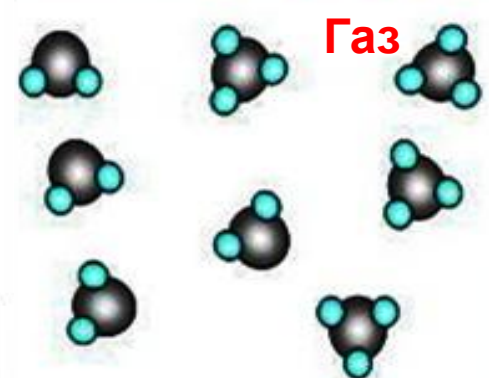
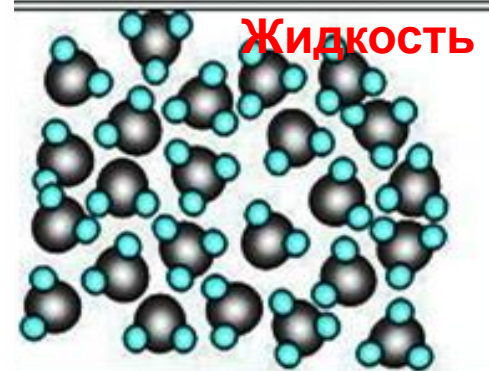
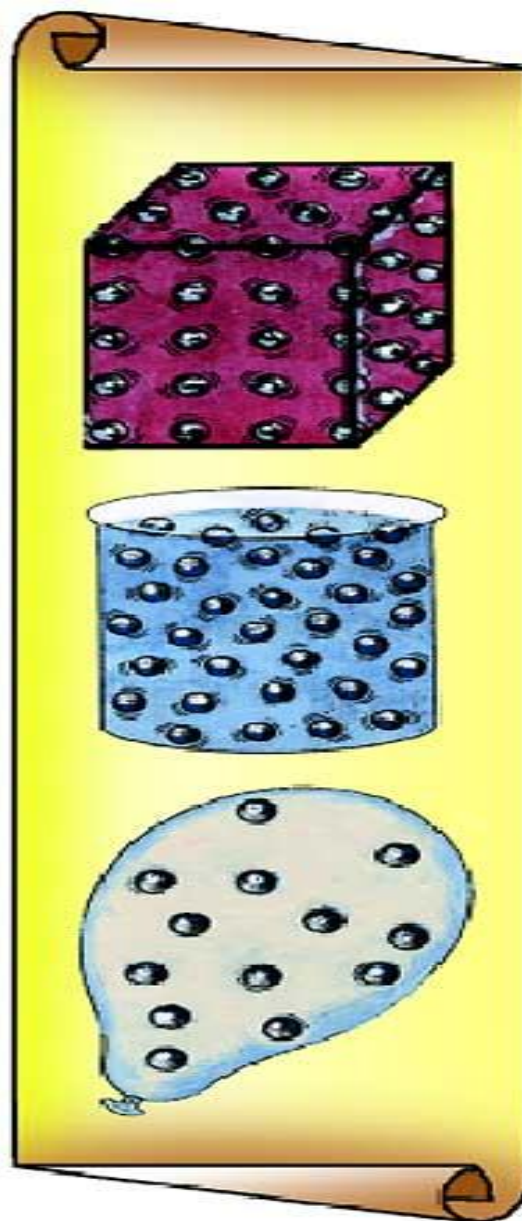


# Свойства паров

# Фазовые переходы

- Любое вещество при определенных условиях может находиться **в различных агрегатных состояниях** – **твердом, жидком и газообразном**.
- Переход из одного состояния в другое называется **фазовым**



# Интересные факты:

- Всё известное вещество на Земле и за ее пределами состоит из химических элементов. Общее количество встречающихся в природе химических элементов – 94.
- При нормальной температуре **2** из них находятся в жидком состоянии, **11** – в газообразном и **81** (включая 72 металла) – в твёрдом.
- Жидкий воздух получили только в 1877 году под большим давлением, а гелий впервые был превращен в жидкость лишь в 1908 году.
- **ИНТЕРЕСНО, ЧТО ...**
- ... **из всех известных элементов в обычных условиях в жидком состоянии встречаются только два - ртуть и бром.**

# Парообразование

- **Парообразование** — явление превращения жидкости в газ (пар).



Испарение над кружкой чая

## Виды парообразования

### Испарение

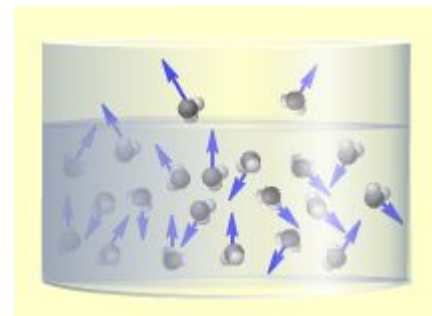
Парообразование, происходящее **с поверхности жидкости**

### Кипение

**Интенсивный** переход жидкости в пар, происходящий **с образованием пузырьков пара** по всему объему жидкости **при определенной температуре**

# Испарение

- - это **парообразование с поверхности жидкости.**
- При испарении жидкость **покидают более быстрые молекулы**, обладающие большей скоростью.
- Испарение **происходит при любой температуре**, т.к. при любой температуре в жидкости находятся такие молекулы, которые обладают достаточной кинетической энергией, чтобы преодолеть силы сцепления



# От чего зависит скорость испарения?

От

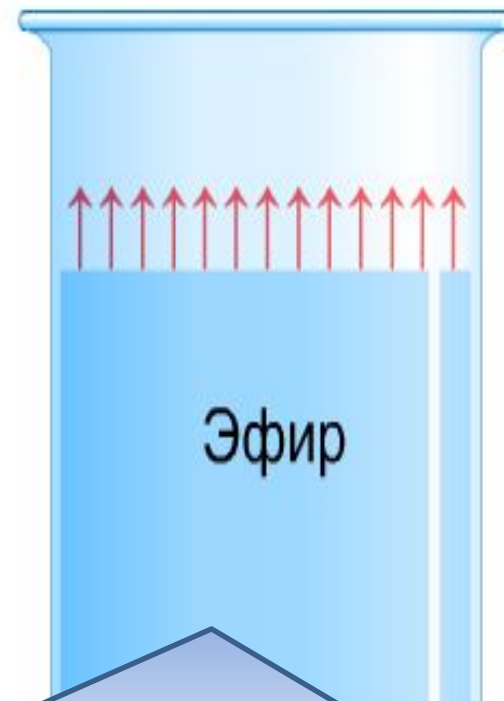
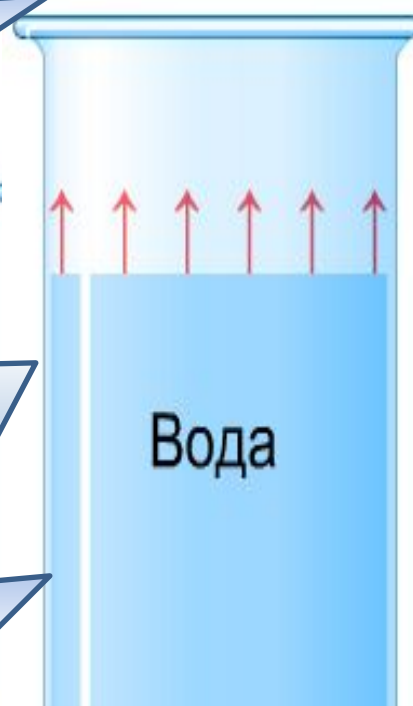
температуры

От площади  
поверхности  
жидкости

От движения  
воздуха  
(ветра)

От рода  
жидкости

происходит быстрее



Быстрее испаряется та  
жидкость, молекулы которой  
притягиваются друг к другу с  
меньшей силой

# Возгонка и сублимация



- Существует ещё один интересный вид парообразования, когда твердое тело, минуя жидкое состояние, превращается в газ - **возгонка**.
- Такой особенностью обладают, например, кристаллы **йода**, **нафталина**, обычного и "**сухого**" **льда**.
- Возгонка льда возможна практически **при любой отрицательной температуре** в сухом воздухе, что практически бывает при сильном морозе.
- Обратный процесс превращения газа непосредственно в твердое вещество называется **сублимацией** (иней на деревьях и снег в тучах).
- **Центрами кристаллизации** здесь служат микроскопические пылинки и кристаллики соли, взвешенные в воздухе.

# Конденсация



• Процесс превращения пара в жидкость называется **конденсацией**.

• Конденсация пара сопровождается **выделением энергии**;



• **Пары воды** в верхних (холодных) слоях атмосферы **превращаются в облака**



• Летним вечером или под утро, когда становится **холоднее, выпадает роса**



# Насыщенный пар

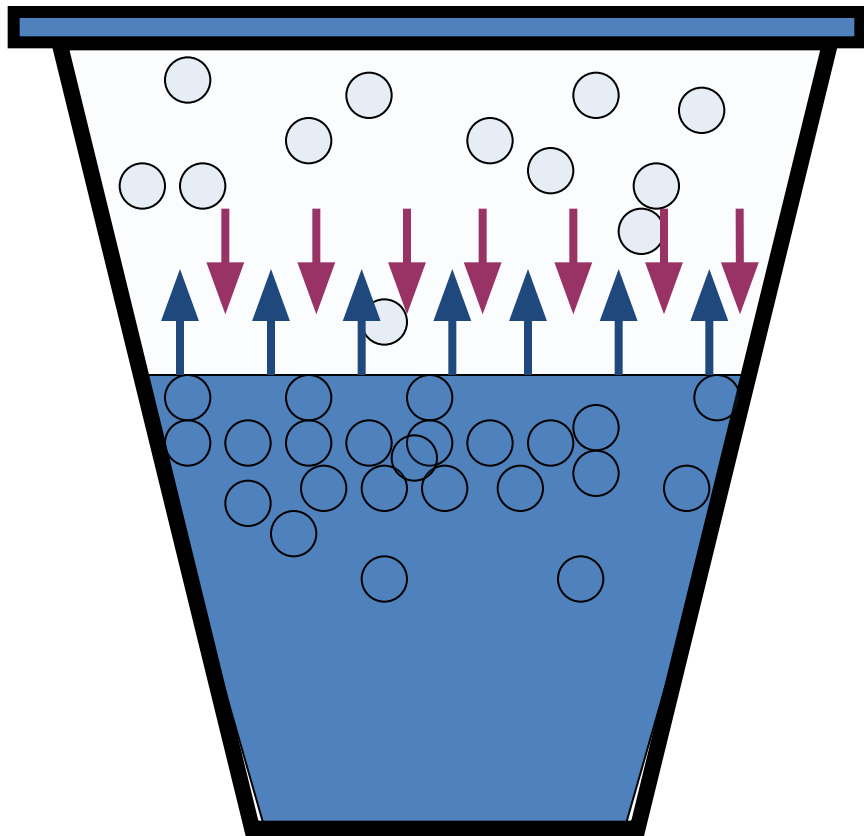
Пар, находящийся в динамическом равновесии со своей жидкостью называется  
**насыщенным паром**

Насыщенный пар



Ненасыщенный пар





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

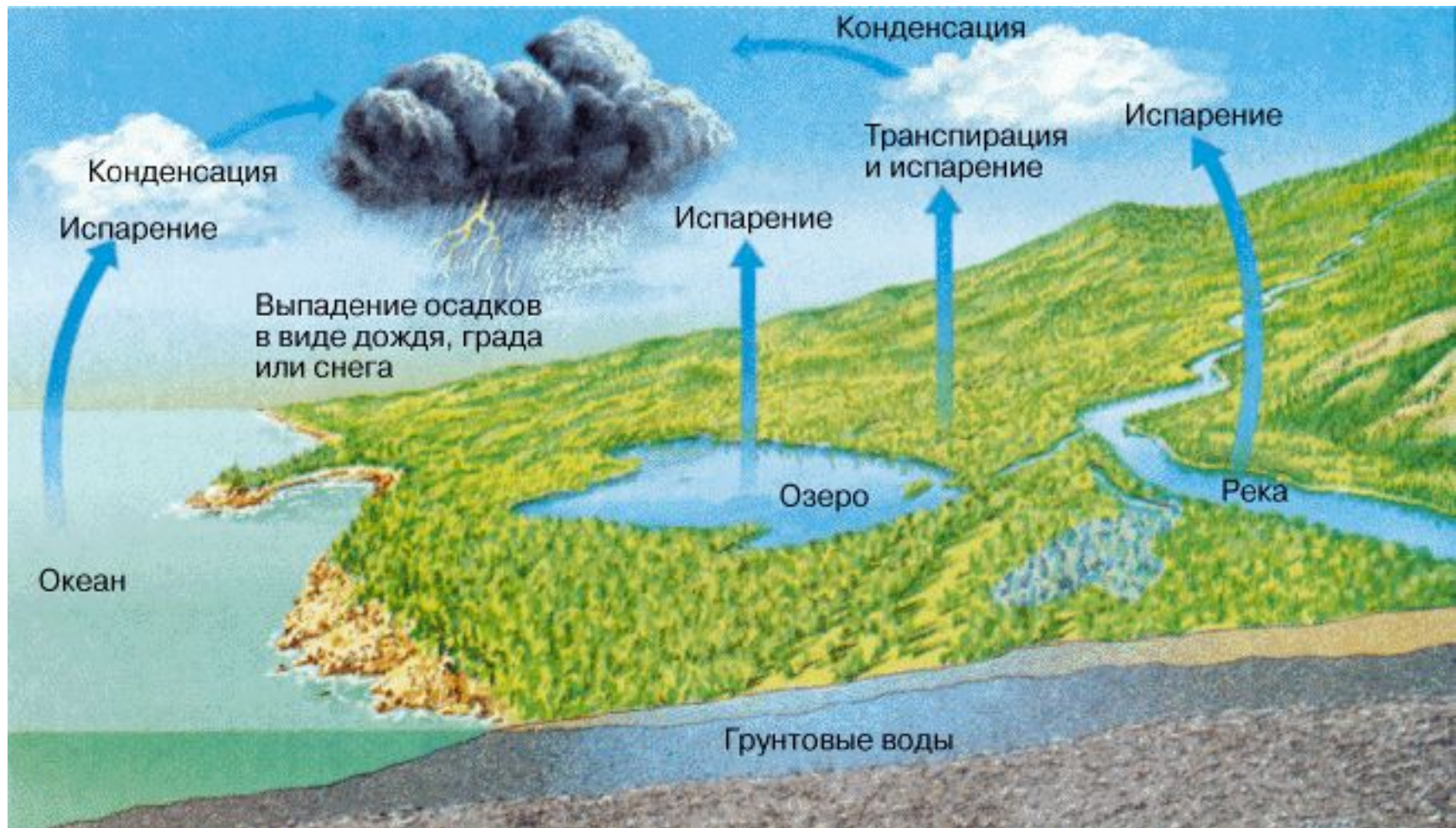
Процессы, происходящие в закрытом сосуде

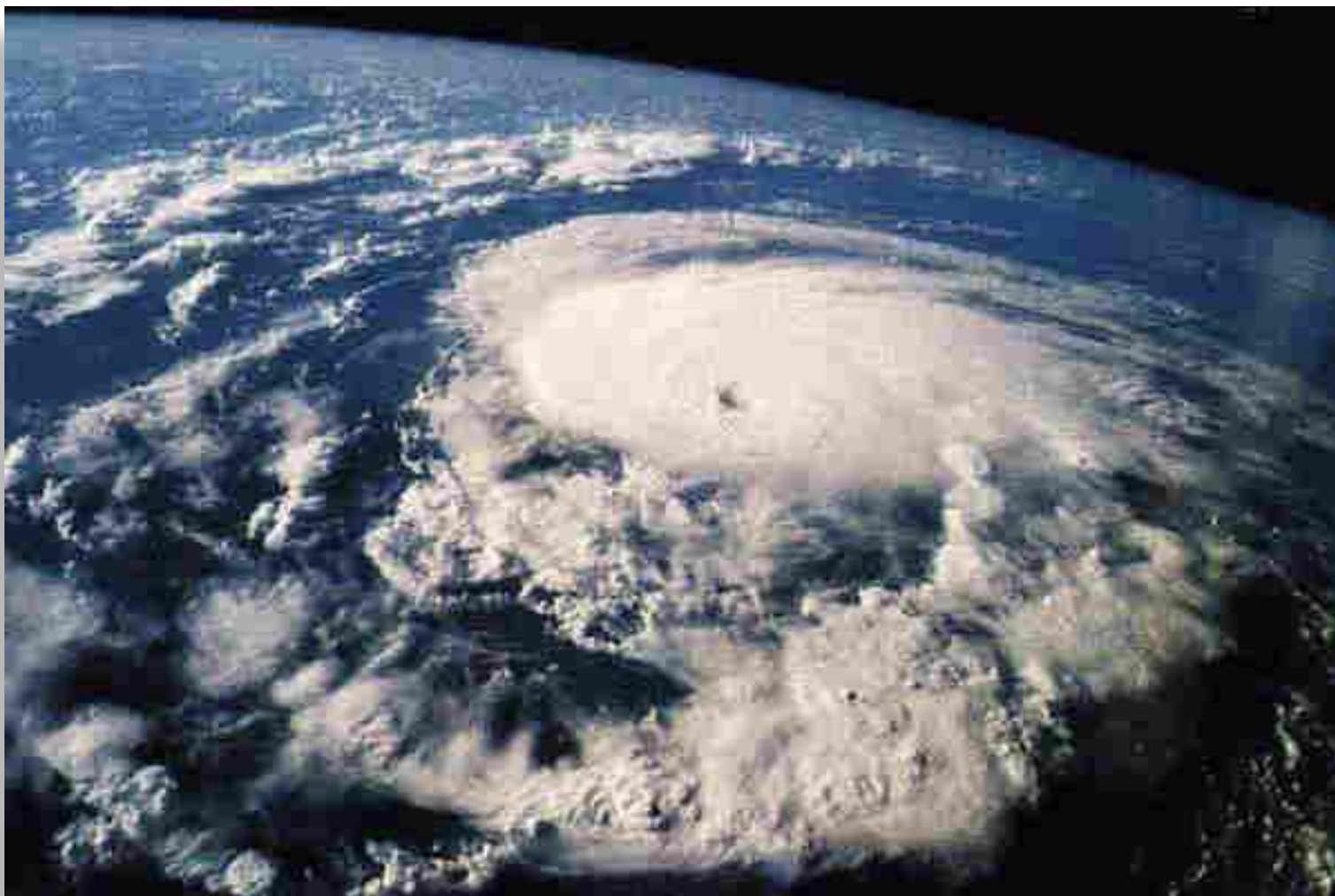
Процесс испарения, скорость которого постепенно уменьшается

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)

# В атмосферном воздухе всегда находится определённое количество водяных паров





*Водяной пар в воздухе, несмотря на огромные поверхности океанов, морей, рек и озёр, не является насыщенным: атмосфера – «открытый сосуд».*



*Перемещение воздушных масс приводит к тому, что в одних местах нашей планеты на данный момент испарение воды преобладает над конденсацией, а в других, наоборот, преобладает конденсация.*

### 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

$$\rho \leq \rho_{\text{ч}}$$
$$p \leq p_H$$

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.

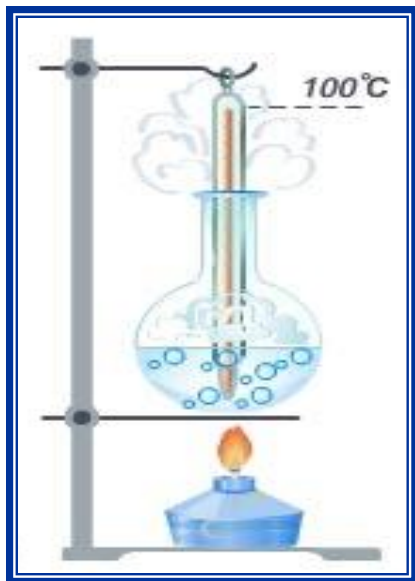


# Кипение жидкости

- **Кипение** - это интенсивное парообразование, которое происходит при нагревании жидкости не только с поверхности, но и внутри неё.
- Кипение возможно лишь при определенной температуре – **температуре кипения**;
- Кипение **начинается** лишь после того, как **давление внутри пузырьков** сравнивается с **давлением в окружающей жидкости**;
- Во время кипения **температура жидкости и пара над ней не меняется**



# Механизм кипения воды



1. При нагревании **испарение с поверхности воды усиливается.**
2. **Появление** в жидкости многочисленных **мелких пузырьков воздуха**, растворённого в воде. При нагревании излишек воздуха выделяется в виде пузырьков с насыщенным водяным паром - **испарение внутрь жидкости.**
3. Пузырьки становятся **крупнее** и
4. **Архимедова сила действующая** на пузырьки, **возрастает** и при температуре близкой к кипению они **всплывают.**
5. **С приближением к поверхности объём пузырьков резко возрастает**, на поверхности они **лопаются**, находящийся в них насыщенный пар выходит в атмосферу – слышен **характерный шум** – вода кипит.

# Температура кипения

- Температура, при которой жидкость кипит, называется **температурой кипения**;



## Температура кипения некоторых веществ при нормальном атмосферном давлении

<i>Вещество</i>	<i>T, K</i>	<i>Вещество</i>	<i>T, K</i>
Азот	77,15	Гелий	4,15
Аммиак	239,8	Глицерин	563,2
Ацетон	329,7	Графит	4473
Вода тяжелая	374,58	Кислород	90,15
Вода	273,15	Ртуть	630,15
Воздух	81-78	Спирт	351,15

# 3. Влажность воздуха и ее измерение

Вода занимает около 70,8% поверхности земного шара. Живые организмы содержат от 50 до 99,7% воды. Образно говоря живые организмы – это одушевлённая вода. В атмосфере находится около 13-15 тыс. куб. км воды в виде капель, кристаллов снега и водяного пара. В среднем в атмосфере  $1,24 \cdot 10^{16}$  кг водяного пара. И хотя его долю составляет меньше 1 % от общей массы атмосферы, его влияние на погоду, климат Земли, самочувствие людей очень велико.

Главный источник водяного пара в атмосфере – испарение воды с поверхности океанов, морей, водоёмов, влажной почвы, растений. С водяных просторов и суши за год испаряется свыше 500 000 км<sup>3</sup> воды, т.е. количество воды, почти равное количеству воды в Чёрном море.

В атмосфере под влиянием различных процессов водяной пар конденсируется.

При этом образуются облака, туман, осадки, роса. При конденсации влаги выделяется количество теплоты, равное количеству теплоты, затраченному на испарение. Этот процесс приводит к смягчению климатических условий в холодных районах.



*Содержание водяного пара в атмосферном воздухе – его **ВЛАЖНОСТЬ** -  
очень важная метеорологическая характеристика*

**Чтобы судить о степени влажности воздуха, важно знать, близок или далёк водяной пар от насыщения.**

**Относительной влажностью воздуха  $\varphi$**  называют отношение количества содержащего водяного пара в атмосфере в данный момент времени  $\rho$  к тому количеству, которое требуется для полного насыщения водяным паром  $\rho_H$  при той же температуре, выраженное в %.

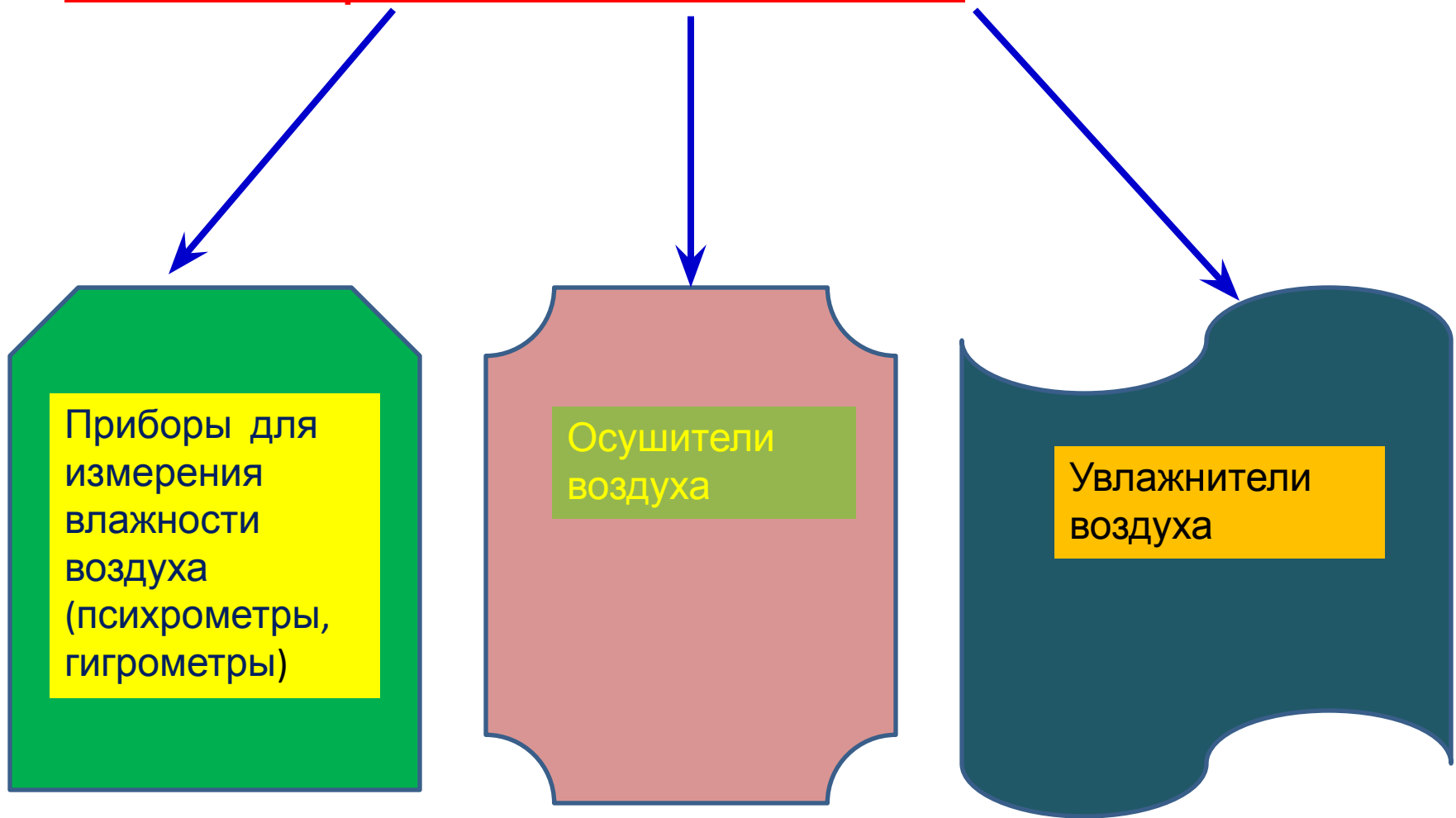
$$\varphi = \frac{\rho}{\rho_H} \cdot 100 \%$$

**Точка росы** – это температура при которой водяной пар становится насыщенным.

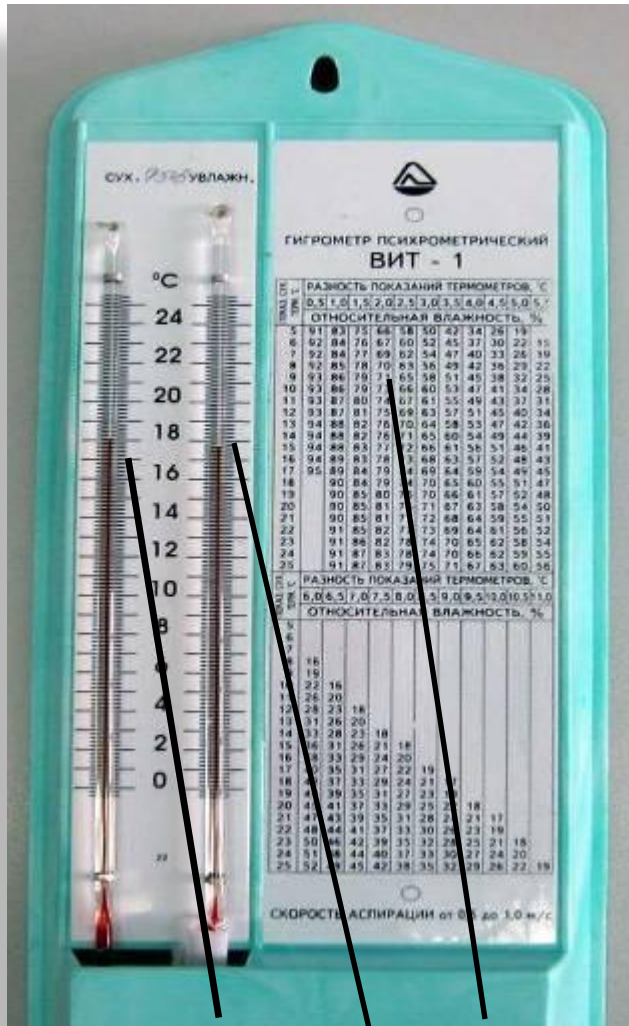




## Оборудование для создания оптимального микроклимата в жилых и производственных помещениях



# Психрометр



- 1 - «Сухой» термометр – показывает температуру воздуха
- 2 - «Влажный» термометр – показывает «точку росы»
- 3 - Психрометрическая таблица

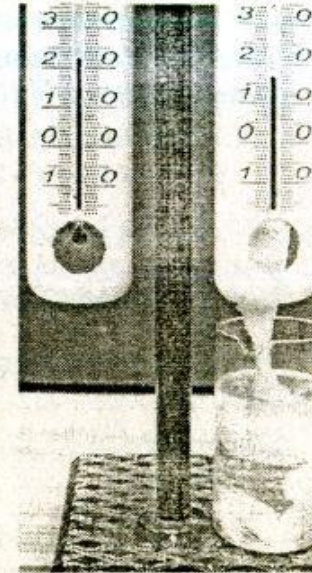
1. Снять показания «сухого» и «влажного» термометров;
2. Определить разность показаний термометров;
3. На пересечении столбцов «температура воздуха» (по вертикали) и  $\Delta t$  (по горизонтали) найти значение относительной влажности воздуха

# Решение задач

**A10.** На фотографии представлены два термометра, используемые для определения относительной влажности воздуха с помощью психрометрической таблицы, в которой влажность указана в процентах.

**Психрометрическая таблица**

$t_{\text{сух. терм}}$	Разность показаний сухого и влажного термометров								
	$^{\circ}\text{C}$	0	1	2	3	4	5	6	7
15	100	90	80	71	61	52	44	36	27
16	100	90	81	71	62	54	45	37	30
17	100	90	81	72	64	55	47	39	32
18	100	91	82	73	64	56	48	41	34
19	100	91	82	74	65	58	50	43	35
20	100	91	83	74	66	59	51	44	37
21	100	91	83	75	67	60	52	46	39
22	100	92	83	76	68	61	54	47	40
23	100	92	84	76	69	61	55	48	42
24	100	92	84	77	69	62	56	49	43



Какой была относительная влажность воздуха в тот момент, когда проводилась съемка?

- 1) 22%                      2) 61%                      3) 17%                      4) 40%

## Задание 3

<b>№ п/п</b>	<b>Температура сухого термометра</b>	<b>Температура влажного термометра</b>	<b>Разность показаний сухого и влажного термометров</b>	<b>Влажность проценты</b>
1	18	15		
2	20	14		
3	24			69
4			6	56

# Задание 3

№ п/п	Температура сухого термометра	Температура влажного термометра	Разность показаний сухого и влажного термометров	Влажность проценты
1	18	15	3	73
2	20	14	6	51
3	24	20	4	69
4	24	18	6	56

# Увлажнение воздуха в помещении

Оптимальная относительная влажность в помещении, где находятся люди, должна составлять 40-70%. Поддержание комфортной влажности в помещении очень важно для хорошего самочувствия людей, находящихся в нем. При недостаточной влажности воздуха затрудняется работа дыхательного аппарата, ощущается «першение» в горле, кожа становится очень сухой и раздражительной.

Кроме того, сухой воздух способствует накоплению статического электричества на человеке и предметах, при соприкосновении с которыми происходит электрический разряд, вызывая неприятные ощущения. Такое явление часто происходит в морозные дни: если после снятия шерстяной вещи коснуться металлического предмета, например водопроводного крана, то человека бьет током. Ток этот небольшой, абсолютно безопасный, но само ощущение его, при регулярном повторении, очень неприятное

**Традиционные увлажнители воздуха работают по принципу "холодного" испарения. Специальная губка испарителя полностью пропитывается влагой. Встроенный вентилятор засасывает сухой воздух, из помещения и прогоняет его через влажную губку, что обеспечивает оптимальное увлажнение воздуха и не требует дополнительных приборов контроля.**

**Достоинства таких воздухоувлажнителей - невысокая стоимость, дешевизна сменных фильтров, низкая потребляемая мощность. Недостаток традиционных увлажнителей - нет возможности точно поддерживать влажность в помещении (только больше-меньше)**

**Паровые увлажнители или, как их еще называют, увлажнители горячего пара в своей работе используют принцип "горячего" испарения. Данный вид увлажнителей воздуха при помощи нагревательного элемента превращают воду в пар, полученный пар разбрызгивается в помещении (паровой утюг)**



## Ультразвуковой увлажнитель воздуха

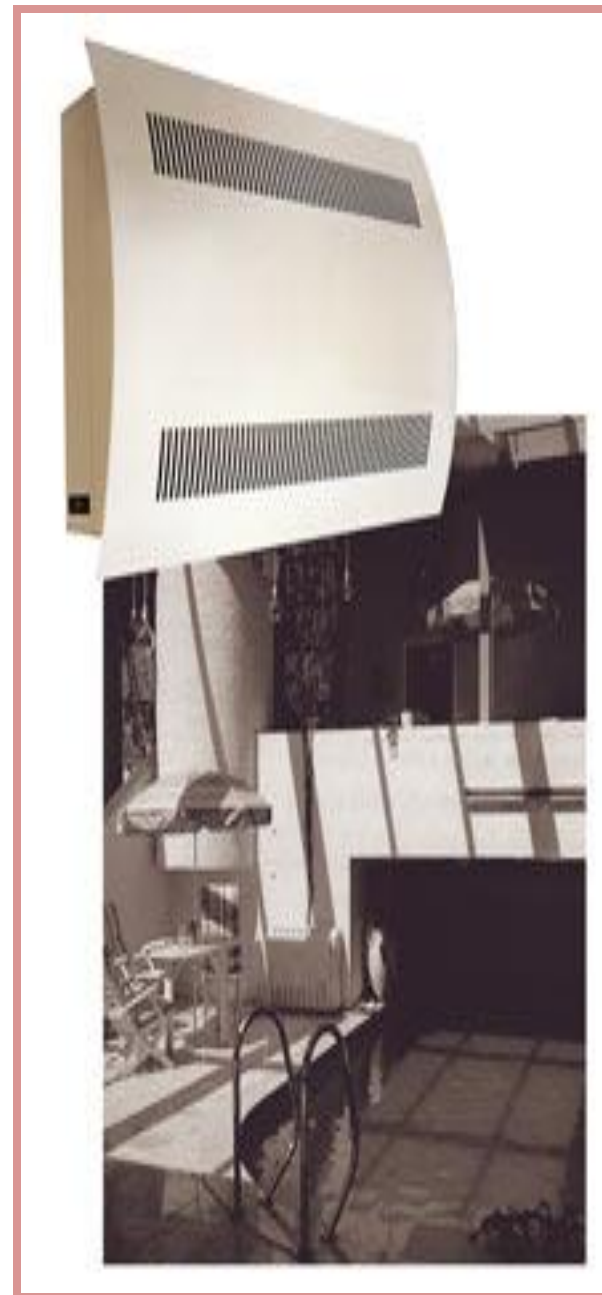
- Контроль уровня влажности
- Цветной жидкокристаллический дисплей
- Отображение текущей и заданной влажности
- Специальный автоматический режим (поддерживается оптимальный уровень влажности в зависимости от температуры)
- Функция регулировки скорости испарения
- Полифоническая мелодия, когда закончилась вода



# Осушители воздуха

Для осушения воздуха в бассейнах, аквапарках, прачечных, производственных помещениях, складах, подвалах используют осушители воздуха. Принцип их работы основан на конденсации влаги при соприкосновении воздуха с холодной поверхностью. Фактически, осушитель воздуха является кондиционером: вентилятор подает воздух из помещения на испаритель (радиатор с пониженной температурой), при этом воздух охлаждается, влага из воздуха конденсируется и стекает в поддон, затем осушенный воздух подается на конденсатор (радиатор с повышенной температурой), где нагревается и подается в помещение. Основной характеристикой осушителя воздуха является производительность, которая определяет сколько воды в единицу времени сможет удалить осушитель при определенной температуре и влажности воздуха.

Производительность измеряется в "литрах в сутки" и составляет для бытовых и полупромышленных моделей от 12 до 300 л/сутки.



# Бытовой осушитель воздуха



# Как образуется роса?

В воздухе содержится определенное количество влаги. Теплый воздух содержит больше влаги, чем холодный. Когда воздух соприкасается с холодной поверхностью, часть его конденсируется, и влага, содержащаяся в нем, остается на этой поверхности. Это и есть роса.

Температура такой прохладной поверхности должна быть ниже определенной величины, при которой образуется роса. Эта величина называется "точкой росы". Роса не образуется на земле или тропинках, так как они долго сохраняют солнечное тепло. А на траве

или растениях, которые остыли, роса образуется. Но только незначительная часть влаги, которую мы наблюдаем на растениях утром, является росой.

Основная часть влаги (а иногда и вся влага) произведена самим растением.



# Как образуется туман?

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.



# Как образуется 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  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  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.