Лабораторная работа №2

Тема: «*Определение влажности воздуха*»

Цель: определить относительную влажность воздуха в помещении с помощью психрометрической таблицы.

Оборудование: Виртуальная лаборатория «Определение влажности воздуха» - https://efizika.ru/html5/28/index.html.

Установка моделирует лабораторную работу «Определение влажности воздуха».

Краткая теория

В атмосфере Земли всегда содержатся водяные пары. Их содержание в воздухе характеризуется абсолютной и относительной влажностью.

Абсолютной влажностью воздуха ρ_a - называется плотность водяных паров, находящихся в воздухе при данной температуре.

$$\rho_a = \frac{m_{водяного\ пара}}{V_{воздуха}} \qquad \left[\rho_a\right] = \frac{кг}{м^3}$$

Относительная влажность воздуха φ показывает сколько процентов составляет абсолютная влажность от плотности насыщенного водяного пара при данной температуре:

$$\varphi = \frac{\rho_a}{\rho_0} \cdot 100\% \qquad \left[\varphi\right] = \%,$$

где ρ_0-плотность насыщенного водяного пара при данной температуре и определяется по таблице «Давление насыщенного водяного пара и его плотность при различных значениях температуры»

Таким образом, относительная влажность характеризует степень насыщения воздуха водяным паром.

Для жилых помещений нормальной влажностью считается относительная влажность, равная 40 - 60 %. О влажности воздуха можно судить только по относительной влажности, так как при одной и той же абсолютной влажности в зависимости от температуры воздух может казаться или сухим или влажным.

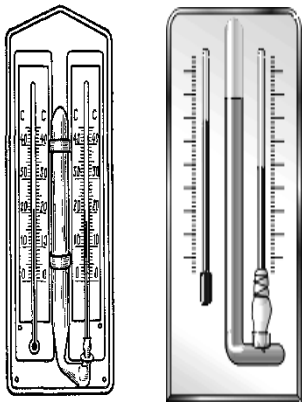


Рисунок «Психрометры»

Относительную влажность воздуха можно определить с помощью психрометра. **Психрометр** или психрометр Августа (см.рисунок) состоит из двух термометров: сухого и увлажненного. На шарике увлажненного термометра закреплен фитиль, конец которого опущен в чашечку с водой. Вода, испаряясь с фитиля забирает от термометра тепло, поэтому показания увлажненного термометра ниже, чем у сухого. По показанию сухого и разности показаний сухого и увлажненного термометров с помощью психрометрической таблицы находится относительная влажность воздуха.

Температура, при которой охлажденный воздух становится насыщенным водяными парами, называется точкой росы $\mathbf{T_p}$

При точке росы абсолютная влажность воздуха равна плотности насыщенного пара $\rho_0 = \rho_a$

Запотевание холодного предмета, внесенного в теплую комнату, объясняется тем, что воздух вокруг предмета охлаждается ниже точки росы и часть имеющихся в нем водяных паров конденсируется.

Определение относительной влажности по психрометрической таблице

Определение относительной влажности по психрометрической таблице осуществляется следующим образом. По вертикальному левому столбцу температур психрометрической таблицы отмечается величина температуры, соответствующая температуре сухого термометра t_c . По горизонтальной верхней строке психрометрической таблицы выбирается столбец, соответствующий разности температур сухого и увлажненного термометров (т. е $t_c - t_y$).

В точке пересечения горизонтальной строки, соответствующей показаниям сухого термометра t_c и вертикального столбца, соответствующего разности температур t_c- t_y считывается величина относительной влажности воздуха (в процентах) для данных условий проведения опыта.

Например:

Показания сухого термометра 18^0C (291 К), а показания увлажненного термометра 15^0C (288 К)

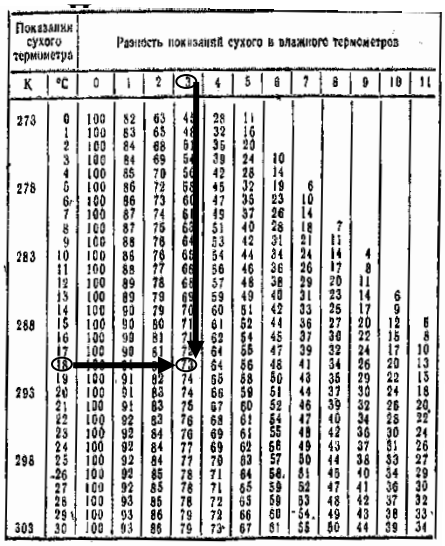
$t_c=18^0$C,

$t_y=15^0$C,

находим разность показания сухого и увлажненного термометров

t_c- t_y = 18^0C-15^0C = 3^0C (3 К)

В вертикальном столбике найдем показания сухого термометра (18^0C), а горизонтальной строке разность показаний сухого и увлажненного термометров(3^0C), и на пересечении данных показаний находим относительную влажность воздуха φ=73%



Показания сухого термометра		Разность показаний сухого и влажного термометров											
К	°С	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
273	0	100	82	65	48	28	11						
	1	100	83	65	48	32	16						
	2	100	84	68	53	35	20						
	3	100	84	69	54	38	24	10					
278	4	100	85	70	56	42	28	14					
	5	100	86	72	58	45	32	19	6				
	6	100	86	73	60	47	35	23	10				
	7	100	87	74	61	49	37	26	14	7			
	8	100	87	75	63	51	40	28	18	11			
283	9	100	88	76	64	53	42	31	21	14	4		
	10	100	88	76	65	54	44	34	24	17	8		
	11	100	88	77	66	56	46	36	26	20	11		
	12	100	89	78	68	57	48	38	29	23	14	6	
	13	100	89	79	69	59	49	40	31	25	17	9	
288	14	100	90	79	70	60	51	42	33	27	20	12	5
	15	100	90	80	71	61	52	44	36	29	22	15	8
	16	100	90	81	71	62	54	45	37	32	24	17	10
	17	100	90	81	72	64	55	47	39	34	26	20	13
	18	100	91	82	73	64	56	48	41	35	29	22	15
293	19	100	91	82	74	65	58	50	43	37	30	24	18
	20	100	91	83	74	66	59	51	44	39	32	26	20
	21	100	91	83	75	67	60	52	46	40	34	28	22
	22	100	92	83	76	68	61	54	47	42	36	30	24
	23	100	92	84	76	69	61	55	48	43	37	31	26
	24	100	92	84	77	69	62	56	49	44	38	33	27
298	25	100	92	84	77	70	63	57	50	45	40	34	29
	26	100	92	85	78	71	64	58	51	46	41	36	30
	27	100	92	85	78	71	65	59	52	47	42	37	32
	28	100	93	85	78	72	65	59	53	48	43	38	33
	29	100	93	86	79	72	66	60	54	49	44	39	34
303	30	100	93	86	79	73	67	61	55	50	44	39	34

Определение абсолютной влажности

А) Определение абсолютной влажности по известному объему воздуха и содержанию водяного пара выполняется по уравнению

$$\rho_a = \frac{m_{водяного\ пара}}{V_{воздуха}}$$

Например:

В 6 м^3 воздуха содержится 62 г водяного пара.

$V_{воздуха}$=6 м^3

$m_{водяного\ пара}$=62 г=62·10^{-3} кг

Тогда абсолютную влажность можно рассчитать:

$$\rho_a = \frac{62\cdot 10^{-3} кг}{6 м^3} = 10{,}33\cdot 10^{-3}\ \frac{кг}{м^3}$$

Б) Определение абсолютной влажности по известной относительной влажности воздуха и температуре воздуха (показанию сухого термометра психрометра) выполняется по формуле $\rho_a = \frac{\varphi \cdot \rho_0}{100\%}$ и с использованием таблицы «Давление и плотность насыщенного водяного пара при различных температурах».

Давление насыщенного водяного

t, °C	$p_п$, кПа	ρ, 10^{-3} кг/м^3	t, °C	$p_п$, кПа	ρ, 10^{-3} кг/м^3
−10	0,260	2,14	16	1,813	13,6
−5	0,401	3,24	17	1,933	14,5
−4	0,437	3,51	18	2,066	15,4
−3	0,476	3,81	19	2,199	16,3
−2	0,517	4,13	20	2,333	17,3
−1	0,563	4,47	21	2,493	18,3
0	0,613	4,80	22	2,639	19,4
1	0,653	5,20	23	2,813	20,6
2	0,706	5,60	24	2,986	21,8
3	0,760	6,00	25	3,173	23,0
4	0,813	6,40	26	3,359	24,4
5	0,880	6,80	27	3,559	25,8
6	0,933	7,30	28	3,786	27,2
7	1,000	7,80	29	3,999	28,7
8	1,066	8,30	30	4,239	30,3
9	1,146	8,80	40	7,371	51,2
10	1,226	9,40	50	12,33	83,0
11	1,306	10,0	60	19,92	130,0
12	1,399	10,7	80	47,33	293
13	1,492	11,4	100	101,3	598
14	1,599	12,1	120	198,5	1123
15	1,706	12,8	160	618,0	3259
			200	1554	7763

Например:

Относительная влажность воздуха φ=73% температура воздуха (показания сухого термометра) 18^0C (291 К) t_c=18^0C,

По таблице определяем плотность насыщенного водяного пара (ρ_0) при данной температуре (18^0C)

$$\rho_0 = 15{,}4\cdot 10^{-3}\ \frac{кг}{м^3}$$

По формуле рассчитываем абсолютную влажность воздуха:

$$\rho_a = \frac{15{,}4\cdot 10^{-3}\ \frac{кг}{м^3}\cdot 73\%}{100\%} = 11{,}242\cdot 10^{-3}\ \frac{кг}{м^3} \approx 11{,}2\cdot 10^{-3}\ \frac{кг}{м^3}$$

Определение точки росы

Температура, при которой охлажденный воздух становится насыщенным водяными парами, называется точкой росы $T_р$

При точке росы абсолютная влажность воздуха равна плотности насыщенного пара

$$\rho_0 = \rho_a$$

При определение точки росы используется таблица «Давление и плотность насыщенного водяного пара при различных температурах» и значение абсолютной влажности ρ_a

В колонке плотности находим значение наиболее близко совпадающее со значением ρ_a и проецируем на колонку температур, полученное значение и есть точка росы T_p

Например:

Абсолютная влажность воздуха равна: $\rho_a = 11{,}2 \cdot 10^{-3} \frac{кг}{м^3}$

Находим в колонке плотности находим значение наиболее близко совпадающее со значением ρ_a. В данном случае это $11{,}4 \cdot 10^{-3} \frac{кг}{м^3}$ Проецируем в горизонтальном направлении на колонку температур; полученное значение 13^0C и есть точка росы: $T_p = 13^0$C

Давление насыщенного

t, °C	$p_п$, кПа	ρ, 10^{-3} кг/м³	t, °C	$p_п$, кПа	ρ, 10^{-3} кг/м³
−10	0,260	2,14	16	1,813	13,6
−5	0,401	3,24	17	1,933	14,5
−4	0,437	3,51	18	2,066	15,4
−3	0,476	3,81	19	2,199	16,3
−2	0,517	4,13	20	2,333	17,3
−1	0,563	4,47	21	2,493	18,3
0	0,613	4,80	22	2,639	19,4
1	0,653	5,20	23	2,813	20,6
2	0,706	5,60	24	2,986	21,8
3	0,760	6,00	25	3,173	23,0
4	0,813	6,40	26	3,359	24,4
5	0,880	6,80	27	3,559	25,8
6	0,933	7,30	28	3,786	27,2
7	1,000	7,80	29	3,999	28,7
8	1,066	8,30	30	4,239	30,3
9	1,146	8,80	40	7,371	51,2
10	1,226	9,40	50	12,33	83,0
11	1,306	10,0	60	19,92	130,0
12	1,399	10,7	80	47,33	293
13	1,492	11,4	100	101,3	598
14	1,599	12,1	120	198,5	1123
15	1,706	12,8	160	618,0	3259
			200	1554	7763

Ход работы

1. Запустить виртуальный стенд - https://efizika.ru/html5/28/index.html

Просканируй меня



2. Начальная температура сухого и влажного термометров задается случайным образом. После нажатия на кнопку "Пуск" за счет испарения влажный термометр охлаждается до некоторого конечного значения. Значения термометров заносятся в таблицу.

3. Кнопка "Стоп" генерирует новое случайное значение влажности воздуха, а также новые значения температуры сухого и влажного термометров. Проводим эксперимент 3 раза. Значения термометров всех 3 экспериментов заносится в таблицу.

4. Пользуясь психрометрической таблицей определить относительную влажность воздуха.

5. Рассчитать абсолютную влажность воздуха и определить точку росы используя таблицу «Давление и плотность насыщенного водяного пара при различных температурах».

$$\rho_a = \frac{\varphi \cdot \rho_0}{100\%}$$

6. Результаты в таблицу:

№ измерения	Показания сухого термометра, T_c, К	Показания увлажненного термометра, T_y, К	Разность показаний сухого и увлажненного термометров, $T_c - T_y$, К	Относительная влажность воздуха, φ, %	Абсолютная влажность воздуха, ρ_a, кг/м^3	Точка росы, T_p, К
1						
2						
3						

7. Сделать выводы по работе.

Контрольные вопросы.

1. Почему показания влажного термометра психрометра меньше показаний сухого термометра? При каком условии разность показаний термометров наибольшая?

2. Температура в помещении понижается, а абсолютная влажность остается прежней. Как изменится разность показаний термометров психрометра?

3. Почему после жаркого дня роса бывает более обильна?

4. Относительная влажность воздуха при 20^0С равна 58%. При какой температуре выпадает роса?

5. Относительная влажность воздуха при температуре 293 К равна 44 %. Что показывает увлажненный термометр психрометра?

В комнате объёмом 150 м^3 при температуре 300 К содержится 2,07 кг водяных паров. Определите относительную и абсолютную влажность воздуха.