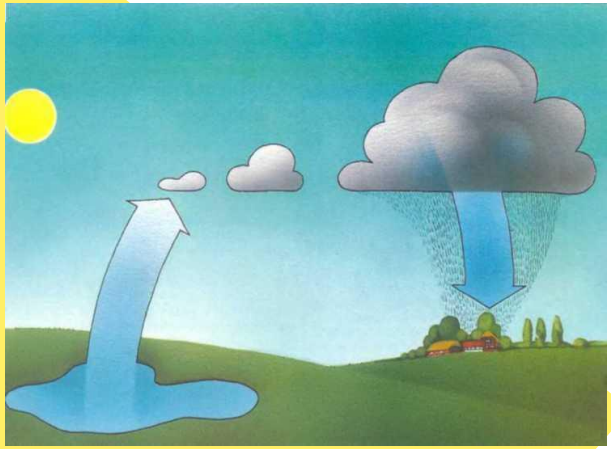
Тема урока:



Насыщенный пар. Влажность воздуха

Презентацию составил
учитель физики
МАОУ СОШ №22
г. Тюмени А.А. Малахов

Цель урока: изучить характеристики, свойства насыщенных и ненасыщенных паров

Задачи:

1. Воспроизводить определения таких понятий, как испарение, конденсация, термодинамическое равновесие, насыщенный пар, ненасыщенный пар, парциальное давление, относительная влажность воздуха;
2. Описывать зависимость давления, концентрации (плотности) насыщенного и ненасыщенного пара от объема при его изотермическом сжатии;
3. Описывать зависимость давления насыщенного и ненасыщенного пара от температуры;
4. Находить относительную влажность воздуха и точку росы по образцу.

План урока

1. Актуализация знаний;
2. Изучение новых знаний по теме урока и их закрепление;
3. Подведение итогов урока

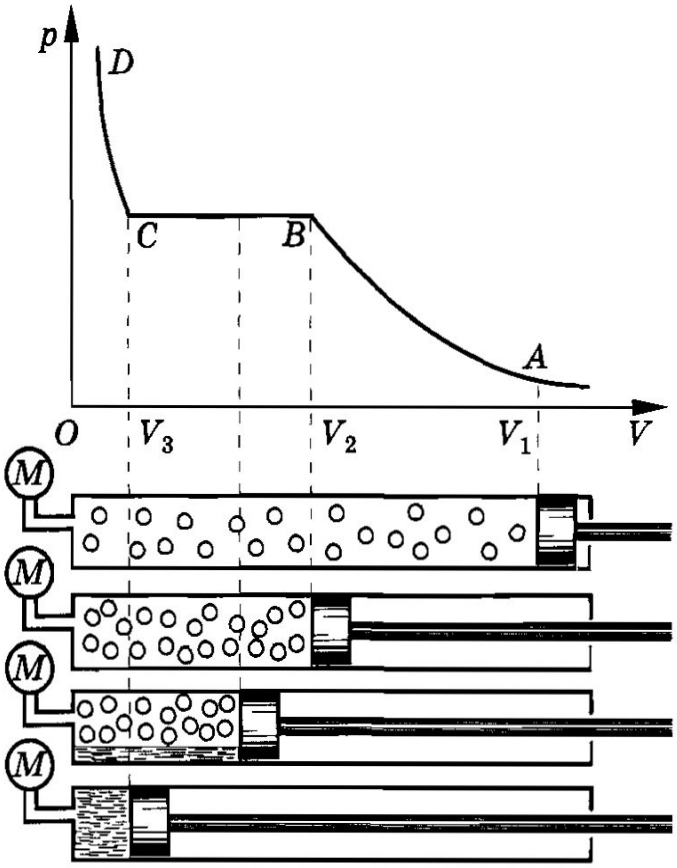
1. Актуализация знаний

Некоторые отрицательные факторы присутствия влаги в пневмосети (устройства работа, которых осуществляется посредством воздуха):

1. При понижении температуры конденсат может замерзнуть в трубопроводах и вызвать разрывы;
2. Конденсат расширяет смазочное масло в используемых пневматических машинах, приводя к их быстрому износу

Предложите метод осушки воздуха

Сжижение пара (газа) при его изотермическом сжатии



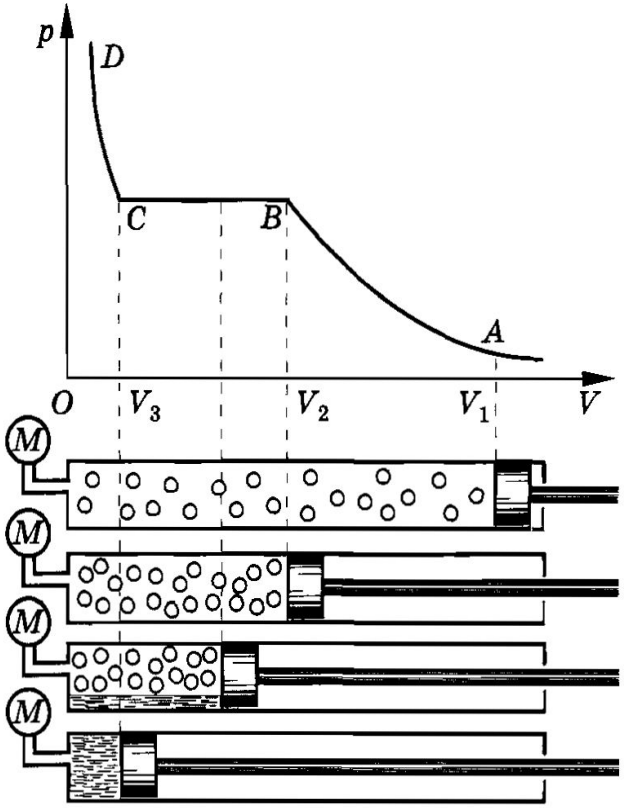
Объект изучения: медленно сжимаемый пар (газ)

✔**A→B** – ненасыщенный пар (газ);

✔**B →C** – насыщенный пар (в точке B образуются капельки жидкости);

✔**C→D** - жидкость

Зависимость концентрации (плотности) насыщенного пара от объема при его изотермическом сжатии

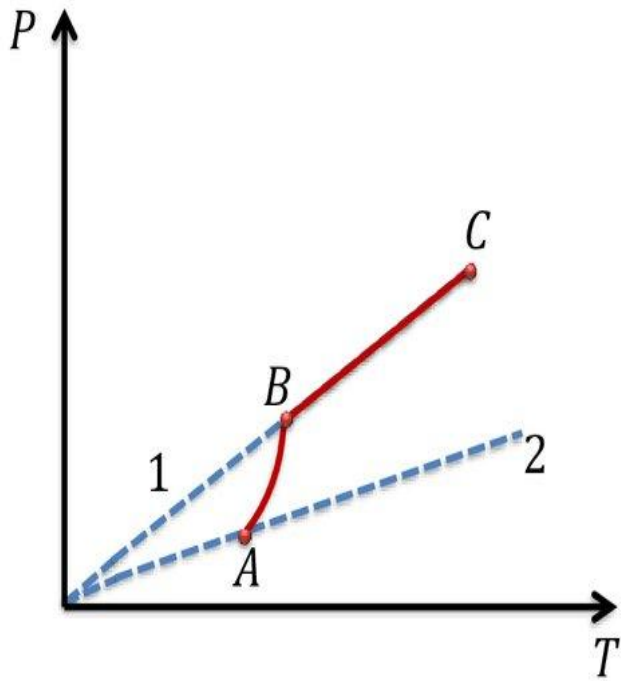


- ✔ Эксперимент: T=const, ↓V, P=const → n=const или ρ=const (P=nkT);
- ✔ Выводы:

1) давление насыщенного пара не зависит от занимаемого им объема при T=const;

2) концентрация (плотность) насыщенного пара не зависит от объема при T=const

Зависимость давления насыщенного пара от температуры



Объект изучения: жидкость в закрытом сосуде

✔ **A→B** – насыщенный пар, ↑P, т.к ↑T и ↑n (P=nkT);

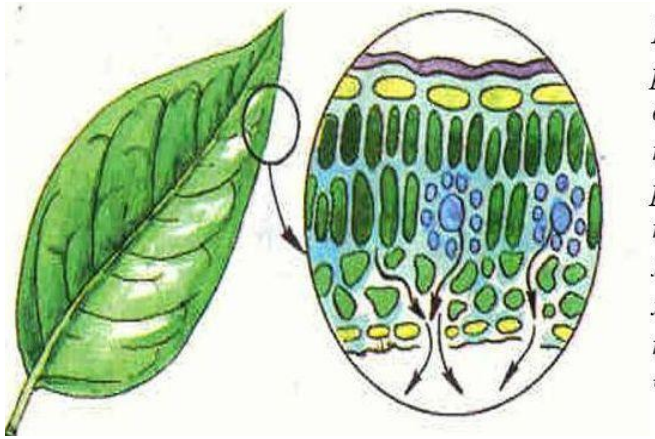
✔ **B→C** – ненасыщенный пар, ↑P, т.к ↑T и n=const (P=nkT);

Какая точка на графике соответствует полному испарению жидкости в закрытом сосуде

?

Относительная влажность воздуха (φ)

- ✔ интенсивность испарения воды и потеря влаги живыми организмами зависит от того насколько водяной пар при данной температуре близок к насыщению;
- ✔ относительная влажность воздуха показывает, насколько водяной пар при данной температуре близок к насыщению.



Главная масса воды в растениях испаряется в воздух листьями. На нижней стороне листа расположены особые клетки – устьица. Внутри листа вода по межклетникам проходит к устьицам и испаряется через них.

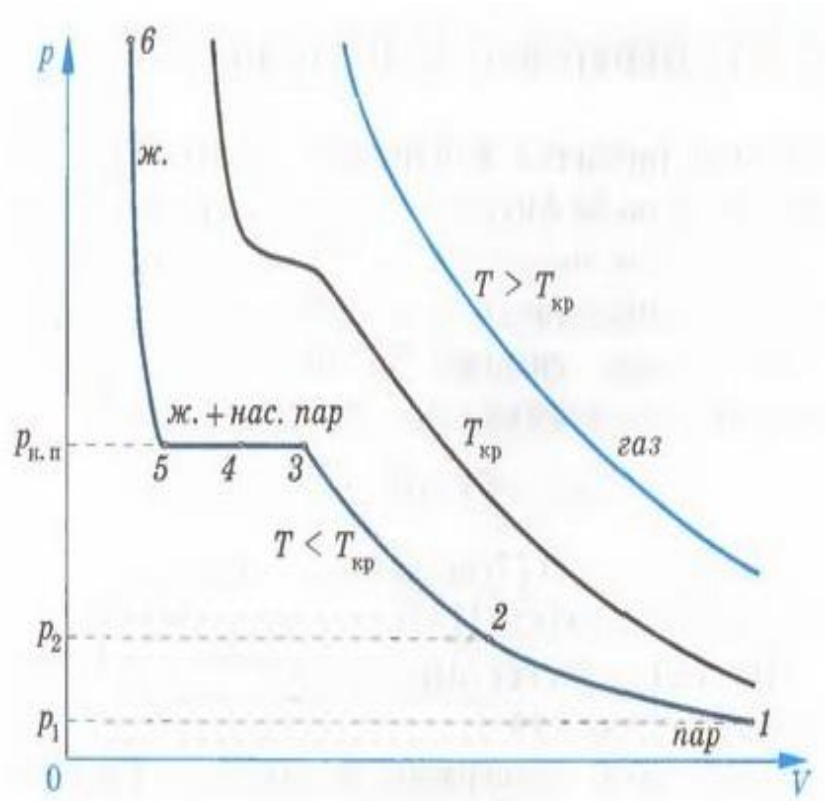
Относительная влажность воздуха (φ)

$$\varphi = \frac{n}{n_{н.п}} \cdot 100\%$$

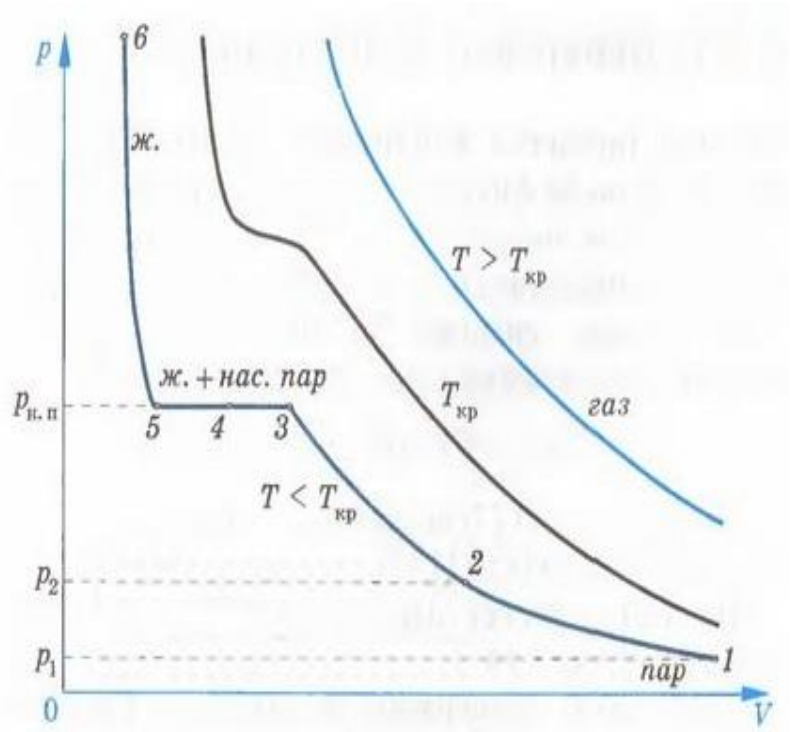
$$\varphi = \frac{\rho}{\rho_{н.п}} \cdot 100\%$$

$$\varphi = \frac{p}{p_{н.п}} \cdot 100\%$$

- n, p, ρ – концентрация, давление и плотность водяного пара в воздухе;
- $n_{н.п}$, $p_{н.п}$, $\rho_{н.п}$ -концентрация, давление и плотность насыщенного водяного пара



Используя изотерму сжижения газа (см. рис.) найдите и сравните относительную влажность пара в состояниях ***1, 2, 3, 4***.



$$\varphi_1 = \frac{p_1}{p_{н.п}} \cdot 100\%,$$

$$\varphi_2 = \frac{p_2}{p_{н.п}} \cdot 100\%,$$

$$\varphi_3 = \frac{p_{н..п}}{p_{н.п}} \cdot 100\%,$$

$$\varphi_4 = \frac{p_{н.п}}{p_{н.п}} \cdot 100\%$$

$$\varphi_1 \langle \varphi_2 \langle \varphi_3 = \varphi_4,$$

$$\varphi_3 = \varphi_4 = 100\%$$

Задача №1

Относительная влажность воздуха в цилиндре под поршнем равна 55 %. Воздух изотермически сжали, уменьшив его объём в два раза. Какова стала относительная влажность воздуха? (Ответ дать в процентах).

Дано:

$$\frac{V}{V_0} = 2$$

$$\varphi_0 = 60\%$$

$$T = const$$

$$\varphi = ?$$

Решение

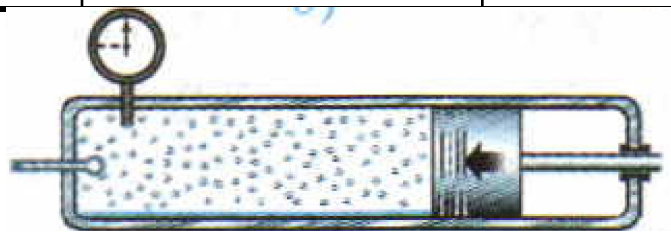
- В начальный момент, пар ненасыщен: $n_0 = 0{,}6 \cdot n_{н.п}, \varphi_0 = \frac{n_0}{n_{н.п}} \cdot 100\%$
- $n_{н.п}$=const, т.к. T=const и не зависит от V.
- Если ↓V в 2 раза, то↑n только до $n_{н.п}$ при данной температуре, а не до n=1,2 $n_{н.п}$ $\left(n = \frac{2 \cdot N}{V_0} = 2 \cdot n_0 \right)$. Поэтому,

$$\varphi = \frac{n_{н.п}}{n_{н.п}} \cdot 100\% = 100\%$$

Ответ: φ=100%

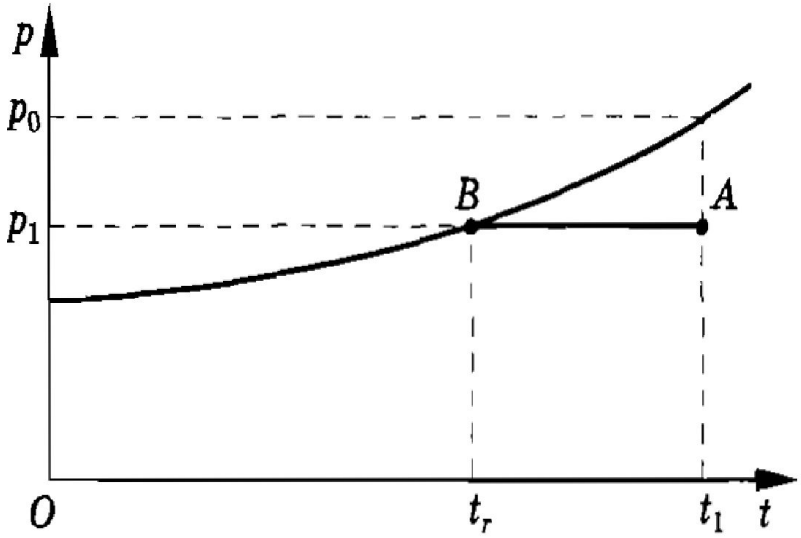
Заполни таблицу

T	const	const	const
φ_0,%	25	30	20
$\frac{V_0}{V}$	2	4	?
φ,%	?	?	90



T	const	const	const
φ_0,%	25	30	20
$\frac{V_0}{V}$	3	4	**4,5**
φ,%	**75**	**100**	90

Зависимость давления насыщенного пара от температуры



Выводы:

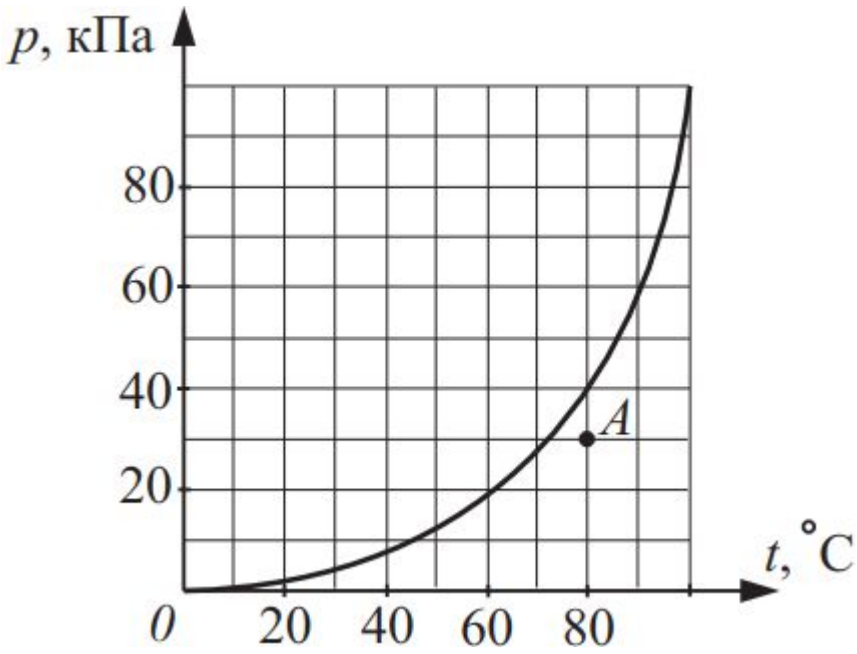
1. Если ↑***T***, то↑$p_{н.п}$;
2. При изобарном переходе водяного пара из состояния ***A*** в состояние ***B*** пар становится насыщенным.

p_1 – парциальное давление водяного пара при температуре t_1;

p_1 – давление насыщенного водяного пара при температуре t_r;

t_r – точка росы (температура воздуха, при которой водяной пар, содержащийся в нем начинает конденсироваться)

Задача № 2



На рисунке изображена зависимость давления *p* насыщенного водяного пара от температуры. Точкой ***A*** на этом графике обозначено состояние пара, находящегося в закрытом сосуде. Чему равна относительная влажность воздуха в этом сосуде?

Дано:

$t_а = 40^0C$

$p_{н.п} = 40$ кПа

$p_а = 30$ кПа

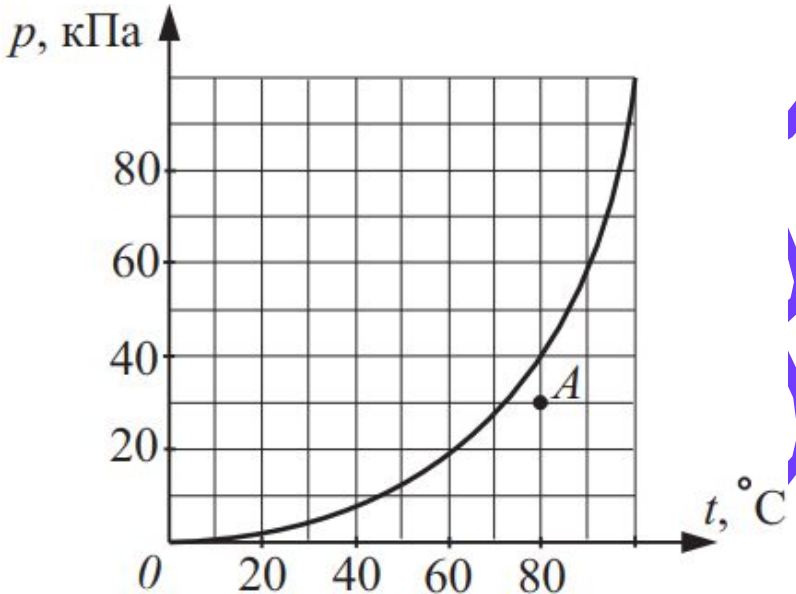
$\varphi = ?$

Решение:

$$\varphi_а = \frac{p_а}{p_{н.п}} \cdot 100\%,$$

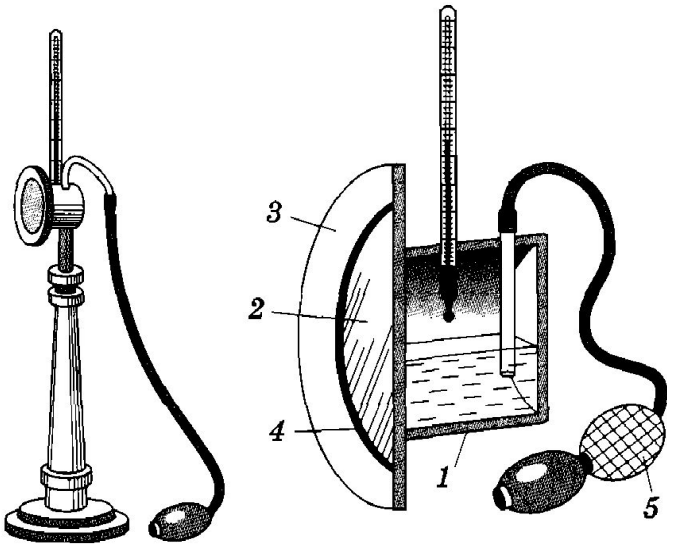
$$\varphi_а = \frac{30}{40} \cdot 100\% = 75\%$$

Ответ: $\varphi_а$=75%



Гигрометр

– прибор для определения точки росы (t_r)



1- металлическая коробка;

2- полированная передняя стенка металлической коробки;

3 – полированное кольцо;

4 – теплоизолирующая прокладка;

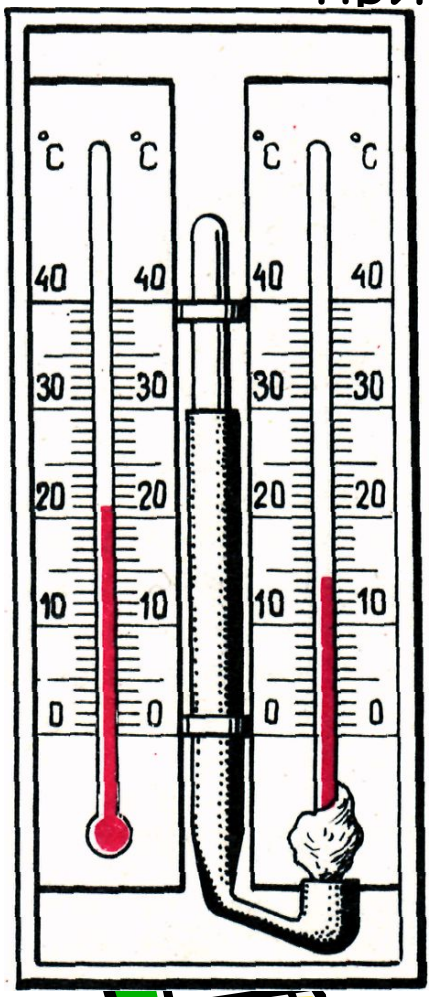
5 – резиновая груша

✔**Точку росы показывает термометр** в момент, когда на полированной поверхности (2) образуются капельки воды.

✔Быстрое охлаждение коробки (1) достигается за счет сильного испарения эфира в ней

Психрометр

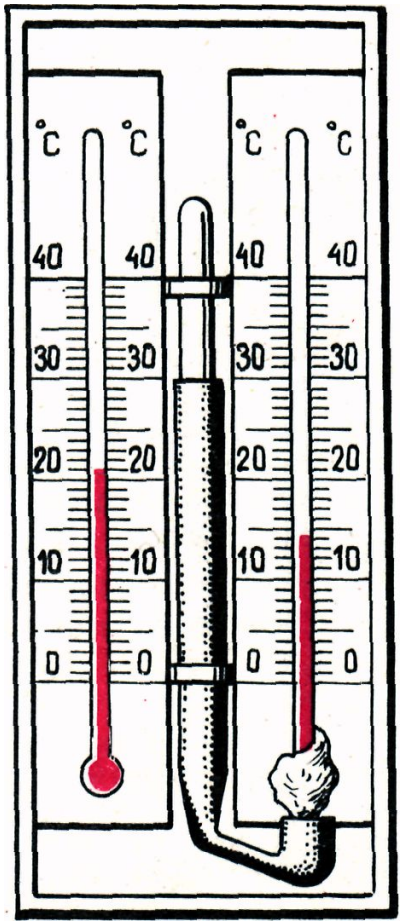
– прибор для измерения относительной влажности воздуха



Инструкция:

1. Снять показания сухого термометра (t_c);
2. Снять показания влажного термометра ($t_в$);
3. Определить разность показаний термометров $\Delta t = t_c - t_в$;
4. Определить по таблице значение относительной влажности воздуха (φ)

Определить относительную влажность воздуха



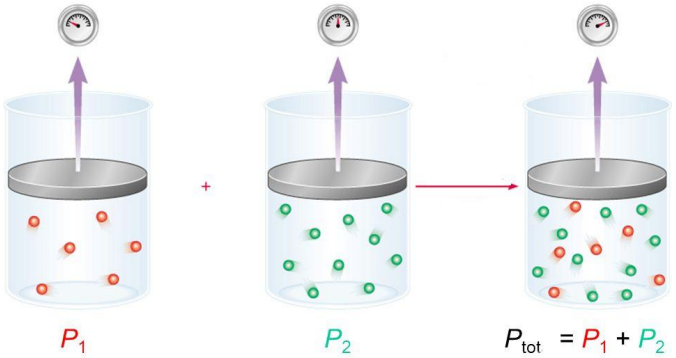
Психрометрическая таблица

Показания сухого термометра, °С	Разность показаний сухого и влажного термометров, °С										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Относительная влажность, %										
12	100	89	78	68	57	48	38	29	20	11	-
13	100	89	79	69	59	49	40	31	23	14	6
14	100	89	79	70	60	51	42	34	25	17	9
15	100	90	80	71	61	52	44	36	27	20	12
16	100	90	81	71	62	54	46	37	30	22	15
17	100	90	81	72	64	55	47	39	32	24	17
18	100	91	82	73	65	56	49	41	34	27	20
19	100	91	82	74	65	58	50	43	35	29	22
20	100	91	83	74	66	59	51	44	37	30	24
21	100	91	83	75	67	60	52	46	39	32	26
22	100	92	83	76	68	61	54	47	40	34	28
23	100	92	84	76	69	61	55	48	42	36	30
24	100	92	84	77	69	62	56	49	43	37	31
25	100	92	84	77	70	63	57	50	44	38	33

Ответ: φ=51%

Задача №3

В сосуде объёмом 3 л при температуре +70 °С находится смесь воздуха с водяными парами. Давление в сосуде равно 99,2 кПа, относительная влажность воздуха 50 %. Давление насыщенного водяного пара при данной температуре равно 31,1 кПа. Какое количество воздуха находится в сосуде? Ответ выразите в миллимолях и округлите до целого числа.



Дано:

$V = 3 \cdot 10^{-3}\ м^3$

$T = 343 K$

$p = 99{,}2 \cdot 10^3\ Па$

$\varphi = 0{,}5$

$p_{н.п} = 31{,}1 \cdot 10^3\ Па$

$\nu - ?$

Решение:

- Закон Дальтона: $p = p_1 + p_2$, p_1 и p_2 – парциальные давления воздуха и водяного пара; p – давление смеси;
- Уравнение Менделеева – Клапейрона:

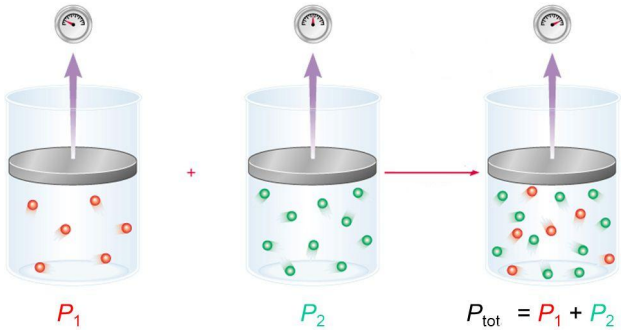
$$p_1 \cdot V = \nu \cdot R \cdot T \Rightarrow p_1 = \frac{\nu \cdot R \cdot T}{V}$$

- Относительная влажность воздуха:

$$\varphi = \frac{p_2}{p_{н.п}} \Rightarrow p_2 = \varphi \cdot p_{н.п}$$

$$\nu = \frac{(p - \varphi \cdot p_{н.п})}{R \cdot T} \cdot V, \nu = \frac{(99{,}2 \cdot 10^3 - 0{,}5 \cdot 31{,}1 \cdot 10^3)}{8{,}31 \cdot 343} \cdot 3 \cdot 10^{-3} \approx 0{,}088 моль$$

Ответ: ν=88 ммоль



3. **Подведение итогов урока**

3.1. Дополнительное сжатие как метод осушки воздуха

Метод осушки заключается в дополнительном сжатии воздуха. В этом случае воздух сжимается до гораздо большего давления, чем необходимо для работы. В этом случае образуется конденсат, который отводится через специальный клапан.

Затем воздух расширяется до рабочего давления. С помощью данной методики возможно достичь точки росы -60°С. Однако этот процесс очень дорогой.

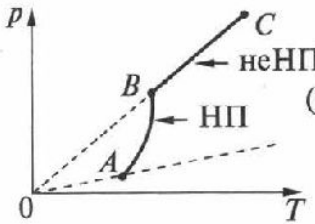
ОК–10.20

ВЗАИМНЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ ЖИДКОСТЕЙ И ГАЗОВ

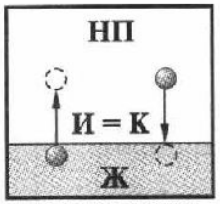
ЖИДКОСТЬ $\xrightarrow{\text{парообразование}}$ **ПАР** $\xrightarrow{\text{конденсация}}$ **ЖИДКОСТЬ**

$v_{исп.} = f$ (рода ж., T, S пов-ти, ветра)
– вылетают энергичные мол-лы
– **И** при любой T
– **И** со свободной пов-ти жидкости

Насыщенный пар
пар, находящийся в ДР со своей жидкостью.



$p_{н.п.} = nkT$
($p_{н.п.}\uparrow$ за счет $\uparrow n$ и $\uparrow T$)
$p_{н.п.} = f(T)$
$p_{н.п.} \neq f(V)$

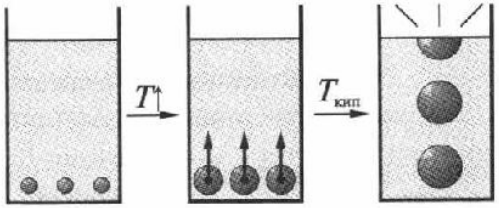


НП $\xleftrightarrow[\text{равновесие}]{\text{динамическое}}$ Ж

Кипение

$T_{кип}$ зависит от:
- рода ж.
- $p_{внешн}$

при $\uparrow p_{внешн} \Rightarrow \uparrow T_{кип}$



кипение
$p_{нп} = p_{ж}$

Влажность воздуха
содержание водяного пара в воздухе

Парциальное давление водяного пара – p водяного пара, если бы все остальные газы отсутствовали.

Относительная влажность (φ)

$$\varphi = \frac{p}{p_{н.п.}} 100\%$$

p – парц. давление водяного пара при данной T
$p_{н.п.}$ – давление насыщенного пара при той же T

Прибор: психрометр

Задания:

1. Составьте рассказ используя опорный конспект.
2. Какие дополнения следует внести в содержание опорного конспекта?
3. Какие вопросы конспекта остались не изученными на уроке?

Домашнее задание

- §62, №2,4

Используемая литература:

1. Гурский И.П. Элементарная физика с примерами решения задач. – М.: Наука, 1973
2. Касьянов В.А. Физика. 10 кл. Профильный уровень учеб. для общеобразов. Учреждений. – М.: Дрофа, 2013
3. Марон Е.А. Опорные конспекты и разноуровневые задания. Физика. 10 класс. –СПб.: ООО «Виктория плюс», 2013
4. https://phys-ege.sdamgia.ru/