

ВЗАИМНЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ ЖИДКОСТЕЙ И ГАЗОВ

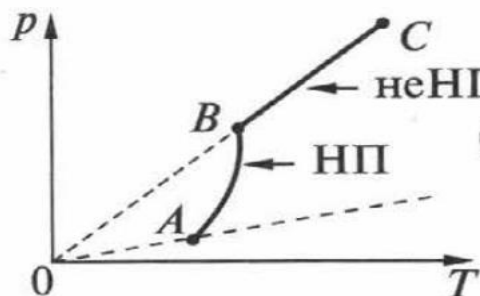
ЖИДКОСТЬ $\xrightarrow{\text{парообразование}}$ ПАР $\xrightarrow{\text{конденсация}}$ ЖИДКОСТЬ

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



Насыщенный пар

пар, находящийся в ДР со своей жидкостью.



$$p_{\text{н.п.}} = nkT$$

($p_{\text{н.п.}} \uparrow$ за счет $\uparrow n$ и $\uparrow T$)

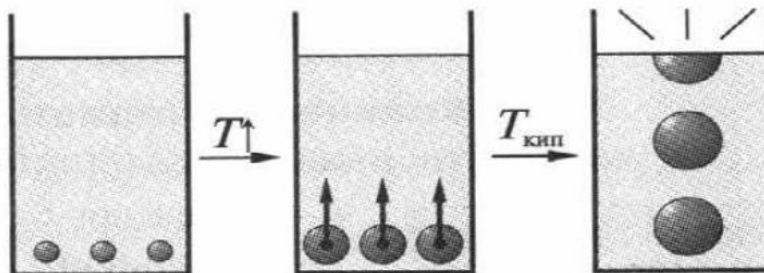
$$p_{\text{н.п.}} = f(T)$$

$$p_{\text{н.п.}} \neq f(V)$$



Кипение

- $T_{\text{кип}}$ зависит от:
- рода ж.
 - $p_{\text{внешн}}$
- при $\uparrow p_{\text{внешн}} \Rightarrow \uparrow T_{\text{кип}}$



кипение
 $p_{\text{нп}} = p_{\text{ж}}$

Влажность воздуха

содержание водяного пара в воздухе

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

Относительная влажность (ϕ)

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

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

Прибор: психрометр

На сайте *классная физика* можно посмотреть видео уроки. Последний фильм обязательно в учебнике информации очень мало по данной теме.

Ссылки:

- <http://class-fizika.spb.ru/index.php/vu/1274-vu10-126>
- <http://class-fizika.spb.ru/index.php/vu/447-vu10-47>
- <http://class-fizika.spb.ru/index.php/vu/1275-vu10-127>
- <http://class-fizika.spb.ru/index.php/vu/1278-vu10-130>

6.4. Влажность воздуха

Примеры решения задач

1. Чему равна относительная влажность воздуха при температуре 30 °С, если роса выпала при температуре 17 °С?

Дано:

$$t = 30 \text{ °С}$$

$$t_p = 17 \text{ °С}$$

$$\varphi = ?$$

Решение:

Относительная влажность воздуха — величина, равная отношению абсолютной влажности воздуха (p) к парциальному давлению (p_0) насыщенного пара при данной температуре:

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

Поскольку роса выпала при температуре 17 °С, следовательно, при этой температуре пар, находящийся в воздухе, стал насыщенным. Найдём по таблице давление насыщенного пара при температуре 17 °С: $p = 1,93$ кПа. Это и есть абсолютная влажность воздуха при температуре 17 °С.

Давление насыщенного пара при температуре 30 °С $p_0 = 4,24$ кПа.

Относительная влажность, следовательно, равна

$$\varphi = \frac{1,93 \text{ кПа}}{4,24 \text{ кПа}} \cdot 100\% = 45,5\%.$$

Ответ: $\varphi = 45,5\%$.

2. Сухой термометр психрометра показывает температуру 22 °С, а влажный — 15 °С. Чему равна абсолютная и относительная влажность воздуха? Чему равна точка росы для этих условий?

Дано:

$$t_c = 22 \text{ °С}$$

$$t_{\text{вл}} = 15 \text{ °С}$$

$$p = ?$$

$$\varphi = ?$$

$$t_p = ?$$

Решение:

По психрометрической таблице найдём относительную влажность воздуха. Разность показаний сухого и влажного термометров составляет $\Delta t = 7 \text{ °С}$. На пересечении строки 22 °С (показания сухого термометра) и столбца 7 °С (разность показаний сухого и влажного термометров) находим значение относительной влажности воздуха: $\varphi = 47\%$.

Согласно таблице давление насыщенного пара при температуре 22 °С

$p_0 = 2,64$ кПа. Зная относительную влажность воздуха $\varphi = \frac{p}{p_0} \cdot 100\%$ и

давление насыщенного пара при $22\text{ }^{\circ}\text{C}$, найдём абсолютную влажность воздуха при этой температуре: $p = \frac{p_0 \varphi}{100\%}$.

$$p = 2,64 \text{ кПа} \cdot 0,47 = 1,24 \text{ кПа}.$$

Точка росы — температура, при которой водяной пар, находящийся в воздухе, становится насыщенным. Чтобы узнать точку росы, нужно определить по таблице температуру, соответствующую давлению насыщенного пара $p_0 = p = 1,24 \text{ кПа}$. Следовательно, точка росы $t_p = 10\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Ответ: $\varphi = 47\%$; $p = 1,24 \text{ кПа}$; $t_p = 10\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Задачи для самостоятельного решения

- 130.** Как и почему точка росы зависит от давления? _____
-
- 131.** Точка росы при нормальном атмосферном давлении составляет $16\text{ }^{\circ}\text{C}$. Что это означает? _____
-
- 132.** Чему равна абсолютная влажность воздуха в жаркий летний день при температуре $30\text{ }^{\circ}\text{C}$, если роса выпала при температуре $16\text{ }^{\circ}\text{C}$?
- 133.** Чему равна относительная влажность воздуха при температуре $25\text{ }^{\circ}\text{C}$, если роса выпала при температуре $12\text{ }^{\circ}\text{C}$?
- 134.** Относительная влажность воздуха при $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ равна 60% . Какова абсолютная влажность воздуха?
- 135.** Относительная влажность воздуха вечером при $16\text{ }^{\circ}\text{C}$ равна 55% . Выпадет ли роса, если ночью температура понизится до $8\text{ }^{\circ}\text{C}$?
- 136.** Чему равна относительная влажность воздуха, если сухой термометр психрометра показывает температуру $25\text{ }^{\circ}\text{C}$, а влажный — $16\text{ }^{\circ}\text{C}$? Какова абсолютная влажность воздуха?
- 137.** Сухой термометр психрометра показывает температуру $30\text{ }^{\circ}\text{C}$. Относительная влажность воздуха при этом равна 70% . Чему равны абсолютная влажность воздуха и показания влажного термометра?
- 138*.** Определите объём воды, которая сконденсируется в воздухе объёмом 1 м^3 , если его температура изменится от 28 до $12\text{ }^{\circ}\text{C}$. Начальная относительная влажность воздуха 75% .

2. Для определения поверхностного натяжения жидкости использовали пипетку с диаметром выходного отверстия $d = 2,3$ мм. Масса 42 капель оказалась равной $M = 2,2$ г. Чему равно поверхностное натяжение жидкости?

Дано:	СИ	Решение:
$d = 2,3$ мм	$2,3 \cdot 10^{-3}$ м	Сила поверхностного натяжения жидкости равна силе тяжести, действующей на каплю: $F = mg$. Масса одной капли равна массе n капель, делённой на число капель: $m = \frac{M}{n}$. Поверхностное натя-
$n = 42$		
$M = 2,2$ г	$2,2 \cdot 10^{-3}$ кг	
$g = 10$ м/с ²		
σ — ?		

жение равно отношению силы поверхностного натяжения к длине границы поверхностного слоя жидкости $l = 2\pi r = \pi d$, т. е. к длине окружности выходного отверстия пипетки:

$$\sigma = \frac{F}{l} = \frac{F}{\pi d} = \frac{mg}{\pi d} = \frac{Mg}{n\pi d}.$$

$$[\sigma] = \frac{\text{кг} \cdot \text{м}/\text{с}^2}{\text{м}} = \frac{\text{Н}}{\text{м}}.$$

$$\sigma = \frac{2,2 \cdot 10^{-3} \cdot 10}{42 \cdot 3,14 \cdot 2,3 \cdot 10^{-3}} = 7,25 \cdot 10^{-2} \text{ Н/м} = 72,5 \text{ мН/м}.$$

Ответ: $\sigma = 72,5$ мН/м.

3. В двух капиллярных трубках разного диаметра, опущенных в воду, установилась разность уровней 1,3 см. При опускании этих же трубок в спирт разность уровней оказалась 0,5 см. Определите поверхностное натяжение спирта, если поверхностное натяжение воды 73 мН/м.

Дано:	СИ	Решение:
$\Delta h_1 = 1,3$ см	$1,3 \cdot 10^{-2}$ м	Высота жидкости в капилляре вычисляется по формуле:
$\Delta h_2 = 0,5$ см	$0,5 \cdot 10^{-2}$ м	
$\sigma_1 = 73$ мН/м	$73 \cdot 10^{-3}$ Н/м	
$\rho_1 = 10^3$ кг/м ³		
$\rho_2 = 0,7 \cdot 10^3$ кг/м ³		
σ_2 — ?		$h = \frac{2\sigma}{\rho g r}.$

Разность уровней воды в капиллярных трубках Δh_1 равна:

$$\Delta h_1 = \frac{2\sigma}{\rho_1 g} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right),$$

где σ_1 и ρ_1 — соответственно поверхностное натяжение и плотность воды, r_1 и r_2 — радиусы капиллярных трубок.

Разность уровней спирта в капиллярных трубках Δh_2 равна:

$$\Delta h_2 = \frac{2\sigma_2}{\rho_2 g} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right),$$

где σ_2 и ρ_2 — соответственно поверхностное натяжение и плотность спирта.

Запишем отношение разности уровней спирта к разности уровней воды:

$$\frac{\Delta h_2}{\Delta h_1} = \frac{\sigma_2 \rho_1}{\rho_2 \sigma_1}.$$

Откуда

$$\sigma_2 = \frac{\Delta h_2 \rho_2 \sigma_1}{\Delta h_1 \rho_1}.$$

$$[\sigma] = \frac{\frac{\text{м} \cdot \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot \frac{\text{Н}}{\text{м}}}{\text{м} \cdot \frac{\text{м} \cdot \text{кг}}{\text{м}^3}} = \frac{\text{Н}}{\text{м}}.$$

$$\sigma_2 = \frac{0,5 \cdot 10^{-2} \cdot 0,7 \cdot 10^3 \cdot 73 \cdot 10^{-3}}{1,3 \cdot 10^{-2} \cdot 10^3} \approx 0,02 \text{ Н/м}.$$

Ответ: $\sigma_2 \approx 0,02 \text{ Н/м}$.

Решить самостоятельно

158. Для измерения поверхностного натяжения жидкости была использована пипетка с диаметром выходного отверстия 2 мм. Масса 40 капель составила 1,9 г. Чему равно поверхностное натяжение жидкости?

Дано:

СИ

Решение:

Ответ: _____

159. Почему вода поднимается вверх по капиллярам? От чего зависит высота подъёма жидкости в капилляре? _____

160. Почему уровень ртути в капилляре ниже уровня ртути в сосуде, в который он опущен? _____

161. Почему фломастером легко писать на плотной бумаге, трудно — на промокательной бумаге и невозможно — на промасленной?