

Уважаемые студенты!

Задание:

1. Прочтите приведенный ниже конспект лекции.
2. Напишите конспект лекции в тетрадь объемом не менее 5 страниц рукописного текста.
3. Ответьте письменно на контрольные вопросы.
4. Письменный отчет конспекта лекции и ответов на вопросы в виде фото предоставьте преподавателю на e-mail (tamara_grechko@mail.ru).

Обратите внимание!!! В случае возникновения вопросов по теоретическому материалу лекции обращайтесь для консультации к преподавателю по тел. 0721355729 (Ватсап).

С уважением, Гречко Тамара Ивановна!

Лекция

Тема: Модель строения жидкости

Цель: Изучить модель строения жидкости, насыщенные и ненасыщенные пары

План

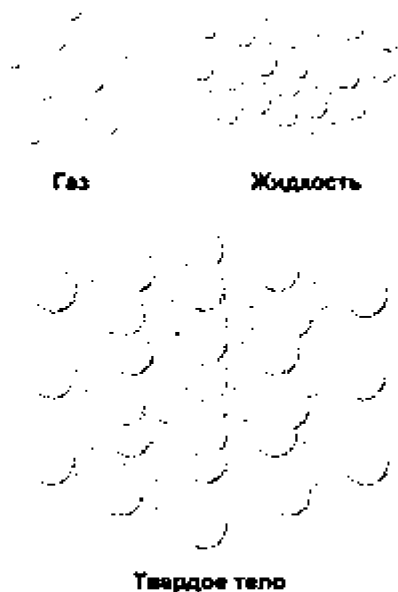
- 1 Модель строения жидкости.
- 2 Насыщенные и ненасыщенные пары.
- 3 Давление насыщенного пара зависит от температуры.

1 Модель строения жидкости

Жидкость – это агрегатное состояние вещества, промежуточное между газообразным и твердым.

Это агрегатное состояние вещества, в котором молекулы (или атомы) связаны между собой настолько, что это позволяет ему сохранять свой объем, но недостаточно сильно, чтобы сохранять и форму.

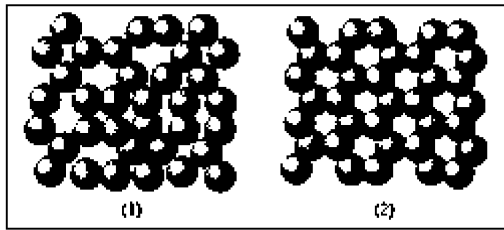
Жидкости вследствие различного характера движения молекул существенно отличаются от газов и твердых тел.



Молекулы вещества в жидком состоянии расположены почти вплотную друг к другу. В отличие от твердых кристаллических тел, в которых молекулы образуют упорядоченные структуры во всем объеме кристалла и могут совершать тепловые колебания около фиксированных центров, молекулы жидкости обладают большей свободой. Каждая молекула жидкости, также как и в твердом теле, «зажата» со всех сторон соседними молекулами и совершает тепловые колебания около некоторого положения равновесия. Однако, время от времени любая молекула может переместиться в соседнее вакантное место. Такие перескоки в жидкостях происходят довольно часто; поэтому молекулы не привязаны к определенным центрам, как в кристаллах, и могут перемещаться по всему объему жидкости. Этим объясняется текучесть жидкостей. Жидкость всегда приобретает форму того сосуда, в котором она находится.

Текучесть жидкости объясняется «прыжками» молекул из одного оседлого положения в другое по всем направлениям с одинаковой частотой.

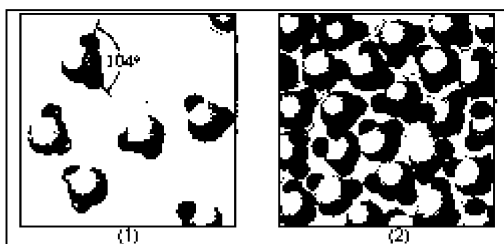
Из-за сильного взаимодействия между близко расположенными молекулами они могут образовывать локальные (неустойчивые) упорядоченные группы, содержащие несколько молекул. Это явление называется ближним порядком:



Пример ближнего порядка молекул жидкости и дальнего порядка молекул кристаллического вещества: 1 – вода; 2 – лед.

В жидкости существует ближний порядок в расположении молекул и отсутствует дальний порядок.

Ниже расположенный рисунок иллюстрирует отличие газообразного вещества от жидкости на примере воды. Молекула воды H_2O состоит из одного атома кислорода и двух атомов водорода, расположенных под углом 104° . Среднее расстояние между молекулами пара в десятки раз превышает среднее расстояние между молекулами воды.



Водяной пар (1) и вода (2). Молекулы воды увеличены примерно в $5 \cdot 10^7$ раз.

Вследствие плотной упаковки молекул сжимаемость жидкостей, то есть изменение объема при изменении давления, очень мала; она в десятки и сотни тысяч раз меньше, чем в газах.

Жидкость практически несжимаема.

Тепловое расширение жидкостей.

Жидкости, как и твердые тела, изменяют свой объем при изменении температуры. При нагревании жидкости возрастает средняя кинетическая энергия хаотического движения её молекул. Это приводит к увеличению расстояния между молекулами, а следовательно, и к увеличению объема. Тепловое расширение жидкостей характеризуется **температурным коэффициентом объемного расширения.**

Для не очень больших интервалов температур относительное изменение объема $\Delta V / V_0$ пропорционально изменению температуры ΔT :

$$\frac{\Delta V}{V_0} = \beta \Delta T$$

Коэффициент β называют температурным коэффициентом объемного расширения.

Этот коэффициент у жидкостей в десятки раз больше, чем у твердых тел.

У воды при температуре $20\text{ }^\circ\text{C}$ $\beta_{\text{в}} \approx 2 \cdot 10^{-4}\text{ K}^{-1}$, у стали $\beta_{\text{ст}} \approx 3,6 \cdot 10^{-5}\text{ K}^{-1}$, у кварцевого стекла $\beta_{\text{кв}} \approx 9 \cdot 10^{-6}\text{ K}^{-1}$.

Объем жидкости при нагревании определяется по формуле $V = V_0 (1 + \beta \Delta T)$

При увеличении объема тел уменьшается их плотность. Обозначая через ρ и ρ_0 плотности при температурах T и T_0 соответственно и учитывая, что $\rho = m/V$ получаем $\rho = \rho_0 / (1 + \beta \Delta T)$

Поверхностное натяжение.

Наиболее интересной особенностью жидкостей является наличие **свободной поверхности**.

Поверхность жидкости, не соприкасающаяся со стенками сосуда, называется **свободной поверхностью**. Она образуется в результате действия силы тяжести на молекулы жидкости.

Жидкость, в отличие от газов, не заполняет весь объем сосуда, в который она налита. Между жидкостью и газом (или паром) образуется граница раздела, которая находится в особых условиях по сравнению с остальной массой жидкости. Молекулы в пограничном слое жидкости, в отличие от молекул в ее глубине, окружены другими молекулами той же жидкости не со всех сторон. Силы межмолекулярного взаимодействия, действующие на одну из молекул внутри жидкости со стороны соседних молекул, в среднем взаимно скомпенсированы. Любая молекула в пограничном слое притягивается молекулами, находящимися внутри

жидкости (силами, действующими на данную молекулу жидкости со стороны молекул газа (или пара) можно пренебречь). В результате появляется некоторая равнодействующая сила, направленная вглубь жидкости. Если молекула переместится с поверхности внутрь жидкости, силы межмолекулярного взаимодействия совершат положительную работу.

Наоборот, чтобы вытащить некоторое количество молекул из глубины жидкости на поверхность (то есть увеличить площадь поверхности жидкости), надо затратить положительную работу внешних сил $\Delta A_{\text{внеш}}$, пропорциональную изменению ΔS площади поверхности:

$$\Delta A_{\text{внеш}} = \sigma \Delta S$$

Коэффициент σ называется коэффициентом поверхностного натяжения ($\sigma > 0$) или просто поверхностным натяжением.

$$\sigma = \Delta A / \Delta S$$

Коэффициент поверхностного натяжения равен работе, необходимой для увеличения площади поверхности жидкости при постоянной температуре на единицу.

В СИ коэффициент поверхностного натяжения измеряется в джоулях на метр квадратный ($\text{Дж}/\text{м}^2$) или в ньютонах на метр ($1 \text{ Н}/\text{м} = 1 \text{ Дж}/\text{м}^2$).

Следовательно, молекулы поверхностного слоя жидкости обладают избыточной по сравнению с молекулами внутри жидкости **потенциальной энергией**.

Потенциальная энергия E_p поверхности жидкости пропорциональна ее площади: $E_p = A_{\text{внеш}} = \sigma S$.

Из механики известно, что равновесным состояниям системы соответствует минимальное значение ее потенциальной энергии. Т.е. всякая система самопроизвольно переходит в состояние, при котором ее потенциальная энергия минимальна. Значит жидкость должна самопроизвольно переходить в такое состояние, при котором площадь её свободной поверхности имеет наименьшую величину. Отсюда следует, что свободная поверхность жидкости стремится сократить свою площадь.

Поскольку при одном и том же объеме наименьшая площадь поверхности у шара, то жидкость в состоянии невесомости принимает форму шара.



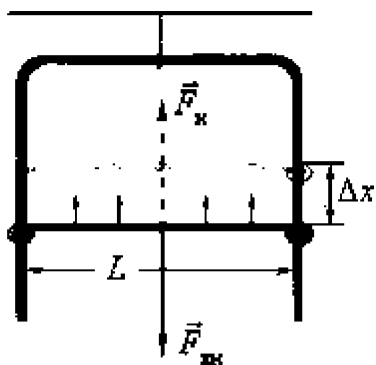
По этой причине свободная капля жидкости принимает шарообразную форму. Жидкость ведет себя так, как будто по касательной к ее поверхности действуют силы, сокращающие (стягивающие) эту поверхность. Эти силы называются **силами поверхностного натяжения**.

Силы, действующие в горизонтальной плоскости и стягивающие поверхность жидкости, называют **силами поверхностного натяжения**.

Наличие сил поверхностного натяжения делает поверхность жидкости похожей на упругую растянутую пленку, с той только разницей, что упругие силы в пленке зависят от площади ее поверхности (то есть от того, как пленка деформирована), а силы поверхностного натяжения не зависят от площади поверхности жидкости.

Некоторые жидкости, как, например, мыльная вода, обладают способностью образовывать тонкие пленки. Всем хорошо известные мыльные пузыри имеют правильную сферическую форму – в этом тоже проявляется действие сил поверхностного натяжения.

Если в мыльный раствор опустить проволочную рамку, одна из сторон которой подвижна, то вся она затянется пленкой жидкости.



Подвижная сторона проволочной рамки в равновесии под действием внешней силы и результирующей сил поверхностного натяжения. Силы поверхностного натяжения стремятся сократить поверхность пленки, поэтому мыльная пленка поднимет подвижную рамку вверх на Δx . Для равновесия подвижной стороны рамки к ней нужно приложить внешнюю силу.

Если под действием силы перекладина переместиться на Δx , то будет произведена работа

$$\Delta A_{\text{внеш}} = F_{\text{внеш}} \Delta x = \Delta E_p = \sigma \Delta S,$$

где $\Delta S = 2L\Delta x$ – изменение площади поверхности обеих сторон мыльной пленки (L – ширина рамки).

Так как модули сил и одинаковы, можно записать $F_k \Delta x = \sigma 2L\Delta x$ или $\sigma = F_k / 2L$

Коэффициент поверхностного натяжения σ численно равен силе поверхностного натяжения, действующей на единицу длины линии, ограничивающей поверхность.

Поверхностное натяжение это физическая величина, равная отношению силы поверхностного натяжения F , приложенной к границе поверхностного слоя жидкости и направленной по касательной к поверхности, к длине L этой границы.

$$\sigma = F_k / L$$

Коэффициент поверхностного натяжения σ зависит

1. от рода жидкости;
2. от наличия примесей;

3. от температуры.

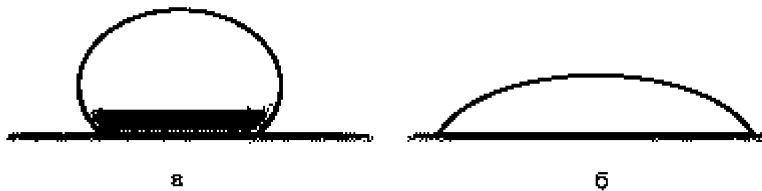
Силы поверхностного натяжения определяют форму и свойства капель жидкости, мыльного пузыря. Эти силы удерживают на поверхности воды стальную иглу и насекомое водомерку, удерживают влагу на поверхности ткани.

Чем меньше поверхностное натяжение, тем легче жидкость проникает в ткань (у воды - 72,8 мН/м, у мыльного раствора - 25 мН/м).

Смачивание.

Вблизи границы между жидкостью, твердым телом и газом форма свободной поверхности жидкости зависит от сил взаимодействия молекул жидкости с молекулами твердого тела (взаимодействием с молекулами газа (или пара) можно пренебречь).

Если капли воды поместить на поверхность чистого стекла, то они будут растекаться, а если на жирную поверхность, то они примут форму, близкую к форме шара.



Если силы взаимодействия молекул жидкости с молекулами твердого тела больше сил взаимодействия между молекулами самой жидкости, то жидкость **смачивает** поверхность твердого тела. (случай с каплями воды на стекле)

В этом случае жидкость подходит к поверхности твердого тела под некоторым острым углом θ , характерным для данной пары жидкость – твердое тело. Угол θ называется **краевым углом**.

Краевой угол – угол между поверхностью твердого тела и касательной к поверхности жидкости в точке соприкосновения.



(1)



(2)

Краевые углы смачивающей (1) и несмачивающей (2) жидкостей.

Если силы взаимодействия между молекулами жидкости превосходят силы их взаимодействия с молекулами твердого тела, то жидкость **не смачивает** поверхность твердого тела. (случай с каплями воды на жирной поверхности, ртутью на стекле)

В этом случае краевой угол θ оказывается тупым (рис. 1).

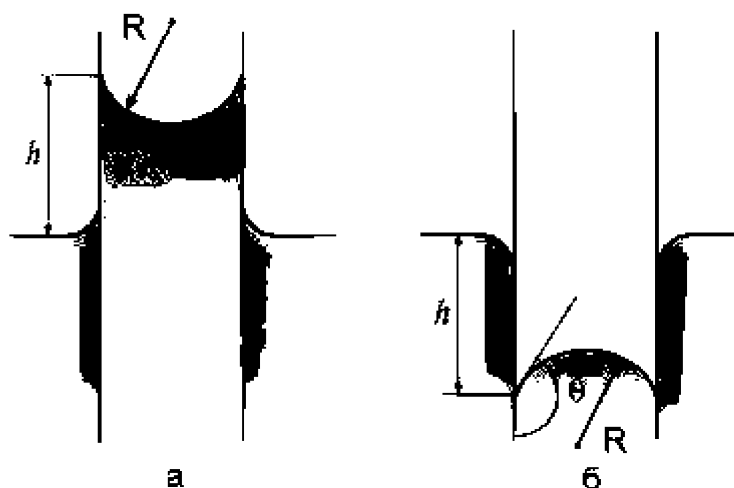
При смачивании $\theta < 90^\circ$ (острый), при несмачивании $\theta > 90^\circ$ (тупой). При полном смачивании $\theta = 0^\circ$, при полном несмачивании $\theta = 180^\circ$.

Искривленная поверхность жидкости в узких цилиндрических трубках или около стенок сосуда называется **мениском**.

Поверхность смачивающей жидкости вблизи твердого тела поднимается, и мениск - вогнутый. У несмачивающей жидкости её поверхность вблизи твердого тела несколько опускается, и мениск - выпуклый.

Особенно хорошо наблюдается искривление мениска жидкости в тонких трубках, называемых **капиллярами**.

Если в сосуд с жидкостью опустить капилляр, то жидкость в нем поднимется или опустится на некоторую высоту h .



Так как площадь поверхности мениска больше, чем площадь внутреннего сечения трубки, то под действием молекулярных сил искривленная поверхность жидкости стремится выпрямиться и этим создает дополнительное давление $p_{л}$, которое при смачивании (вогнутый мениск) направлено от жидкости, а при несмачивании (выпуклый мениск) – внутрь жидкости. Величина этого давления была определена французским физиком Лапласом, поэтому его называют лапласовским давлением.

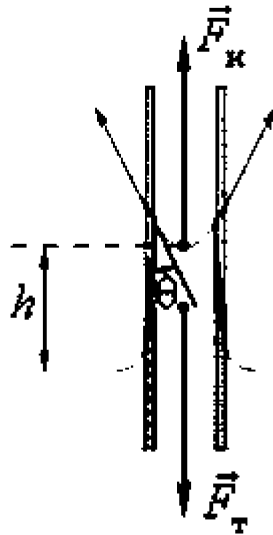
Лапласовское давление – дополнительное давление, которое создается искривленной поверхностью жидкости.

При смачивании (вогнутый мениск) оно направлено от жидкости, а при несмачивании (выпуклый мениск) – внутрь жидкости.

Для сферической формы свободной поверхности жидкости с радиусом R лапласовское давление выражается формулой $p_{л} = 2\sigma / R$

Капиллярными явлениями называют подъем или опускание жидкости в трубках малого диаметра – капиллярах.

Смачивающие жидкости поднимаются по капиллярам, несмачивающие – опускаются.



Подъем смачивающей жидкости в капилляре.

На рисунке изображена капиллярная трубка некоторого радиуса r , опущенная нижним концом в смачивающую жидкость плотности ρ .

Верхний конец капилляра открыт. Подъем жидкости в капилляре продолжается до тех пор, пока сила тяжести F_T действующая на столб жидкости в капилляре, не станет равной по модулю результирующей F_n сил поверхностного натяжения, действующих вдоль границы соприкосновения жидкости с поверхностью капилляра: $F_T = F_n$, где сила тяжести $F_T = mg$, масса $m = \rho V = \rho h \pi r^2$, тогда $F_T = \rho h \pi r^2 g$, а значит и сила натяжения $F_n = \sigma l \cos \theta = \sigma 2\pi r \cos \theta$ ($l = 2\pi r$)

Отсюда следует: $\rho h \pi r^2 g = \sigma 2\pi r \cos \theta$

$$h = \sigma 2\pi r \cos \theta / \rho \pi r^2 g$$

$$h = 2\sigma \cos \theta / \rho r g$$

При полном смачивании $\theta = 0$, $\cos \theta = 1$. В этом случае $h > 0$.

При полном несмачивании $\theta = 180^\circ$, $\cos \theta = -1$ и, следовательно, $h < 0$.

Уровень несмачивающей жидкости в капилляре опускается ниже уровня жидкости в сосуде, в которую опущен капилляр.

Вода практически полностью смачивает чистую поверхность стекла. Наоборот, ртуть полностью не смачивает стеклянную поверхность. Поэтому уровень ртути в стеклянном капилляре опускается ниже уровня в сосуде. А уровень воды в стеклянном капилляре поднимается.

Капиллярные явления играют большую роль в природе и технике. Множество мельчайших капилляров имеется в растениях. В деревьях по капиллярам влага из почвы поднимается до вершин деревьев, где через листья испаряется в атмосферу. В почве имеются капилляры, которые тем уже, чем плотнее почва. Вода по этим капиллярам поднимается до поверхности и быстро испаряется, а земля становится сухой. Ранняя весенняя вспашка земли разрушает капилляры, т.е. сохраняет почвенную влагу и увеличивает урожай.

Процесс кровообращения связан с капиллярностью. Кровеносные сосуды являются капиллярами.

В технике капиллярные явления имеют огромное значение, например, в процессах сушки капиллярно-пористых тел и т.п. Большое значение капиллярные явления имеют в строительном деле. Например, чтобы кирпичная стена не сырела, между фундаментом дома и стеной делают прокладку из вещества, в котором нет капилляров. В бумажной промышленности приходится учитывать капиллярность при изготовлении различных сортов бумаги. Например, при изготовлении писчей бумаги её пропитывают специальным составом, закупоривающим капилляры. В быту капиллярные явления используют в фитилях, в промокательной бумаге, в перьях для подачи чернил и т.п.

2 Насыщенные и ненасыщенные пары.

Рассмотрим процессы, происходящие в закрытом сосуде:

1. процесс испарения, скорость которого постепенно уменьшается
2. конденсации, скорость которого постепенно возрастает

С течением времени в сосуде закрытом крышкой между жидкостью и её паром устанавливается состояние **динамического (подвижного) равновесия**, когда число молекул, вылетающих из жидкости, равно числу молекул, возвращающихся в жидкость из пара, то есть когда скорости процессов испарения и конденсации одинаковы. Такую систему называют **двухфазной**.

Пар, находящийся в динамическом равновесии со своей жидкостью, называют **насыщенным**.

Название «насыщенный» подчеркивает, что в данном объеме при данной температуре не может находиться большее количество пара.

Ненасыщенный пар – это пар, не достигший динамического равновесия со своей жидкостью. При данной температуре давление ненасыщенного пара всегда меньше давления насыщенного пара. При наличии над поверхностью жидкости ненасыщенного пара процесс парообразования преобладает над процессом конденсации, и потому жидкости в сосуде с течением времени становится все меньше и меньше.

Рассмотрим некоторые свойства насыщенного пара:

1. Концентрация молекул насыщенного пара не зависит от его объёма при постоянной температуре. Если уменьшить объем насыщенного пара, то сначала концентрация его молекул увеличится и из газа в жидкость

начнет переходить больше молекул до тех пор, пока опять не установится динамическое равновесие.

2. Давление насыщенного пара при постоянной температуре не зависит от его объёма.

$p = n \cdot k \cdot T$, т.к. n не зависит от V , то и p не зависит от V .

Независимое от объёма давление пара, при котором жидкость находится в равновесии со своим паром, называется **давлением насыщенного пара**. Это наибольшее давление, которое может иметь пар при данной температуре.

3. Давление насыщенного пара зависит от температуры.

Чем выше будет температура жидкости, тем больше молекул будет испаряться, динамическое равновесие нарушится, но концентрация молекул пара будет расти до тех пор, пока равновесие не установится опять, а значит, больше станет и давление насыщенного пара. **С увеличением температуры давление насыщенных паров возрастает.**

В атмосферном воздухе всегда присутствуют пары воды, которая испаряется с поверхности морей, рек, океанов и т.п.

Воздух, содержащий водяной пар, называют **влажным**.

Влажность воздуха оказывает огромное влияние на многие процессы на Земле: на развитие флоры и фауны, на урожай сельхоз. культур, на продуктивность животноводства и т.д. Влажность воздуха имеет большое значение для здоровья людей, т.к. от неё зависит теплообмен организма человека с окружающей средой. При низкой влажности происходит быстрое испарение с поверхности и высыхание слизистой оболочки носа, гортани, что приводит к ухудшению состояния.

Значит, влажность воздуха надо уметь измерять. Для количественной оценки влажности воздуха используют понятия абсолютной и относительной влажности.

Абсолютная влажность – величина, показывающая, какая масса паров воды находится в 1 м³ воздуха. Она равна парциальному давлению пара при данной температуре.

Парциальное давление пара – это давление, которое оказывал бы водяной пар, находящийся в воздухе, если бы все остальные газы отсутствовали.

Относительная влажность воздуха – это величина, показывающая, как далеко пар от насыщения. Это отношение парциального давления p водяного пара, содержащегося в воздухе при данной температуре, к давлению насыщенного пара p_0 при той же температуре, выраженное в процентах:

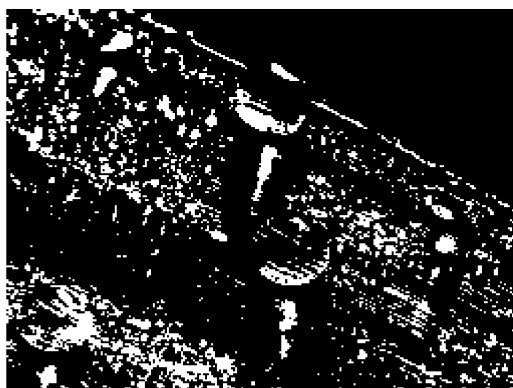
$$\varphi = \frac{p}{p_0} \cdot 100 \%$$

Если воздух не содержит паров воды, то его абсолютная и относительная влажность равны 0.

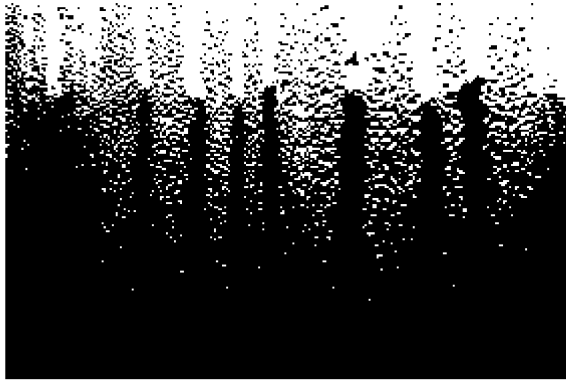
Если влажный воздух охлаждать, то находящийся в нем пар можно довести до насыщения, и далее он будет конденсироваться.

Примеры:

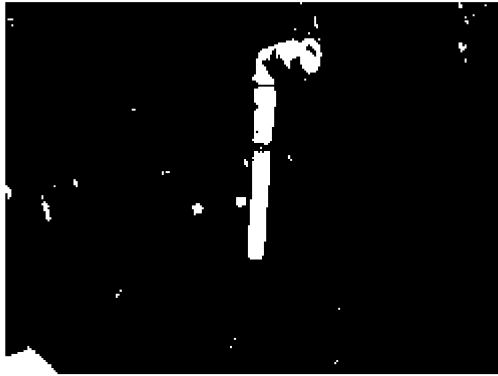
выпадение росы под утро,



запотевание холодного стекла, если на него подышать,



образование капли воды на холодной водопроводной трубе,



сырость в подвалах домов.



Точка росы – это температура, при которой водяной пар, содержащийся в воздухе, становится насыщенным.

Контрольные вопросы:

- 1 Приведите модель строения жидкости.
- 3 Что представляют собой насыщенные и ненасыщенные пары?
- 3 Как определяется давление насыщенного пара?