

Телепроект «МОЯ ШКОЛА в online»

ГОТОВИМСЯ К ЕГЭ

Физика

11 класс

Урок № 6

Влажность воздуха. Качественные и расчетные задачи по теме «Насыщенный пар»

Сеитов Андрей Иванович,
учитель физики Физтех-лицей им. П.Л. Капицы,
Заслуженный учитель России

На этом уроке мы рассмотрим материал, который в классической школьной программе изучается в курсе **10 класса**. Тема нашего занятия считается **сложной** частью ЕГЭ, об этом говорит статистика экзаменов прошлых лет. Мне кажется, проблема здесь возникает из-за **малой практики** по этой теме в школьном курсе и из-за большого количества качественных задач в ЕГЭ. Значит, при подготовке к экзамену надо уделить **больше внимания** теории.

Насыщенные и ненасыщенные пары. Влажность воздуха.

На прошлом занятии мы говорили о свойствах газов. Но среди газов есть **особое газообразное состояние** вещества. Его особенность подчеркнута даже отдельным определением.

Пар – газообразное состояние вещества в условиях, при которых возможна жидкая или твёрдая фаза этого же вещества.

Существование пара объясняется тем, что в твёрдой или жидкой фазе вещества из-за хаотичности движения всегда найдутся **быстрые частицы**, которые способны за счёт своей **кинетической энергии** совершить работу против **сил притяжения** других частиц и **вылететь из вещества**.

Особенность паров ярко выражена в **фазе насыщения**.

Насыщенный пар – пар, находящийся в динамическом равновесии со своей жидкостью.

В приведённом определении **динамическое равновесие** наблюдается между процессами парообразования и конденсации. В закрытом сосуде при динамическом равновесии число частиц вещества, вылетающих из его жидкой фазы, равно числу частиц этого вещества, возвращающихся в жидкость из пара, то есть **количество частиц** пара и жидкости в сосуде остаётся **постоянным**.

Насыщенные пары обладают двумя отличительными от газов свойствами.

1) Давление насыщенного пара не зависит от его объема, а определяется только температурой пара.

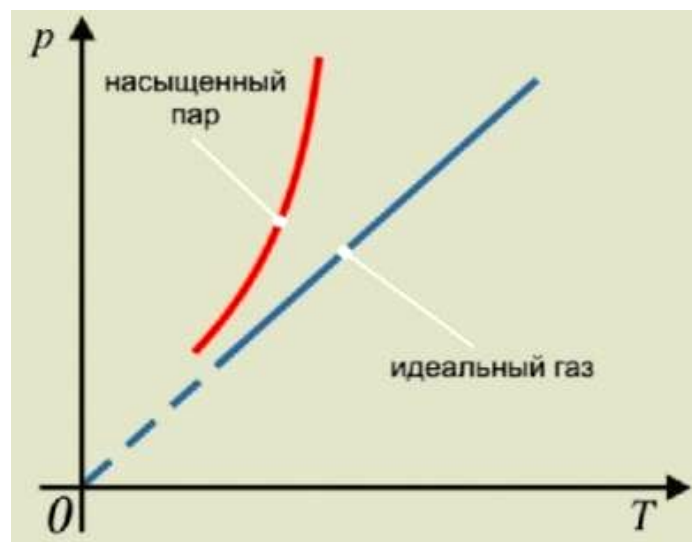
Например, при уменьшении объема сосуда возрастает скорость конденсации пара, что приводит к уменьшению его массы. Динамическое равновесие восстанавливается при достижении паром прежнего значения концентрации.

2) Давление насыщенного пара увеличивается с ростом температуры быстрее, чем давление идеального газа.

Это объясняется дополнительным изменением концентрации частиц насыщенного пара за счёт изменения интенсивности испарения, связанного с изменением температуры. У газов изменение давления в сосуде происходит только за счёт изменения температуры.

$$p = nkT$$

Зависимость давления насыщенного пара воды от температуры давно описана, существуют **таблицы значений давления** (или плотности) насыщенного пара. Схематично эта зависимость показана на графике.



Важно понимать и помнить, что при **100 °C** давление насыщенного водяного пара равно нормальному атмосферному давлению:

$$p_0 = 760 \text{ мм рт. ст.} \approx 101300 \text{ Па} \approx 10^5 \text{ Па}$$

Кипение любой жидкости протекает при той температуре, при которой давление её насыщенных паров становится равным внешнему давлению.

Только при этом условии возможно существование пузырька с насыщенным паром внутри жидкости. Поэтому вода при нормальном атмосферном давлении кипит при температуре 100°C . При подъёме в горы атмосферное давление уменьшается, поэтому температура кипения воды понижается (приблизительно на 1°C на каждые 300 метров высоты).

Ненасыщенный пар – пар, давление которого меньше давления насыщенного пара, взятого при той же температуре. Ненасыщенный пар можно описывать с помощью уравнения состояния идеального газа.

Свойства ненасыщенных паров совпадают со свойствами идеального газа, которые были рассмотрены ранее.

Поскольку испарение протекает при любой температуре, в атмосфере всегда присутствует некоторое количество водяного пара.

Влажность воздуха – явление содержания водяного пара в атмосфере. Влажность влияет на многие процессы в природе: биологические, химические, физические. Поэтому важно научиться измерять влажность. Для описания влажности используется несколько физических величин.

Абсолютная влажность воздуха – масса водяного пара, содержащегося в одном кубическом метре воздуха (фактически – это плотность водяного пара).

$$\rho = \frac{m}{V} ; [\rho] = \frac{\text{г}}{\text{м}^3}$$

Абсолютная влажность связана с парциальным давлением водяного пара уравнением Менделеева-Клапейрона:

$$p = \frac{\rho RT}{M}$$

Но абсолютная величина не показывает степени насыщенности пара, а именно это определяет скорости процессов, связанных с влажностью.

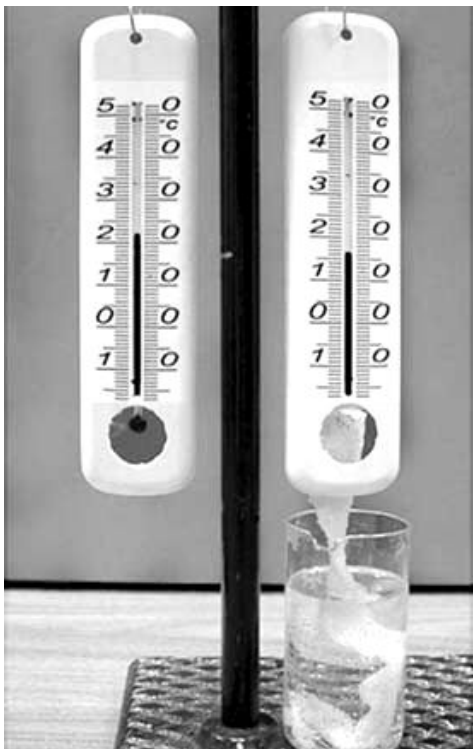
Относительная влажность воздуха – отношение парциального давления водяного пара в атмосфере к давлению насыщенного водяного пара, взятого при той же температуре, выраженное в процентах.

$$\varphi = \frac{p}{p_H} 100\%; [\varphi] = \frac{Pa}{Pa} \% = \%$$

Если в формулу определения относительной влажности подставить уравнение Менделеева-Клапейрона, то можно получить ещё одну формулу для относительной влажности. Она вам должна быть известна из курса 8 класса.

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

Относительную влажность измеряют с помощью **психрометра** – прибора, работа которого основана на разности температур воздуха (сухого термометра) и испаряющейся воды (влажного термометра).



$t_{\text{сух.терм.}}$	Разность показаний сухого и влажного термометров								
°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8
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
25	100	92	84	77	70	63	57	50	44

ЗАДАЧА 1

Относительная влажность воздуха при температуре 12°C равна 40% .
Атмосферное давление равно 100 кПа .

Чему равно парциальное давление водяного пара, если давление насыщенных водяных паров при этой температуре равно 1400 Па ?

Ответ: _____ Па.

ЗАДАЧА 2

Относительная влажность воздуха в сосуде, закрытом поршнем, равна **60%**.

Какой станет относительная влажность воздуха в сосуде, если объём сосуда уменьшить **в 2 раза** при неизменной температуре?

Ответ: _____ %.

ЗАДАЧА 3

Относительная влажность воздуха при температуре **100° С** равна **60%**.

Определите парциальное давление водяного пара в воздухе.

Ответ: _____ кПа.

ЗАДАЧА 4

Относительная влажность воздуха в помещении равна **70%**, парциальное давление паров воды **13,9 мм рт. ст.**

Пользуясь приведённой ниже таблицей давления насыщенных паров воды при различной температуре, определите температуру воздуха в помещении.

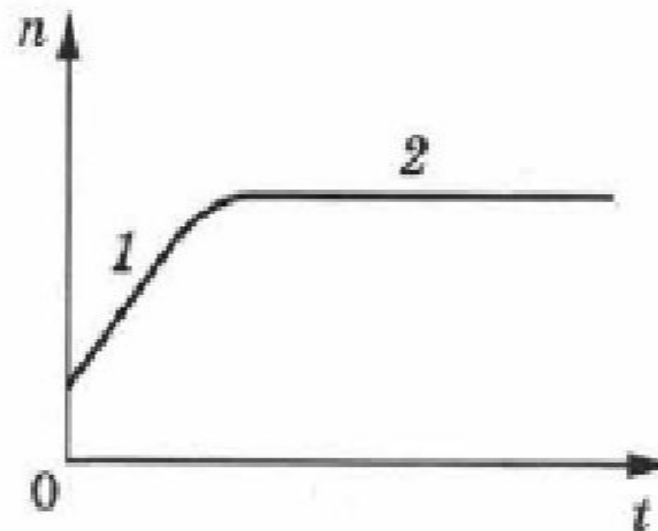
р, мм рт. ст.	13,6	14,5	15,5	16,5	17,5	18,5	19,8	21,1	22,4

Ответ: _____ °С.

ЗАДАЧА 5

В сосуде под поршнем находятся только пары аммиака. Поршень медленно и равномерно опускают, уменьшая объём сосуда. Температура в сосуде поддерживается постоянной. На рисунке показан график изменения со временем концентрации молекул паров аммиака внутри сосуда. Из приведённого ниже списка выберите два правильных утверждения и укажите их номера.

- 1) на участке 1 плотность паров аммиака уменьшалась
- 2) на участке 2 давление паров аммиака увеличивалось
- 3) на участке 1 пар аммиака ненасыщенный, а на участке 2 насыщенный
- 4) на участке 1 давление паров аммиака увеличивалось
- 5) на участке 2 плотность паров аммиака уменьшалась



Ответ: _____ .

ЗАДАЧА 6

При одинаковой температуре **100° С** давление насыщенных паров воды равно **100 кПа**, аммиака – **5900 кПа** и ртути – **37 Па**. Из приведённого ниже списка выберите **два** правильных утверждения и укажите их номера.

- 1) ртуть кипит при более высокой температуре, чем аммиак
- 2) температура кипения воды в открытом сосуде ниже, чем у аммиака
- 3) для нагревания **1 кг** ртути до температуры кипения необходимо количество теплоты, равное **37 кДж**
- 4) при кипении в открытом сосуде давление насыщенных паров аммиака равно нормальному атмосферному давлению
- 5) аммиак закипит, когда давление его насыщенных паров превысит **5900 кПа**

Ответ: _____ .

ЗАДАЧА 7

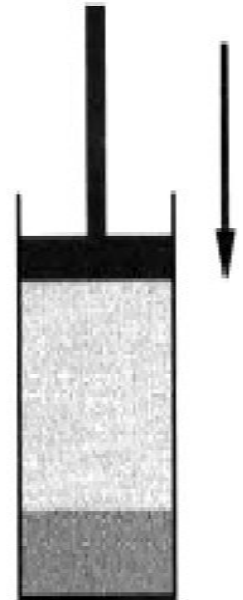
В цилиндре под поршнем находится жидкость и её насыщенный пар.

Как будут изменяться давление пара и масса жидкости при медленном перемещении поршня вниз при постоянной температуре, пока поршень не коснётся жидкости?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- **увеличиваться**
- **уменьшаться**
- **не изменится**

Ответ: давление пара _____
 масса жидкости _____



ЗАДАЧА 8

В закрытом сосуде постоянного объёма при комнатной температуре находится воздух, содержащий насыщенный водяной пар.

Температуру воздуха в сосуде увеличили на **20 К**.

Как изменились при этом концентрация молекул воды и относительная влажность воздуха в сосуде?

Для каждой величины определите

соответствующий характер изменения:

- **увеличиваться**
- **уменьшаться**
- **не изменится**

Ответ:

концентрация молекул воды _____

относительная влажность воздуха _____

ЗАДАЧА 9

В сосуде под поршнем находится
водяной пар массой **3 г**
под давлением **50 кПа** и при
температуре **100° С**. Не изменяя
температуры, объём сосуда
уменьшили **в 6 раз**.

Найдите массу образовавшейся при
этом воды.

Ответ: _____ .