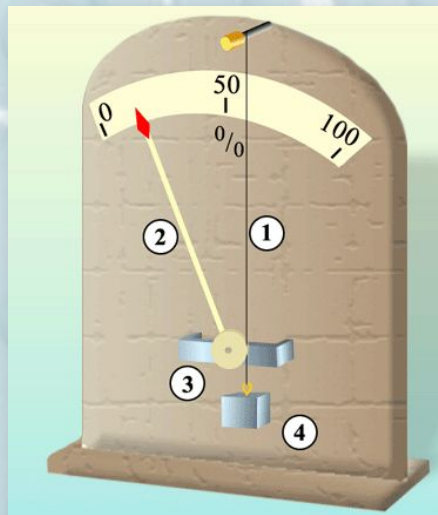
Признаком того, что пар насытился является появление первых капель сконденсировавшейся жидкости - **росы**.

Температура, при которой пар, находящийся в воздухе, становится насыщенным, называется точкой росы.



# Приборы для определения относительной влажности воздуха

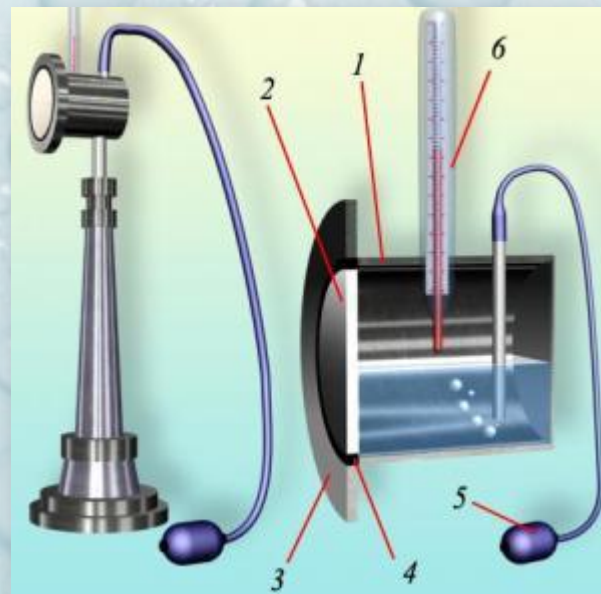
Волосной  
гигрометр



Психрометр



Конденсационный  
гигрометр



# Волосной гигрометр



- 1 - волос
- 2 - стрелка
- 3 - ролик
- 4 - груз



Принцип действия волосного гигрометра основан на свойстве обезжиренного волоса (человека или животного) **изменять свою длину в зависимости от влажности воздуха**, в котором он находится.



**ИЗМЕРЕНИЕ  
ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА  
МЕТОДОМ ТОЧКИ РОСЫ  
12**



# Психрометр

В психрометре есть два термометра. Один - обычный, его называют **сухим**. Он измеряет температуру окружающего воздуха. Колба другого термометра обмотана тканевым фитилем и опущена в емкость с водой. Второй термометр показывает не температуру воздуха, а **температуру влажного фитиля**, отсюда и название **увлажненный термометр**.



| Показания<br>сухого термо-<br>метра, °C | Разность показаний сухого и влажного термометра, °C |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|                                         | 0                                                   | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 |
|                                         | Относительная влажность, %                          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 0                                       | 100                                                 | 81 | 63 | 45 | 28 | 11 | —  | —  | —  | —  | —  |
| 2                                       | 100                                                 | 84 | 68 | 51 | 35 | 20 | —  | —  | —  | —  | —  |
| 4                                       | 100                                                 | 85 | 70 | 56 | 42 | 28 | 14 | —  | —  | —  | —  |
| 6                                       | 100                                                 | 86 | 73 | 60 | 47 | 35 | 23 | 10 | —  | —  | —  |
| 8                                       | 100                                                 | 87 | 75 | 63 | 51 | 40 | 28 | 18 | 7  | —  | —  |
| 10                                      | 100                                                 | 88 | 76 | 65 | 54 | 44 | 34 | 24 | 14 | 5  | —  |
| 12                                      | 100                                                 | 89 | 78 | 68 | 57 | 48 | 38 | 29 | 20 | 11 | —  |
| 14                                      | 100                                                 | 89 | 79 | 70 | 60 | 51 | 42 | 34 | 25 | 17 | 9  |
| 16                                      | 100                                                 | 90 | 81 | 71 | 62 | 54 | 45 | 37 | 30 | 22 | 15 |
| 18                                      | 100                                                 | 91 | 82 | 73 | 65 | 56 | 49 | 41 | 34 | 27 | 20 |
| 20                                      | 100                                                 | 91 | 83 | 74 | 66 | 59 | 51 | 44 | 37 | 30 | 24 |
| 22                                      | 100                                                 | 92 | 83 | 76 | 68 | 61 | 54 | 47 | 40 | 34 | 28 |
| 24                                      | 100                                                 | 92 | 84 | 77 | 69 | 62 | 56 | 49 | 43 | 37 | 31 |
| 26                                      | 100                                                 | 92 | 85 | 78 | 71 | 64 | 58 | 51 | 46 | 40 | 34 |
| 28                                      | 100                                                 | 93 | 85 | 78 | 72 | 65 | 59 | 53 | 48 | 42 | 37 |

# Зона комфорта для человека.

влажность

60%

40%



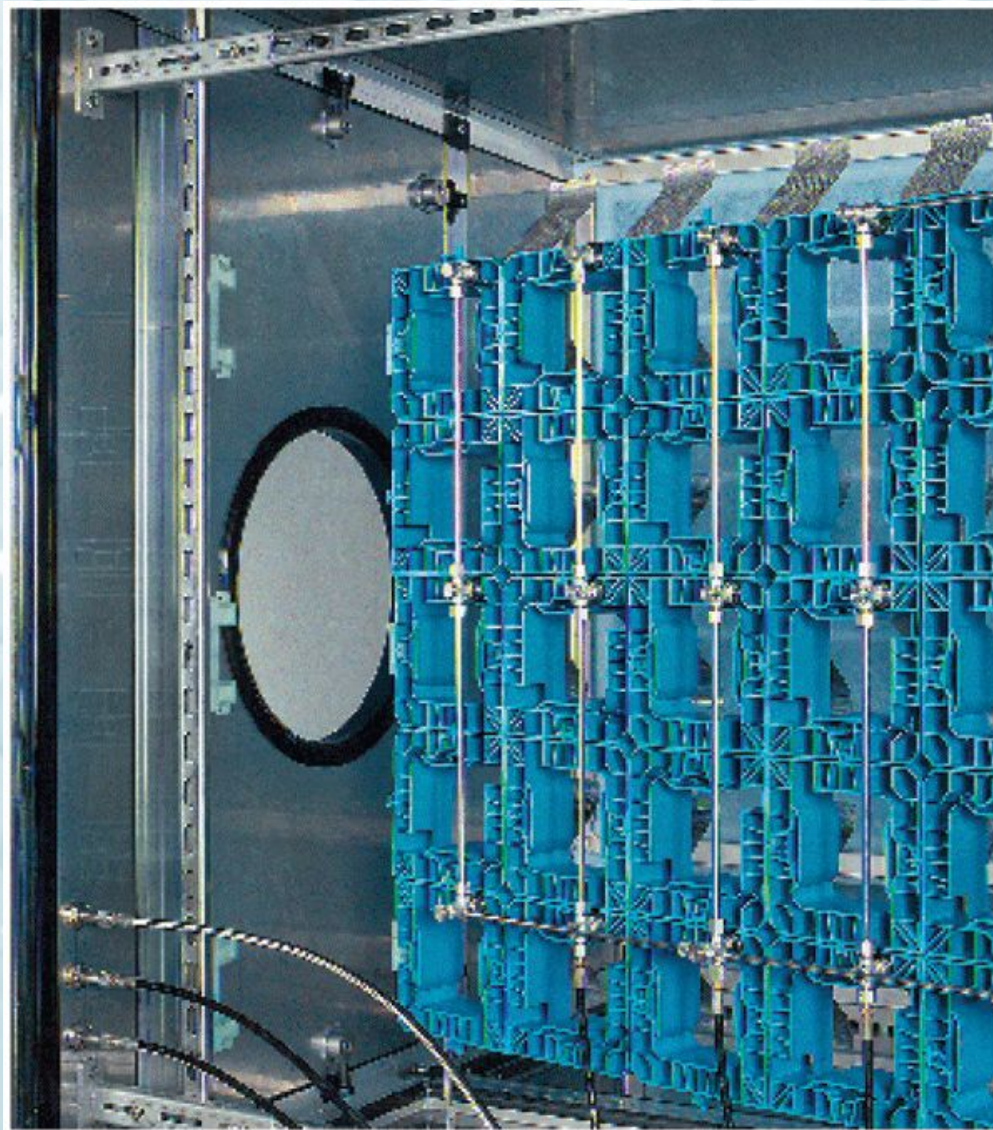
Зона комфорта

20 °C

25 °C

температура

# УВЛАЖНИТЕЛИ ВОЗДУХА



# ОСУШИТЕЛИ ВОЗДУ



# Интересные явления, связанные с водяным паром в воздухе.

**Облака** — взвешенные в атмосфере продукты конденсации водяного пара, видимые на небе с поверхности земли. Облака состоят из мельчайших капель воды и/или кристаллов льда (называемых *облачными элементами*). Капельные облачные элементы наблюдаются при температуре воздуха в облаке выше  $-10^{\circ}\text{C}$ ; от  $-10$  до  $-15^{\circ}\text{C}$  облака имеют смешанный состав (капли и кристаллы), а при температуре в облаке ниже  $-15^{\circ}\text{C}$  — кристаллические.



# Интересные явления, связанные с водяным паром в воздухе.

**Туман** — это обычное облако, но только лежащее на поверхности земли или моря. Оно состоит из водяных капелек, слишком маленьких, чтобы их можно было увидеть. Но их так много, что объекты, находящиеся рядом, плохо различимы. Туман образуется, когда воздух, насыщенный водяными парами, охлаждается до температуры, ниже точки росы.

Относительная влажность воздуха при туманах обычно близка к 100 % (по крайней мере, превышает 85–90 %).



# Интересные явления, связанные с водяным паром в воздухе.

**Роса** – вид атмосферных осадков, образующихся на поверхности земли, растениях, предметах, крышах зданий, автомобилях и других предметах.

Из-за охлаждения воздуха водяной пар конденсируется на объектах вблизи земли и превращается в капли воды. Это происходит обычно ночью. В пустынных регионах роса является важным источником влаги для растительности.



# Интересные явления, связанные с водяным паром в воздухе.

**Иней.** При охлаждении избыток воды собирается на поверхности предметов. Когда температура опускается ниже  $0^{\circ}\text{C}$ , вода затвердевает и кристаллики льда покрывают поверхность тел. Иней, который часто называют "изморозью", бывает двух видов: гранулированный и кристаллический. Гранулированный иней – это просто замерзший туман. Кристаллический иней образуется из водяных паров воздуха на растениях.



# Как образуется дождь?

Когда капельки воды в облаке сливаются друг с другом, они как бы набухают, увеличиваясь в размере (с Земли мы наблюдаем это как превращение белых облаков в серые тучи). Наконец, капли становятся настолько тяжелыми, что проливаются на Землю — начинается дождь.

Маленькие капли воды почти идеально круглые, потому что их собирает в шар сила поверхностного натяжения. А вот капли побольше имеют вытянутую форму, потому что они слишком тяжелые и силы поверхностного натяжения не хватает на то, чтобы удержать их в форме шара.

# Как образуется град?

Град образуется, когда дождевые капли по пути к земле проходят через слой холодного воздуха и замерзают. Из отдельных дождевых капель получаются очень маленькие градинки. Когда маленькие градины падают и встречают по пути сильные восходящие воздушные потоки, они могут подняться обратно до того уровня, где образуются дождевые капли. К градине пристают новые капли, и когда она вновь пролетает через холодные слои, вода обволакивает ее и замерзает, увеличивая таким образом размер градины. Поднимание и опускание градины может происходить неоднократно до тех пор, пока на ней не нарастет количество слоев, увеличивающее ее вес настолько, что она оказывается в состоянии преодолеть силу восходящих воздушных потоков и падает на землю. Таким образом появляются градины диаметром в 8-10 сантиметров и весом до 0,5 кг.

# Как образуются снежинки?

Зимой ветер гонит облака со стороны более теплых океанов к суше, где температура ниже и водяной пар при температуре ниже  $0^{\circ}\text{C}$  превращается в мельчайшие кристаллики льда, которые, проходя сквозь другие облака, соединяются с другими кристалликами и образуют снежинки.



# Чем отличается туман, иней, роса от дождя и снега?

Туман, иней, роса отличаются от дождя и снега тем, что водяной пар охлаждается до капелек воды (туман) или кристалликов льда (иней) прямо у поверхности Земли, не поднимаясь для этого вверх в атмосферу.

# Интересные явления, связанные с водяным паром в воздухе.

## Эффект Прандтля — Глоерта

явление, заключающееся в возникновении облака позади объекта, летящего на околосвуковой скорости в условиях повышенной влажности воздуха. Чаще всего наблюдается у самолётов. При очень высокой влажности этот эффект возникает также при полётах на меньших скоростях.



# Интересные явления, связанные с водяным паром в воздухе.

**Паргелий** (от др.-греч. пара- и ἥλιος «солнце» — ложное солнце) — один из видов гало, выглядит как светлое радужное пятно на уровне солнца. Возникает вследствие преломления солнечного света в анизотропно ориентированных кристалликах льда, парящих в атмосфере.

