



CONDENSATION

Кипение.

Характеристика  
жидкого состояния вещества.

PRECIPITATION

Поверхностное натяжение.

Смачивание. Капиллярные явления.

SURFACE WATER

ROCK DEEP PERCOLATION

GROUND WATER

# Кипение.

**Испарение** = парообразование происходит со свободной поверхности жидкости при любой положительной температуре.



Разница лишь в количестве молекул, которое испаряется со свободной поверхности жидкости

При определенных условиях – может происходить внутри жидкости



начинается кипение

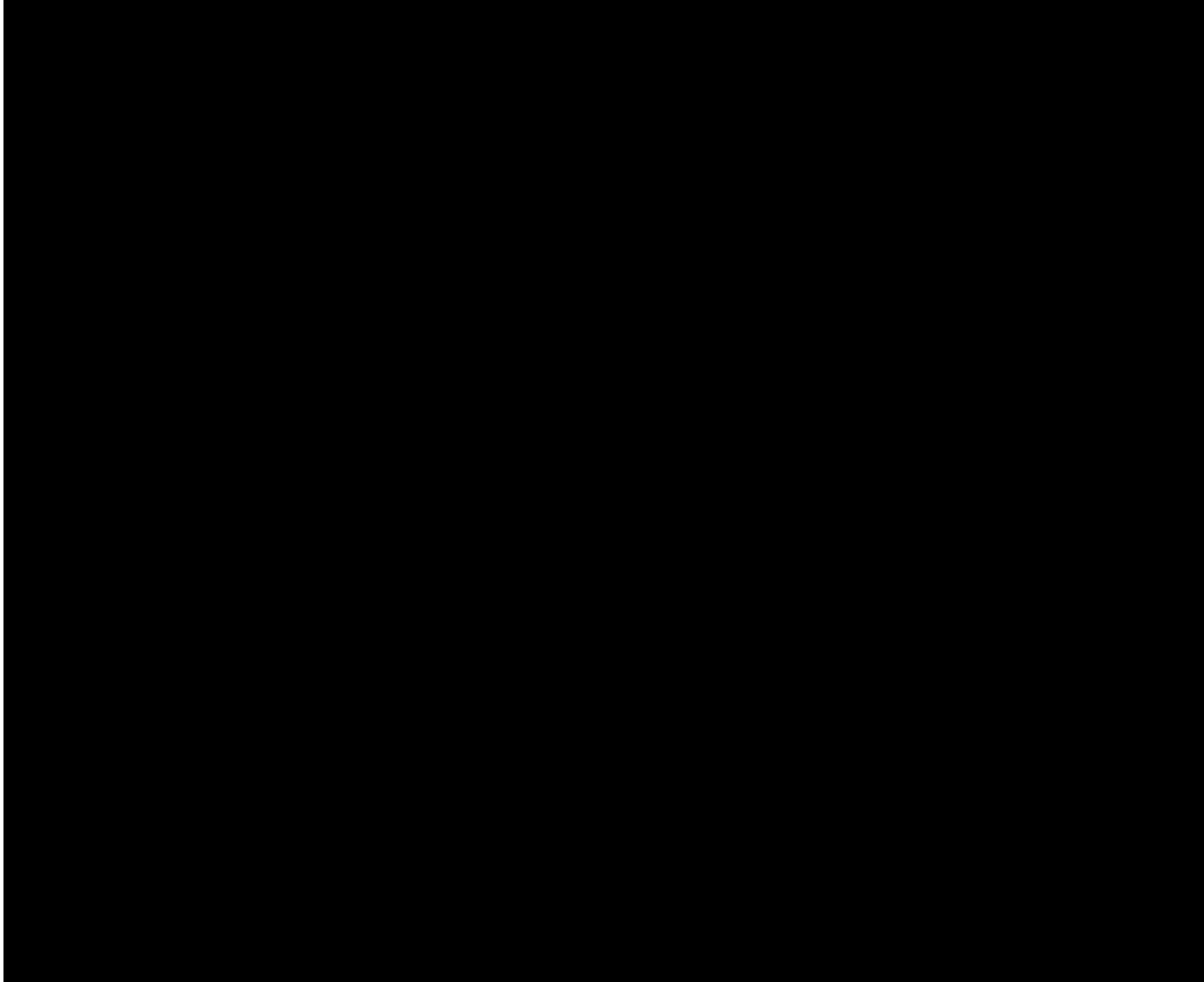


# Кипение.

**Кипение** – это парообразование во всем объеме жидкости, происходящее, при определенной температуре.



# Кипение.



# Кипение.

Кипение происходит при температуре, которая называется **температурой кипения**. Для каждого вещества она своя. Берется из таблиц.

## Процесс:

1. В жидкости всегда есть небольшое количество воздуха в виде пузырьков, невидимых невооруженным глазом.
2. При незначительном нагревании жидкости растет температура пара в пузырьках, возрастает его давление, увеличивается объем пузырька.
3. Под действием силы Архимеда пузырьки начинают подниматься вверх.
4. Попадая в верхние, более холодные слои воды, пузырьки охлаждаются, уменьшаются в объеме и с шумом схлопываются не достигнув поверхности.
5. Последующее увеличение температуры приводит к тому, что внутри пузырьков с их поверхности испаряются молекулы жидкости. В объеме пузырька получается смесь воздуха и насыщенного пара.
6. При увеличении температуры, давление насыщенного пара растет быстрее, чем давление воздуха => можно считать давление внутри пузырька = давлению насыщенного пара.

# Кипение.

Процесс:

7. Увеличение объема пузырька: когда давление насыщенного пара внутри превосходит внешнее давление

$$p = p_a + \rho gh.$$

8. Если глубина сосуда 1 м, то  $\rho \cdot g \cdot h < p_a$ . Значит им можно пренебречь.

9. При увеличении температуры жидкости объем пузырька возрастает. Когда сила Архимеда становится больше силы тяжести и силы сцепления пузырька со стенкой, то пузырек всплывает.

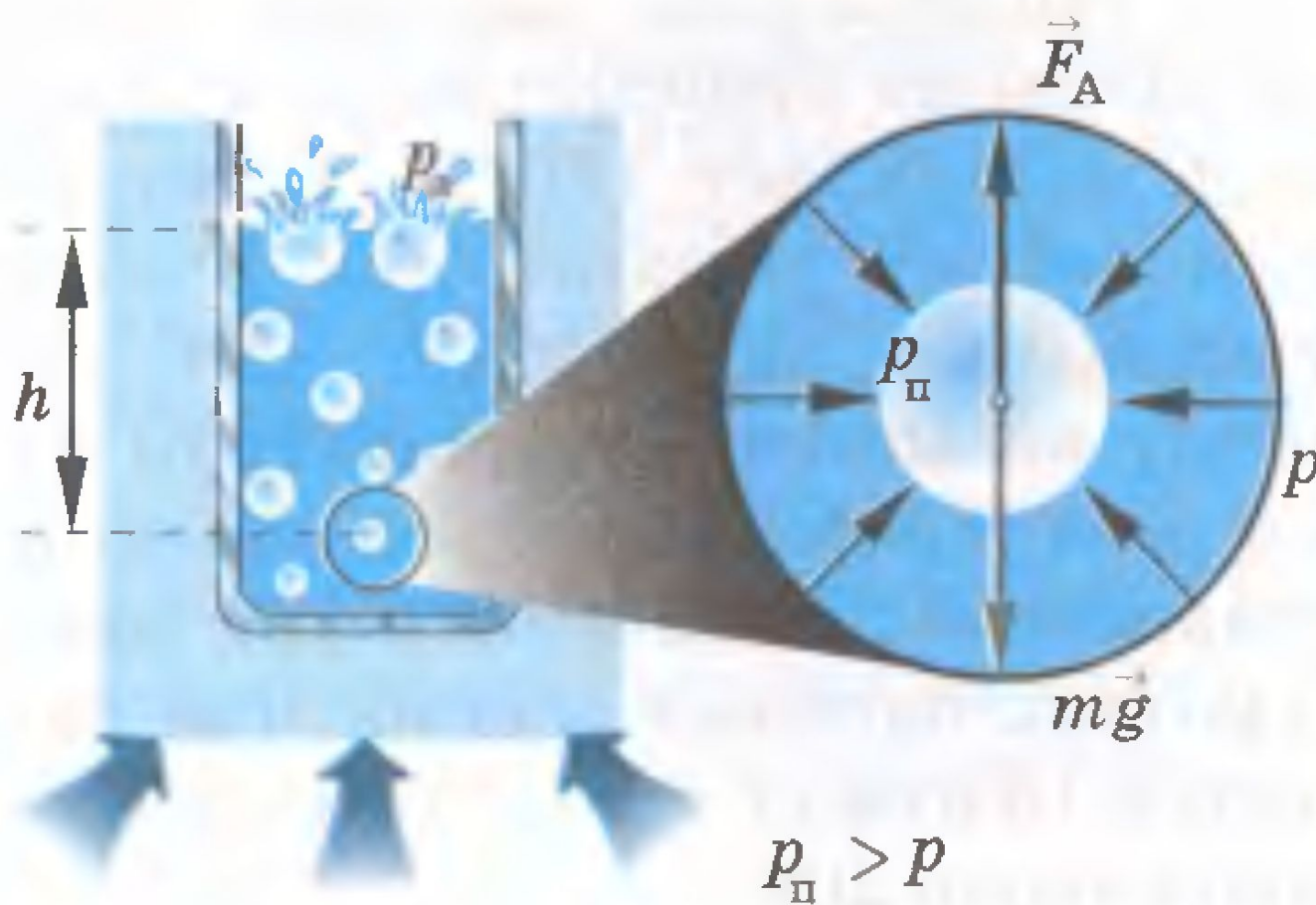
10. Если пузырьки поднимаются в жидкости, имеющей постоянную температуру, то они увеличиваются в объеме в соответствии с законом Бойля-Мариотта, так как давление в верхних слоях жидкости уменьшается.

11. Всплывая, пузырьки переносят содержащийся в них насыщенный пар к свободной поверхности жидкости.

12. Всплывшие пузырьки начинают лопаться, когда давление насыщенного пара внутри будет превосходить внешнее давление.

$$p_{н. п} > p_a.$$

# Кипение.



# Температура кипения.

**Температура  
кипения  
для некоторых  
веществ**

<i>Вещество</i>	$t_k, ^\circ\text{C}$
He	-268,9
H <sub>2</sub>	-252,9
N <sub>2</sub>	-195,8
O <sub>2</sub>	-182,9
H <sub>2</sub> O	100
Hg	356,6
S	444,6
Pb	1620
Ag	1950
Cu	2336
Au	2600

**Температура кипения** – температура, при которой давление насыщенного пара жидкости начинает превосходить внешнее давление на жидкость.



**Температура кипения зависит от внешнего давления на жидкость!!!**

На высоте  $h = 5$  км над уровнем моря  $t_k$  (воды) = 83 °C, так как давление в 2 раза ниже атмосферного.

Эверест -  $t_k$  (воды) = 74 °C



# Температура кипения.

При более высоком давлении и температура кипения выше



В котлах паровых машин, где давление пара порядка 15 атмосфер ( $1,5 \cdot 10^6$  Па)

$$t_k (\text{воды}) = 200 \text{ }^\circ\text{C}$$

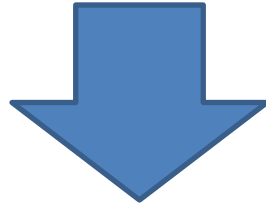
**ТЕМПЕРАТУРА КИПЕНИЯ ОСТАЕТСЯ ПОСТОЯННОЙ В ПРОЦЕССЕ КИПЕНИЯ!!!**

# Температура кипения.



# Температура кипения.

Жидкость, не содержащая газ (воздух) и находящаяся в сосуде, со стенок которого удален газ, не кипит.



Такая жидкость, нагретая до температуры, превышающей нормальную температуру кипения, называется перегретой.

# Температура кипения.

Перегретая жидкость



# Задание!

Почему температура жидкости остается постоянной в процессе кипения?

# Поверхностное натяжение.

при уменьшении температуры газа и увеличении  
давления



уменьшается скорость движения молекул + сокращается  
расстояние между ними



Силы притяжения становятся существенными



$$E_p \approx kT$$

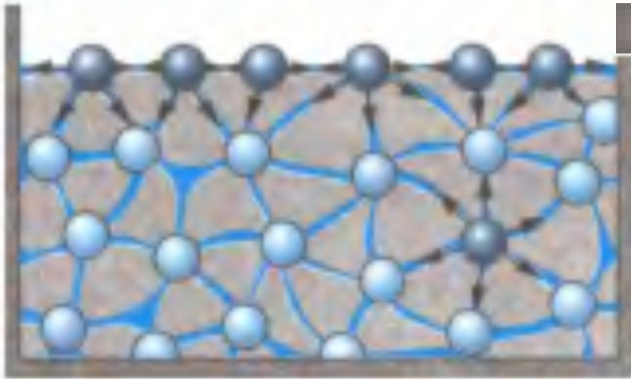


Газ



Жидкость

# Поверхностное натяжение.



*Молекулярный механизм поверхностного натяжения*

Жидкость сохраняет объем

Образует свободную поверхность на границе с газом (паром)

Молекулы на поверхности жидкости находятся в особых условиях по сравнению с молекулами ее внутренних слоев.

Внутри жидкости результирующая сила притяжения, действующая на молекулу со стороны соседних молекул равна нулю.

# Поверхностное натяжение.

На поверхности остается такое число молекул, при котором площадь поверхности жидкости оказывается минимальной при данном ее объеме.



жидкость принимает сферическую форму



Капли дождя



Сферическая форма жидкости в космосе

Молекулы поверхностного слоя оказывают молекулярное давление на жидкость, стягивая ее поверхность к минимуму.



# Поверхностное натяжение.

**Поверхностное натяжение** – явление молекулярного давления на жидкость, вызванное притяжением молекул поверхностного слоя к молекулам внутри жидкости.



Это притяжение обуславливает дополнительную потенциальную энергию молекул на поверхности жидкости.



**Поверхностная энергия** – дополнительная потенциальная энергия молекул поверхностного слоя жидкости.

$$E_{\text{пов}} = \sigma S,$$

где  $\sigma$  — коэффициент пропорциональности, характеризующий энергию молекул на единице площади поверхности жидкости.

# Сила поверхностного натяжения.

**Сила поверхностного натяжения** – сила, направленная по касательной к поверхности жидкости, перпендикулярно участку контура, ограничивающего поверхность, в сторону ее сокращения.



$$F_{\text{пов}} = \sigma \cdot l$$

где  $\sigma$  — поверхностное натяжение, характеризующее силу поверхностного натяжения, действующую на единицу длины границы поверхности.

Единица поверхностного натяжения — *ньютон на метр* (Н/м).

Сила поверхностного натяжения в отсутствие внешней силы сокращает до минимума площадь поверхности пленки.

# Сила поверхностного натяжения.

Благодаря силе поверхностного натяжения по поверхности воды могут плавать легкие предметы и удерживаться водомерки.



# Сила поверхностного натяжения.

Чем меньше сила поверхностного натяжения, тем легче жидкость проникает в ткань и смачивает различные тела.

# Смачивание

Стандартная форма капли - сферическая

После соприкосновения с поверхностью твердого тела не сохраняется

Изменение формы зависит от материала, из которого сделано твердое тело

Зависимость формы капли от материала подложки объясняется различием:



Сил взаимодействия между молекулами жидкости



Сил взаимодействия молекул жидкости с молекулами твердого тела на границе раздела двух сред

сред

# Смачивание

Если сила притяжения между молекулами жидкости и твердого тела больше, чем силы притяжения между молекулами жидкости, то жидкость смачивает поверхность.

Смачивание – искривление поверхности жидкости у поверхности твердого тела в результате взаимодействия молекул жидкости с молекулами твердого тела.

Смачивание твердых поверхностей жидкостью характеризуется:



мениском



углом смачивания

# Смачивание

## Мениск

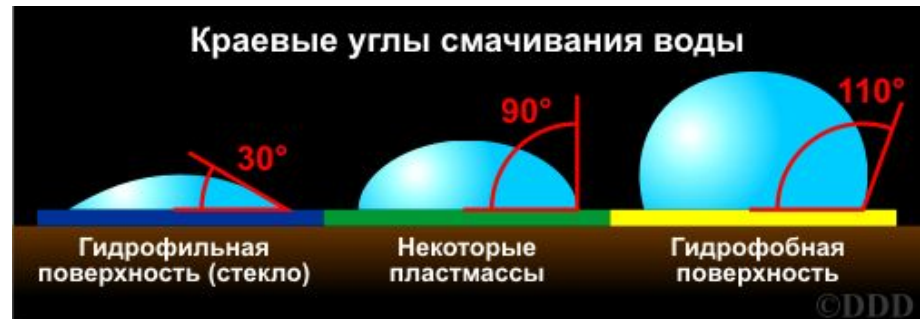
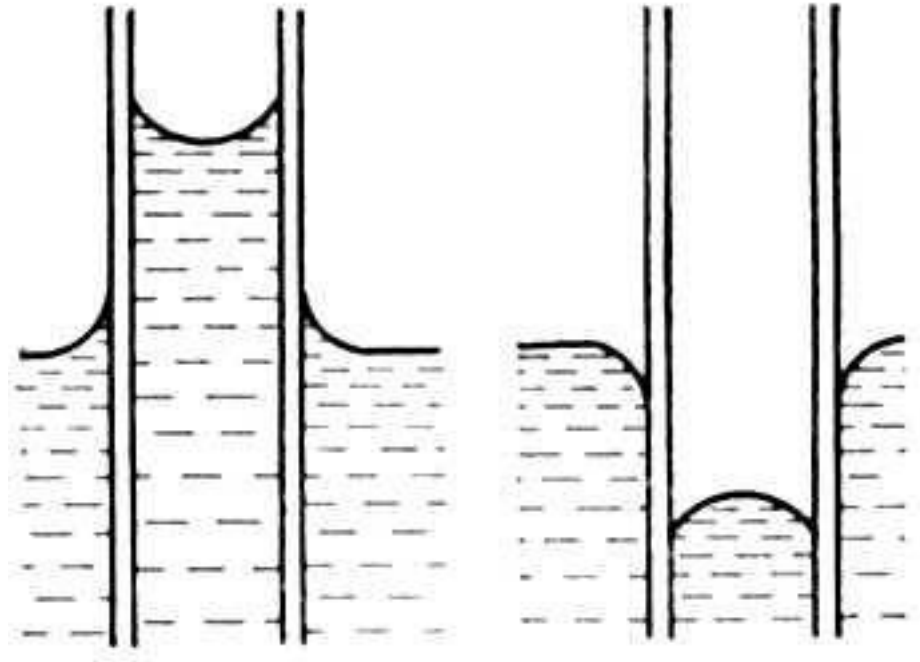


- это форма поверхности жидкости вблизи стенки сосуда

## Угол смачивания



- это угол между плоскостью, касательной к поверхности жидкости, и стенкой.



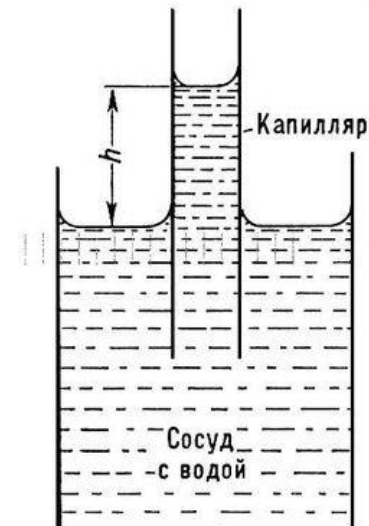
# Капиллярность

**Капиллярность** – явление подъема или опускания жидкости в капиллярах.

К капиллярности приводит различие сил взаимодействия молекул жидкости с молекулами твердого тела и сил взаимодействия между молекулами жидкости

Высота поднятия жидкости в капилляре:

$$h = \frac{2\sigma}{\rho g r}$$





# Домашнее задание

**Написать, что такое:**

**Смачивание (примеры смачивания/несмачивания),  
мениск,  
угол смачивания,  
нарисовать и пояснить, какие бывают углы  
смачивания, капиллярность, примеры капиллярности,  
формулу для высоты поднятия жидкости в капилляре,  
от чего зависит высота подъема жидкости в  
капилляре**