

**Испарение и конденсация.**

**Кипение жидкости**

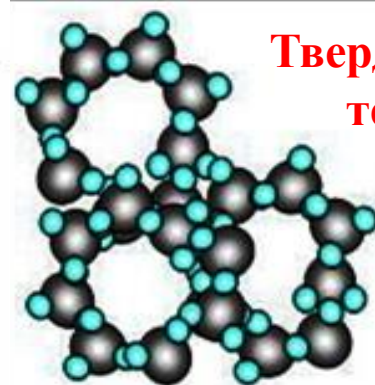
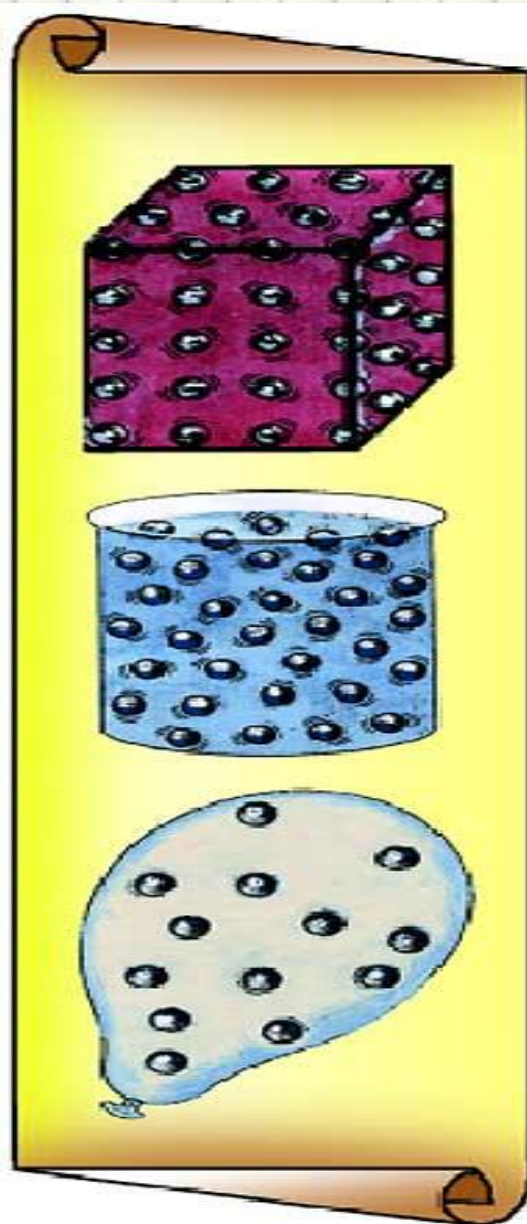
**Подготовка к ГИА**

## Цель:

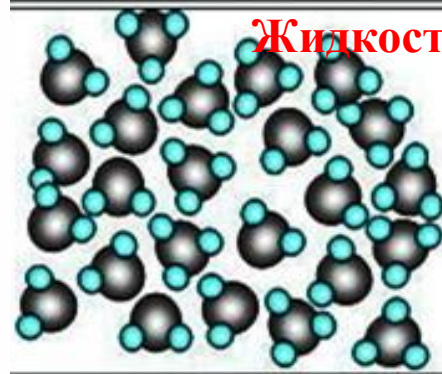
- повторение основных понятий, законов и формул тепловой физики, связанных с парообразованием, а также разбор типовых задач по теме в соответствии с кодификатором ГИА и планом демонстрационного варианта экзаменационной работы

# Фазовые переходы

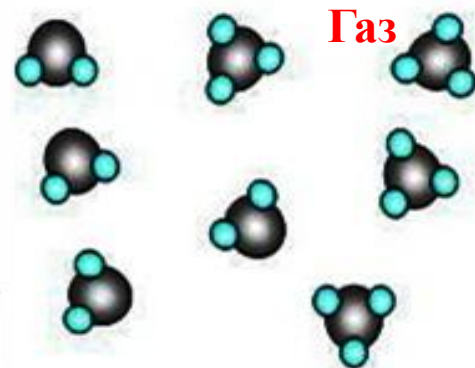
- Любое вещество при определенных условиях может находиться **в различных агрегатных состояниях – твердом, жидком и газообразном.**
- Переход из одного состояния в другое называется **фазовым переходом.**



**Твердое тело**



**Жидкость**



**Газ**

# Парообразование

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



Испарение над кружкой чая

## Виды парообразования

### Испарение

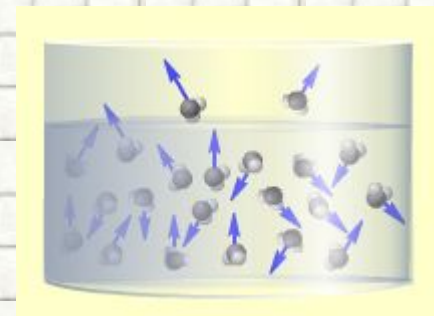
Парообразование, происходящее **с поверхности жидкости**

### 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 между молекулами и совершить работу выхода из жидкости.



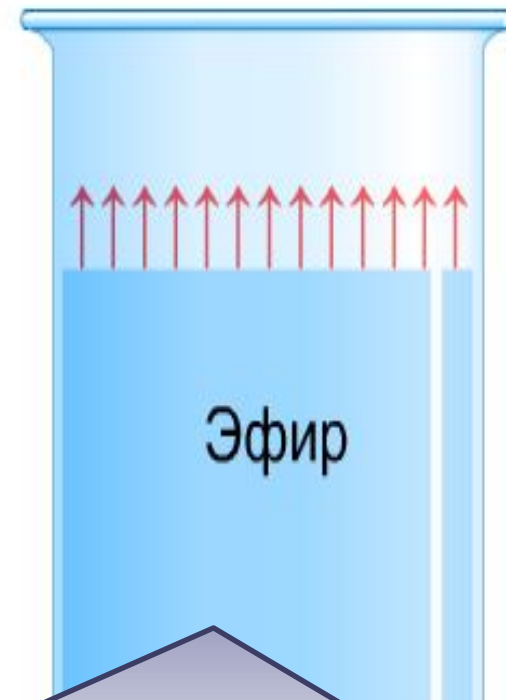
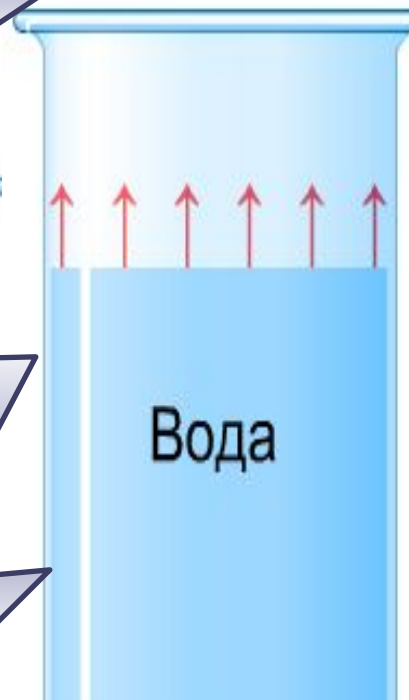
# От чего зависит скорость испарения?

От температуры

От площади  
поверхности  
жидкости

От движения  
воздуха (ветра)

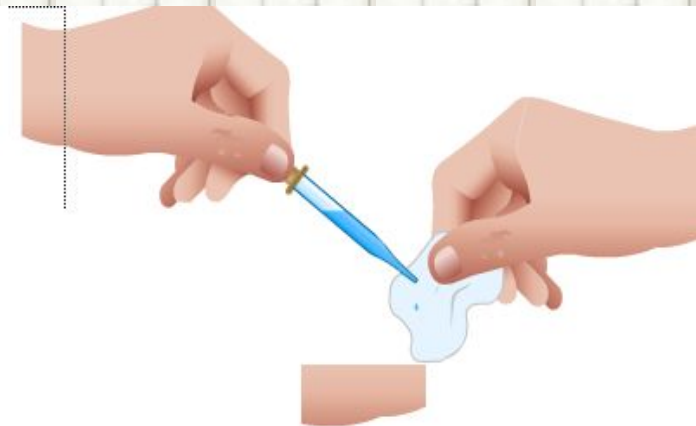
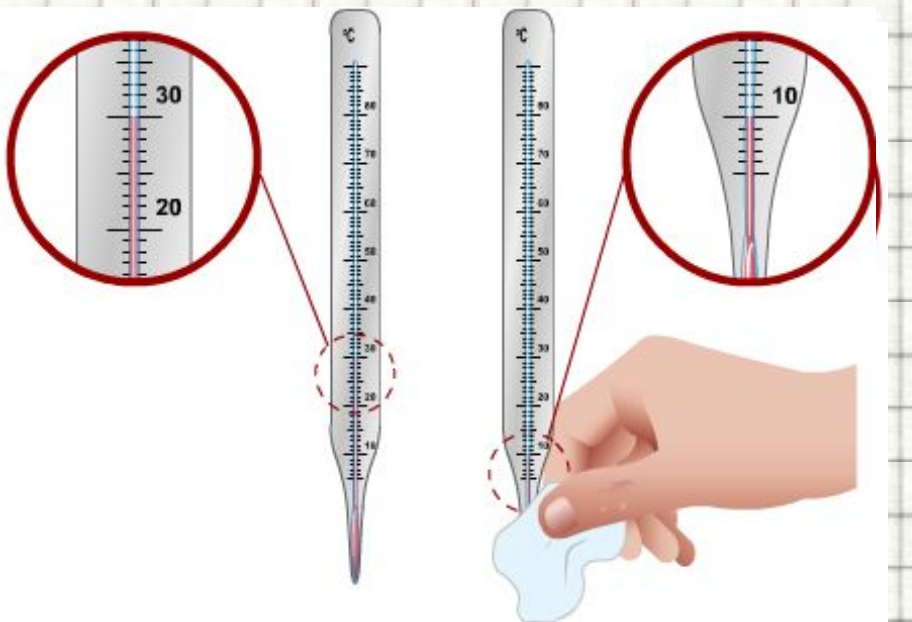
От рода  
жидкости



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

# Уменьшение температуры жидкости при испарении

- При испарении температура жидкости **понижается**, т.к. внутренняя энергия жидкости уменьшается **из-за потери быстрых молекул**
- Но, **если подводить к жидкости тепло**, то ее температура **может не изменяться**.



# 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.



# Очистка йода возгонкой (сублимацией)

На дно стакана помещают **технический йод**, подлежащий очистке.

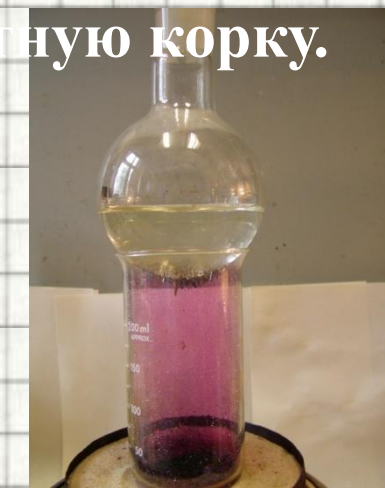
Стакан накрывают круглодонной колбой, заполненной холодной водой, ставят на песочную баню и **включают нагрев**.

В стакане появятся слабо-фиолетовые пары, а **на поверхности** колбы начнут оседать **игольчатые кристаллы йода**.

Первые кристаллики йода прилегают к поверхности **неплотно**, поэтому они иногда **падают назад** на дно стакана.

При дальнейшем нагреве пары йода приобретают **темную окраску**.

Количество йода, который конденсировался на дне колбы увеличивается. Кристаллы начнут образовывать на поверхности стекла **плотную корку**.

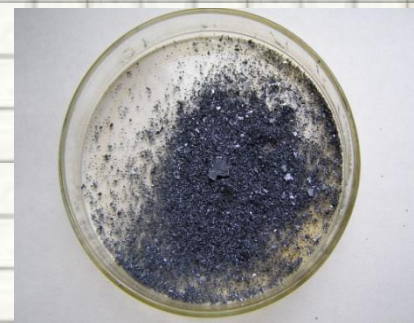


# Очистка йода возгонкой (сублимацией)

В конце возгонки пары йода в стакане бледнеют.



На дне остается небольшое количество нелетучих примесей



# Конденсация



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

• Конденсация пара сопровождается **выделением энергии**;



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

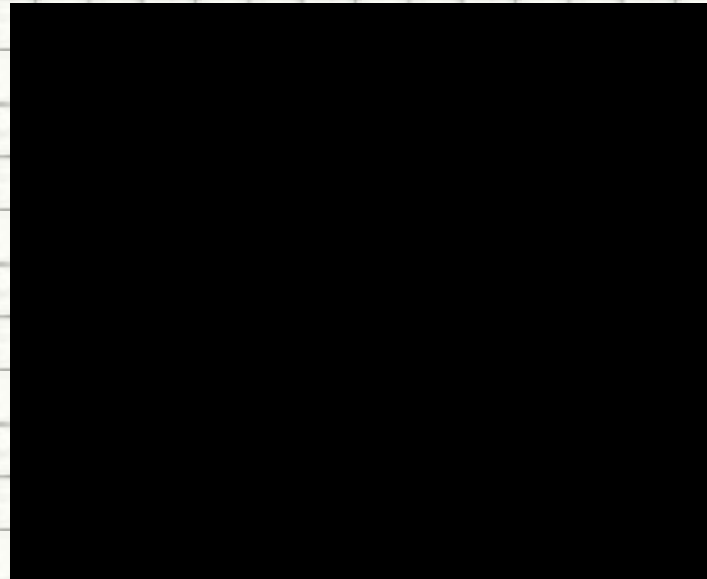
• Летним вечером или под утро, когда становится **холоднее, выпадает роса**

# 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.**



# Парообразование при кипении



# Температура кипения

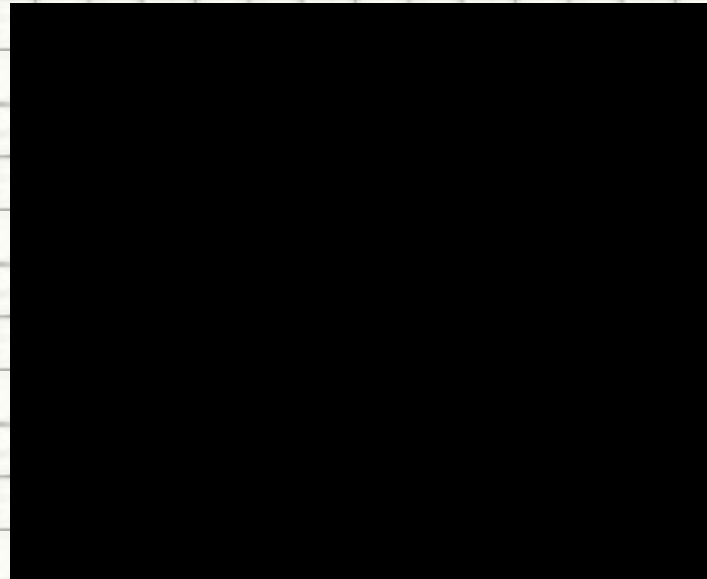
- Температура, при которой жидкость кипит, называется **температурой кипения**;



## 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

# Кипение азота



# Процесс кипения

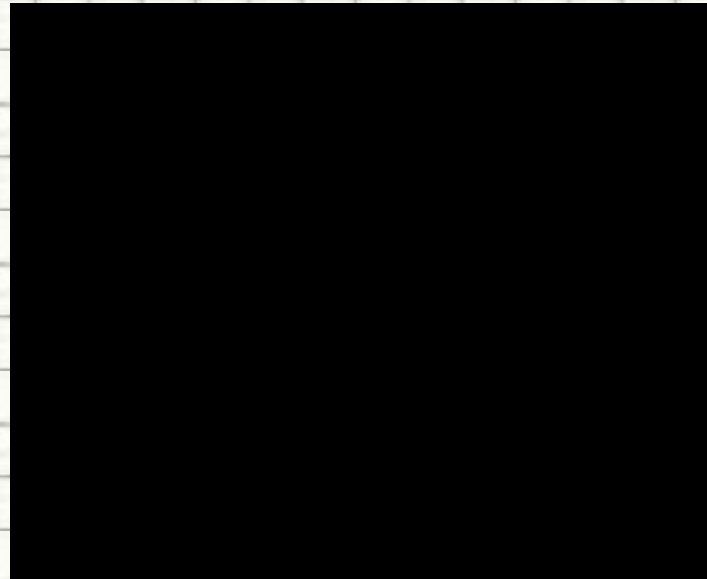
- Кипение происходит с **поглощением теплоты.**



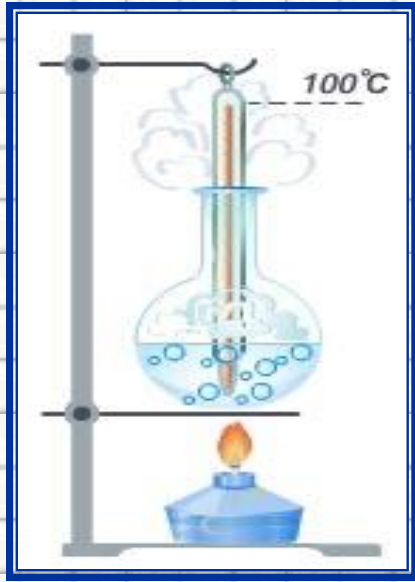
- Большая часть подводимой теплоты расходуется на **разрыв связей между частицами вещества,** остальная часть - на **работу, совершаемую при расширении пара.**
- В результате энергия взаимодействия между частицами пара становится **больше,** чем между частицами жидкости, поэтому
- **внутренняя энергия пара больше, чем внутренняя энергия жидкости** при той же температуре.



# Что такое кипение



# 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 **многочисленнее.**
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.

# Удельная теплота парообразования

- Физическая величина, показывающая, какое **количество теплоты** необходимо, чтобы **обратить жидкость массой 1 кг в пар** без изменения температуры, называется **удельной теплотой парообразования**.
- Единица удельной теплоты парообразования в системе СИ:

$$\bullet [L] = 1 \text{ Дж/кг}$$

**С ростом давления удельная теплота парообразования уменьшается и наоборот.**



# Удельная теплота парообразования жидкостей и некоторых металлов при температуре кипения и нормальном атмосферном давлении

Вещество	$r$ , кДж/кг	Вещество	$r$ , кДж/кг
Азот жидкий	201	Кислород жидкий	214
Алюминий	9200	Магний	5440
Бензин	230-310	Медь	4800
Висмут	840	Олово	3010
Водород жидкий	450	Ртуть	293
Воздух	197	Свинец	860
Гелий жидкий	23	Спирт этиловый	906
Железо	6300	Эфир	356
Керосин	209-230		

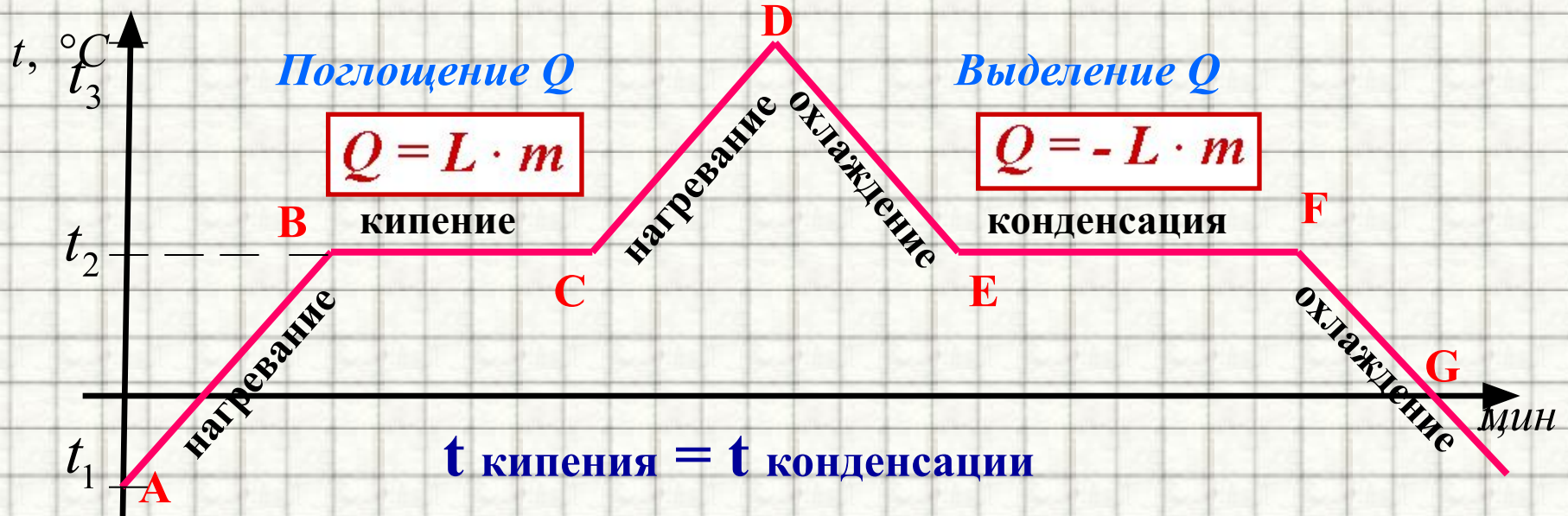
# Количество теплоты,

необходимое для парообразования и  
выделяющееся при конденсации



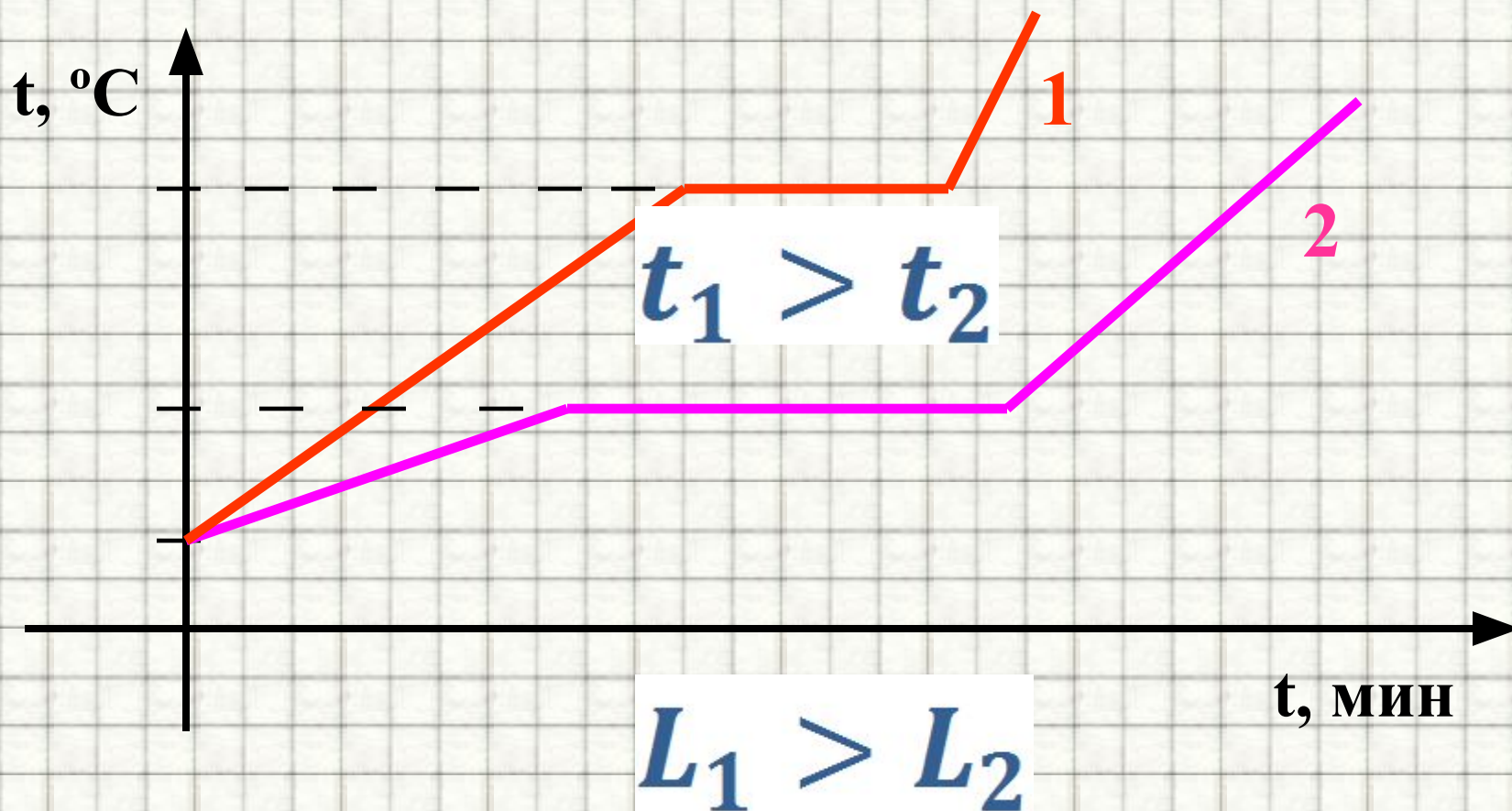
- Конденсируясь, пар отдает то количество энергии, которое пошло на его образование

# График кипения и конденсации



- При нагревании увеличивается температура жидкости.
- Скорость движения частиц возрастает.
- Увеличивается внутренняя энергия жидкости.
- Когда жидкость нагревается до температуры кипения, энергия молекул становится достаточной для того, чтобы **преодолеть молекулярное притяжение.**
- **Температура не изменяется до тех пор, пока вся жидкость не выкипит.**

# Графики зависимости изменения температуры от времени двух жидкостей одинаковой массы.



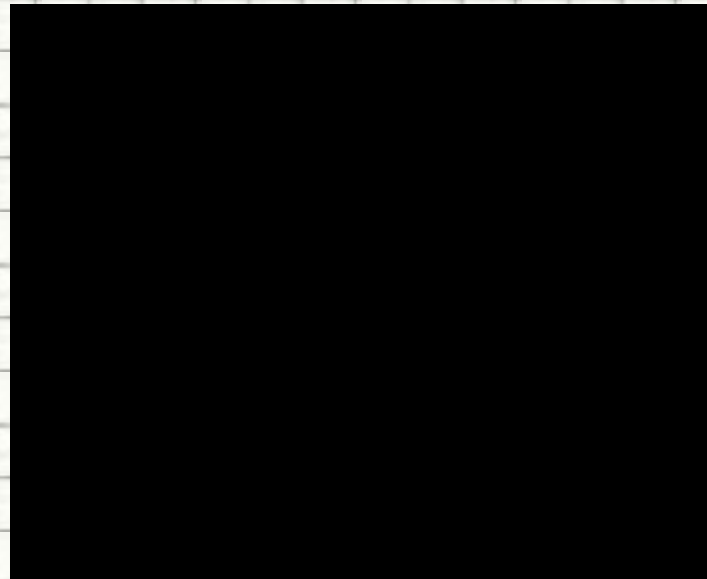
# Зависимость температуры кипения от давления

**При повышении атмосферного давления температура кипения повышается**

$p, \text{ МПа}$	$t, ^\circ\text{C}$	$p, \text{ МПа}$	$t, ^\circ\text{C}$	$p, \text{ МПа}$	$t, ^\circ\text{C}$	$p, \text{ МПа}$	$t, ^\circ\text{C}$
0,1	99,7	1,2	187,8	3,5	244	8,5	301
0,2	120,3	1,3	191,5	4,0	252	9,0	305
0,3	133,4	1,4	195,0	4,5	259	9,5	309
0,4	143,5	1,5	198,2	5,0	266	10,0	313
0,5	151,7	1,6	201,3	5,5	272	11,0	320
0,6	158,7	1,7	204,2	6,0	277	12,0	327
0,7	164,8	1,8	207,0	6,5	283	13,0	333
0,8	170,8	1,9	210,2	7,0	288	14,0	339
0,9	175,2	2,0	212,3	7,5	293	15,0	344
1.0	179,7	2,5	224	8,0	297	16,0	350



# Перегретая жидкость



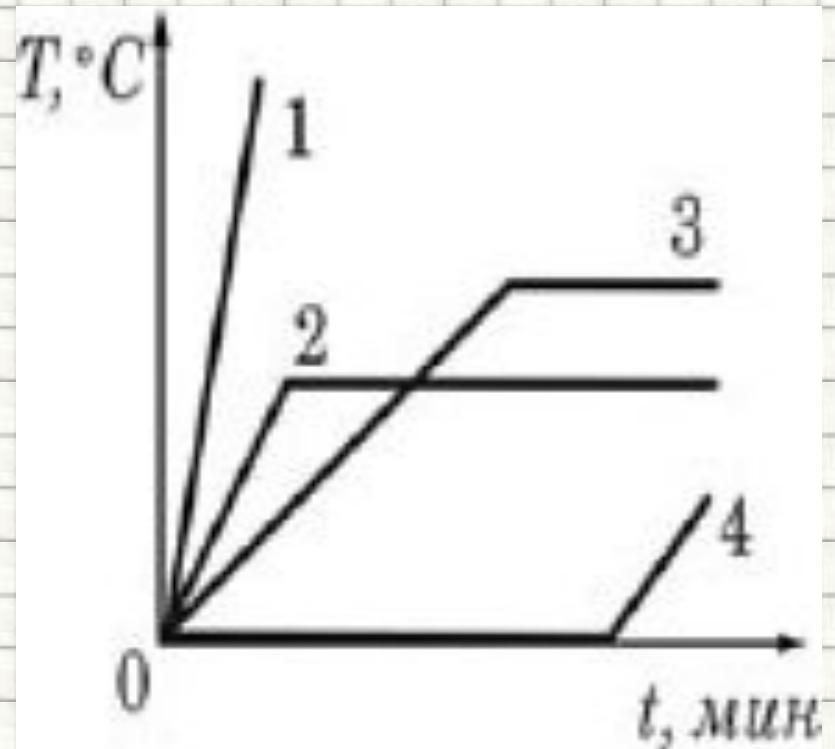
# Рассмотрим задачи:

Подборка заданий по кинематике  
(из заданий ГИА 2008-2010 гг.)

# Кипение

**ГИА-2008-8.** На одинаковых спиртовках нагревают одинаковые массы воды, спирта, льда и меди. Какой из графиков соответствует нагреванию воды?

- 1) 1
- 2) 2
- 3) 3
- 4) 4



## ГИА-2010-7. Жидкости могут испаряться

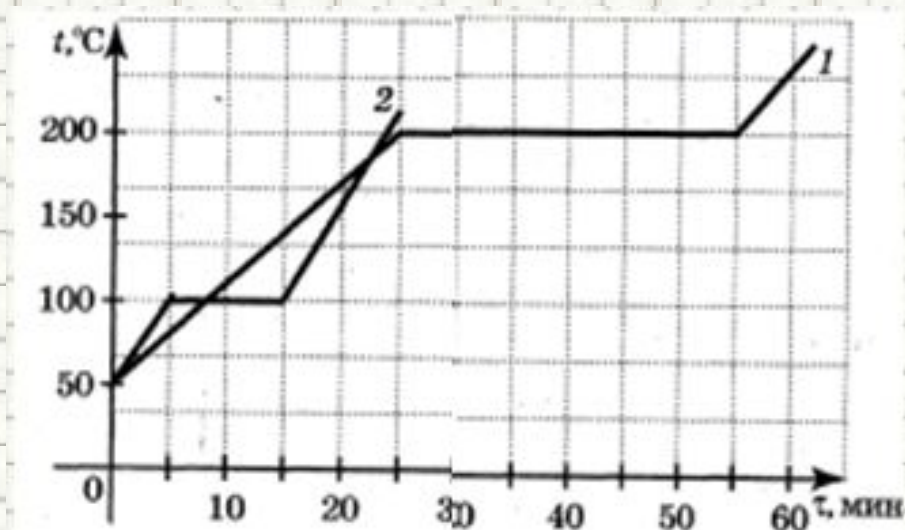
- 1) только при температуре кипения
- 2) только при температуре выше ее температуры кипения
- 3) только при температуре, близкой к ее температуре кипения
- 4) при любой температуре

**ГИА-2010-7.** Часть воды частично испарилась из чашки при отсутствии теплообмена с окружающей средой. Температура воды, оставшейся в чашке

- 1) повысилась
- 2) понизилась
- 3) не изменилась
- 4) повысилась или понизилась, в зависимости от скорости испарения

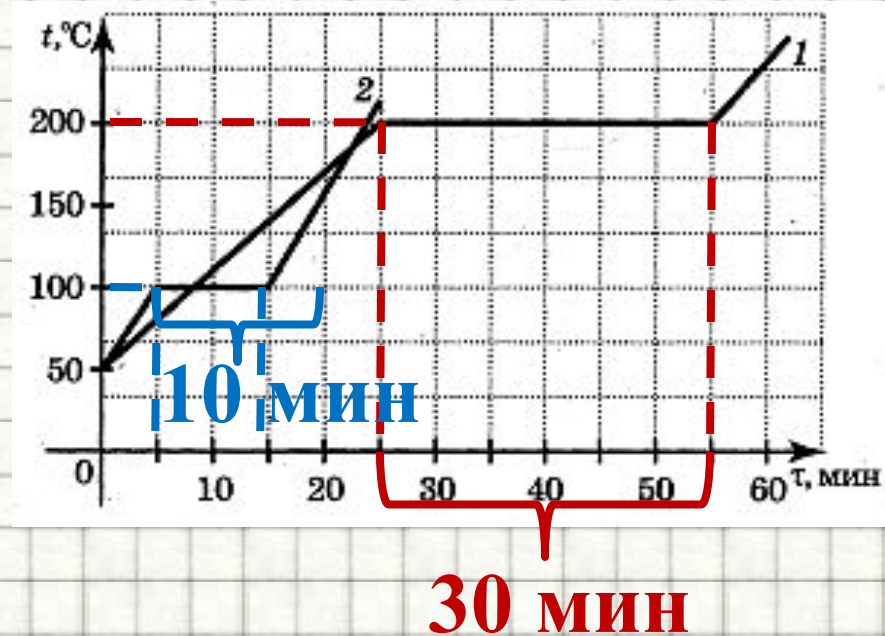
**ГИА-2010-8.** На графике показаны кривые нагревания одинаковых масс двух разных жидкостей при одной и той же постоянной мощности подводимого количества теплоты. Отношение температуры кипения первой жидкости к температуре кипения второй жидкости в шкале Цельсия равно

1.  $1/3$
2.  $1/2$
3. 2
4. 3



**ГИА-2010-8.** На графике показаны кривые нагревания одинаковых масс двух разных жидкостей при одной и той же постоянной мощности подводимого количества теплоты. Отношение удельной теплоты парообразования первой жидкости к удельной теплоте парообразования второй жидкости равно

1.  $\frac{1}{2}$
2.  $\frac{1}{3}$
3. 2
4. 3

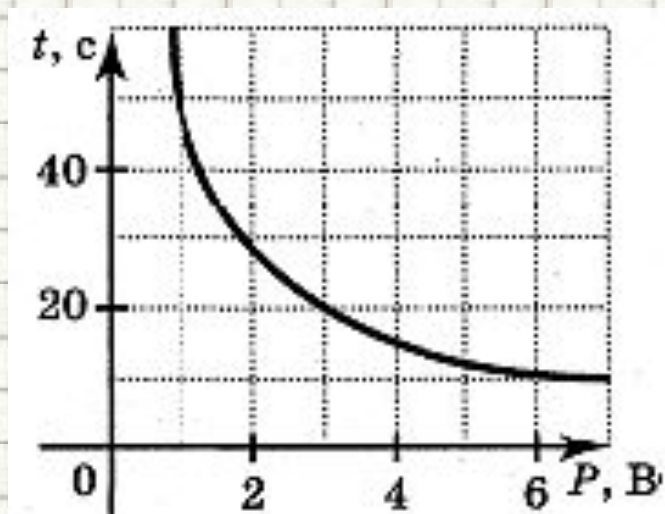


$$\frac{L_1}{L_2} = \frac{t_1}{t_2} = 3$$



**ГИА-2010-15.** Экспериментально исследовалась зависимость времени закипания воды от мощности кипятильника. По результатам измерений построен график, приведенный на рисунке. Какой вывод можно сделать по результатам эксперимента?

- 1) Время нагревания прямо пропорционально мощности нагревателя.
- 2) С ростом мощности нагревателя вода нагревается быстрее.
- 3) Мощность нагревателя с течением времени уменьшается.
- 4) С ростом мощности нагревателя вода нагревается медленнее.



**ГИА-2010-15.** В двух комнатах квартиры показания сухих термометров психрометра одинаковы, а показания влажных — отличаются от показаний сухого и различаются между собой. Если показания влажного термометра выше в первой комнате, то влажный платок

- 1) высохнет быстрее в первой комнате
- 2) высохнет быстрее во второй комнате
- 3) высохнет за одно и то же время в обеих комнатах
- 4) не высохнет в первой комнате, если показания психрометра в ней не изменятся

**ГИА-2008-22.** Какое количество теплоты потребуется, чтобы испарить 200 г воды, взятой при температуре кипения?

$$Q = L \cdot m$$

• 460 кДж

$$Q = 2300000 \cdot 0.2 = 460000 \text{ Дж}$$

**ГИА-2009-25.** В электрический чайник было налито 0,99 кг воды. При напряжении 220 В и силе тока в цепи нагревателя 5 А вся вода выкипела через 2256 с после закипания. Определите удельную теплоту парообразования воды, если КПД нагревателя при передаче энергии воде равен 0,9. Ответ запишите числом (в кДж/кг).

2256

$$Q = \eta \cdot A \cdot t$$

$$Lm = \eta \cdot I \cdot U \cdot t$$

$$L = \frac{(\eta \cdot I \cdot U \cdot t)}{m}$$

$$L = \frac{(0,9 \cdot 5 \text{ А} \cdot 220 \text{ В} \cdot 2256 \text{ с})}{0,99 \text{ кг}} = 2,256 \times 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

**ГИА-2009-25.** В электрическом чайнике было налито 0,99 кг воды. Через какое время после закипания выкипит вся вода, если при напряжении 220 В сила тока в нагревателе равна 5 А, а КПД нагревателя при передаче энергии воде равен 0,9. Удельная теплота парообразования воды 2256 кДж/кг.

Ответ запишите числом (в с).

2256

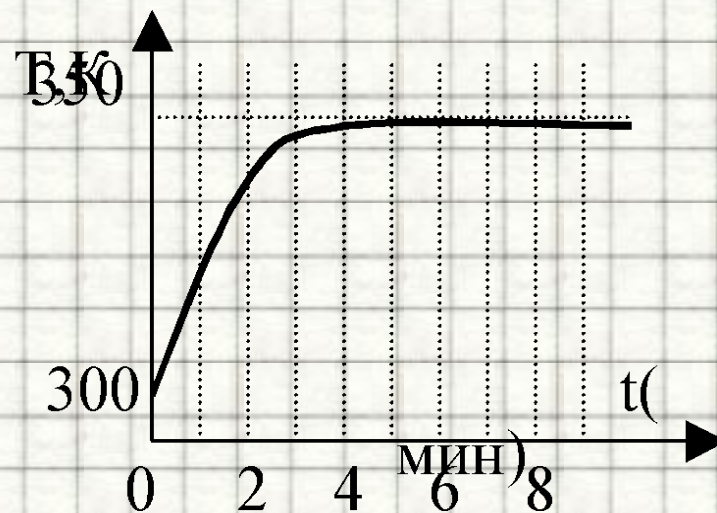
$$Q = \eta \cdot A \cdot t$$

$$L_m = \eta \cdot I \cdot U \cdot t$$

$$t = \frac{L_m}{\eta \cdot I \cdot U}$$

$$t = \frac{2.256 \times 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} (0.99 \text{ кг})}{0.9 \cdot 5 \text{ А} \cdot 220 \text{ В}} = 2.256 \times 10^3 \text{ с}$$

**(ЕГЭ 2001 г.) А12.** Кастрюлю с водой поставили на газовую плиту. Газ горит постоянно. Зависимость температуры воды от времени представлена на графике. График позволяет сделать вывод, что



1. теплоемкость воды увеличивается со временем
2. через 5 минут вся вода испарилась
3. при температуре 350 К вода отдает воздуху столько тепла, сколько получает от газа
4. через 5 минут вода начинает кипеть

**(ЕГЭ 2001 г., Демо) А14.** Испарение жидкости происходит потому, что . . .

1. разрушается кристаллическая решетка.
2. самые быстрые частицы покидают жидкость.
3. самые медленные частицы покидают жидкость.
4. самые крупные частицы покидают жидкость.

**(ЕГЭ 2002 г., Демо) А13.** При испарении жидкость остывает. Молекулярно-кинетическая теория объясняет это тем, что чаще всего жидкость покидают молекулы, кинетическая энергия которых

1. равна средней кинетической энергии молекул жидкости
2. превышает среднюю кинетическую энергию молекул жидкости
3. меньше средней кинетической энергии молекул жидкости
4. равна суммарной кинетической энергии молекул жидкости



**(ЕГЭ 2003 г., КИМ) А13.**

Температура кипения воды зависит от

1. мощности нагревателя
2. вещества сосуда, в котором нагревается вода
3. атмосферного давления
4. начальной температуры воды

**(ЕГЭ 2007 г., ДЕМО) А12.** При одинаковой температуре  $100^{\circ}\text{C}$  давление насыщенных паров воды равно  $10^5$  Па, аммиака —  $59 \cdot 10^5$  Па и ртути — 37 Па. В каком из вариантов ответа эти вещества расположены в порядке убывания температуры их кипения в открытом сосуде?

1. вода  $\rightarrow$  аммиак  $\rightarrow$  ртуть
2. аммиак  $\rightarrow$  ртуть  $\rightarrow$  вода
3. вода  $\rightarrow$  ртуть  $\rightarrow$  аммиак
4. ртуть  $\rightarrow$  вода  $\rightarrow$  аммиак

# Литература

1. Видеоролик "Закипание воды в бумажном стакане". Класс!ная физика для любознательных//[Электронный ресурс]// <http://school-collection.edu.ru/catalog/res/d5877037-6684-4b19-96af-b413a079b6ee/view/>;
2. Видеоролик "Кипение азота". Класс!ная физика для любознательных//[Электронный ресурс]// <http://school-collection.edu.ru/catalog/res/caaae1ae-746b-43b0-84f6-9fff5739e3f3/view/>;
3. Видеоролик "Парообразование при кипении". Класс!ная физика для любознательных//[Электронный ресурс]// <http://school-collection.edu.ru/catalog/res/1f32ae7a-76cf-4f5e-bd95-e410dcd0a179/view/>;
4. Видеоролик "Перегретая жидкость". Класс!ная физика для любознательных//[Электронный ресурс]// <http://school-collection.edu.ru/catalog/res/0160faba-a8cf-49e2-ad1d-3db75f9996b1/view/>;
5. Видеоролик "Что такое кипение". Класс!ная физика для любознательных//[Электронный ресурс]// <http://school-collection.edu.ru/catalog/res/212c3cb0-88cd-4a6e-b641-4328bf7be103/view/>;
6. Гутник, Е. М., Физика. 7 класс. Учебник для общеобразовательных школ / Е. М. Гутник, А. В. Перышкин. - М.: Дрофа, 2009. – 302 с.
7. Зорин, Н.И. ГИА 2010. Физика. Тренировочные задания: 9 класс / Н.И. Зорин. – М.: Эксмо, 2010. – 112 с. – (Государственная (итоговая) аттестация (в новой форме)).
8. Испарение и конденсация. Насыщенный пар. Давление насыщенного пара. // [Электронный ресурс]// <http://iv-k.ltd.ua/Fizika/Zan26/par.htm>;
9. Испарение и конденсация. Насыщенный пар. Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов // [Электронный ресурс]// [http://files.school-collection.edu.ru/dlrstore/669b797c-e921-11dc-95ff-0800200c9a66/2\\_4.swf](http://files.school-collection.edu.ru/dlrstore/669b797c-e921-11dc-95ff-0800200c9a66/2_4.swf);
10. Кабардин, О.Ф. Физика. 9 кл.: сборник тестовых заданий для подготовки к итоговой аттестации за курс основной школы / О.Ф. Кабардин. – М.: Дрофа, 2008. – 219 с;
11. КИПЕНИЕ. Класс!ная физика для любознательных//[Электронный ресурс]// [http://class-fizika.narod.ru/8\\_15.htm](http://class-fizika.narod.ru/8_15.htm);
12. Механизм процесса испарения жидкостей. Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов // [Электронный ресурс]// <http://files.school-collection.edu.ru/dlrstore/9db21e7b-3921-6b0b-685c-6cbf7d5b9677/00149789837652209.htm>;
13. Очистка йода возгонкой (сублимацией) // [Электронный ресурс]// <http://chemistry-chemists.com/Video/iodine-sublimation.html>
14. ПАРООБРАЗОВАНИЕ. Класс!ная физика для любознательных//[Электронный ресурс]// [http://class-fizika.narod.ru/8\\_13.htm](http://class-fizika.narod.ru/8_13.htm);
15. Перышкин, А. В., Физика. 7 класс. Учебник для общеобразовательных школ / А. В. Перышкин. - М.: Дрофа, 2009. – 198 с.
16. Перышкин, А. В., Физика. 8 класс. Учебник для общеобразовательных школ / А. В. Перышкин. - М.: Дрофа, 2009. – 196 с.
17. Федеральный институт педагогических измерений. Контрольные измерительные материалы (КИМ) Физика [ГИА-9 2010 г.](http://gia-9.2010.ru/) / [Электронный ресурс]// <http://fipi.ru/view/sections/214/docs/>
18. Федеральный институт педагогических измерений. Контрольные измерительные материалы (КИМ) Физика ЕГЭ 2001-2010/[Электронный ресурс]// <http://fipi.ru/view/sections/92/docs/>