

**Влажность воздуха. Лабораторная работа  
"Определение относительной влажности воздуха"**



## *Цели урока:*

- сформировать представление о влажности воздуха;
- дать определение насыщенного пара и точки росы;
- ввести понятие абсолютной и относительной влажности воздуха;
- вывести формулу для расчёта относительной влажности воздуха;
- рассмотреть способы практического определения влажности воздуха.

# *Повторение*

1. Что называется испарением?
2. От чего зависит скорость испарения?
3. Что называется конденсацией?
4. Чем кипение отличается от испарения?
5. Как происходит кипение?
6. Почему перед закипанием вода шумит?
7. Какая вода раньше закипит: сырая или кипяченая?

Вода занимает около 70,8 % земного шара.  
Живые организмы содержат от 50 до 99,7 % воды.  
В атмосфере находится около 13-15 тыс. куб. км воды.

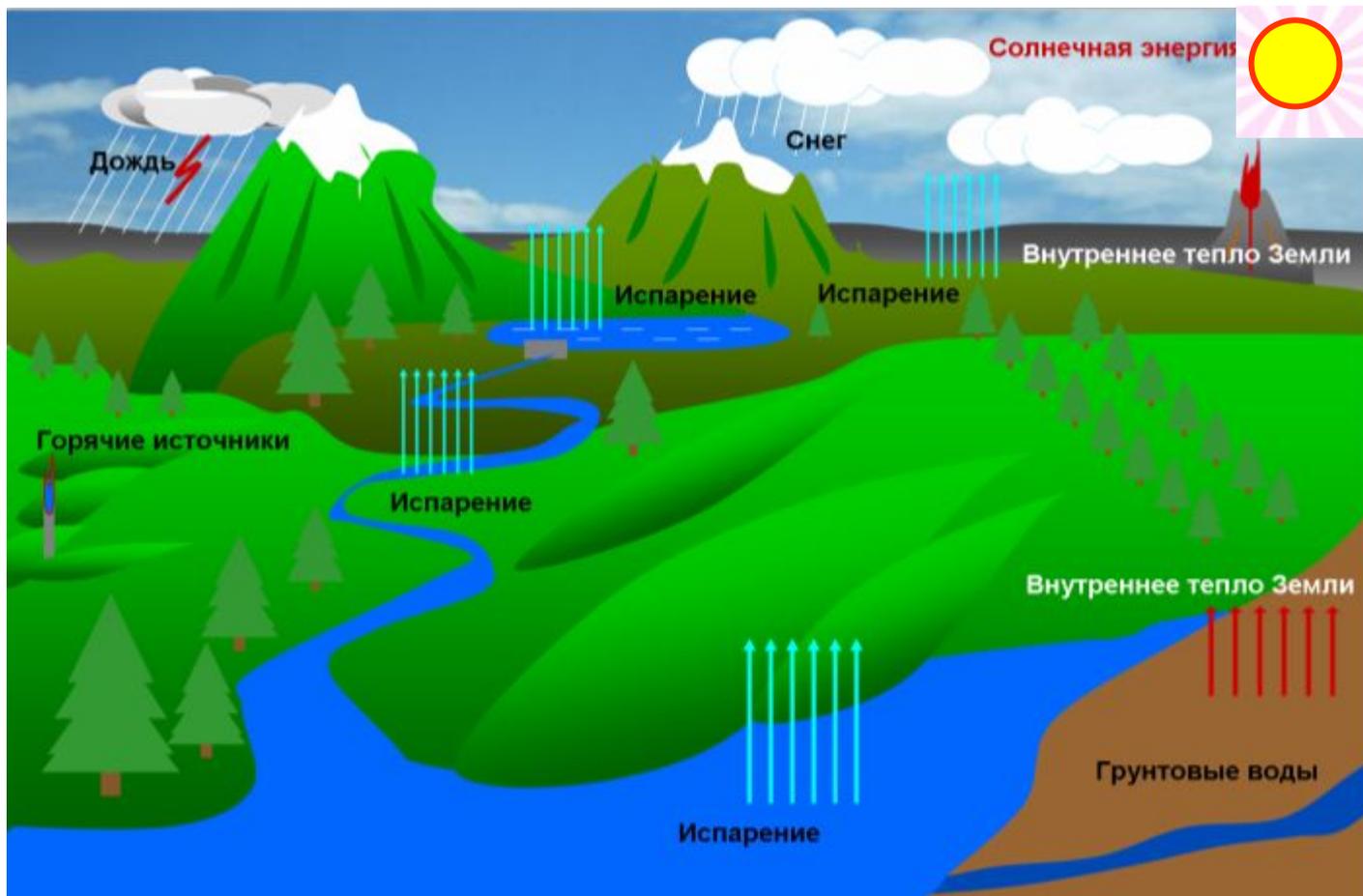


**Источники водяного пара** в атмосфере: испарение воды с поверхности океанов, морей, водоемов, влажной почвы, растений.

**Влажность** - это мера, характеризующая содержание водяных паров в воздухе.



Важной характеристикой состояния атмосферы является влажность воздуха или, что то же самое, степень насыщения воздуха водяными парами.



Перемещение воздушных масс в атмосфере Земли приводит к тому, что в одних местах нашей планеты на данный момент испарение воды преобладает над конденсацией, а в других, наоборот, преобладает конденсация.

# ВЛАЖНОСТЬ ВОЗДУХА

Рассмотрим процессы, происходящие в закрытом сосуде



Пар, находящийся в состоянии динамического равновесия со своей жидкостью, называется

**НАСЫЩЕННЫМ**

Процесс испарения, скорость которого постепенно уменьшается

Процесс конденсации, скорость которого постепенно возрастает

С течением времени в сосуде устанавливается динамическое равновесие

(число молекул, покидающих жидкость в единицу времени, равно числу молекул, возвращающихся в жидкость)

# Абсолютная влажность $\rho$

показывает, сколько граммов водяного пара содержится в воздухе объемом  $1\text{ м}^3$  при данных условиях, т.е. плотность водяного пара.

$$[\rho] = \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

## *Относительная влажность воздуха*

**Зная абсолютную влажность воздуха, нельзя сказать, сухой это воздух или влажный.**

**Чтобы судить о степени влажности воздуха, важно знать, насколько содержащийся в нем пар близок к состоянию насыщения. Для этого вводится понятие относительной влажности воздуха.**

# Относительной влажностью воздуха $\varphi$

называется отношение абсолютной  
влажности воздуха  $D$  : плотности  
насыщенного пара:  $\rho_0$  при той же  
температуре, выраженное в  
процентах.

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

# Точка росы



Сухость или влажность воздуха зависит от того, насколько близок его водяной пар к насыщению.

Если влажный воздух охладить, то находящийся в нем пар можно довести до насыщения, и далее он будет конденсироваться.



Признаком того, что пар насытился является появление первых капель сконденсировавшейся жидкости - **росы.**

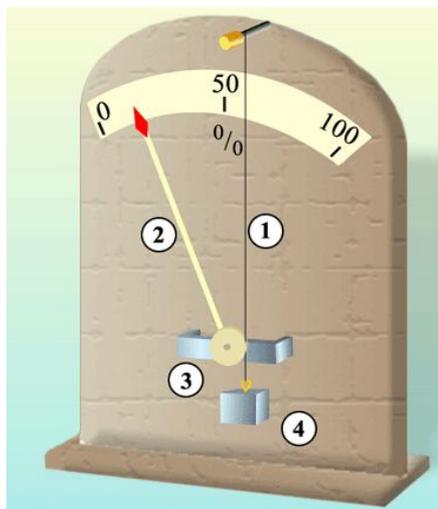


Температура, при которой пар, находящийся в воздухе, становится насыщенным, называется **точкой росы.**

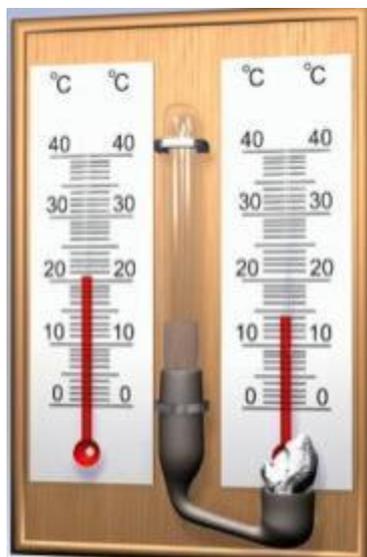


# Приборы для определения относительной влажности воздуха

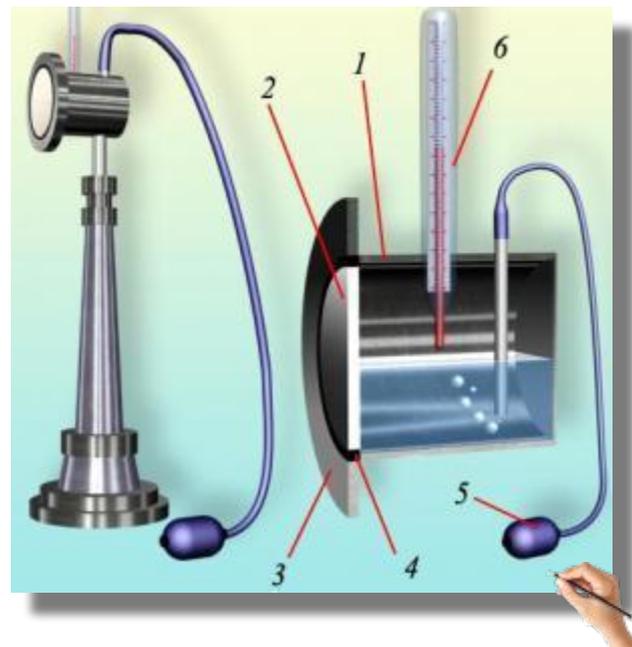
Волосной гигрометр



Психрометр



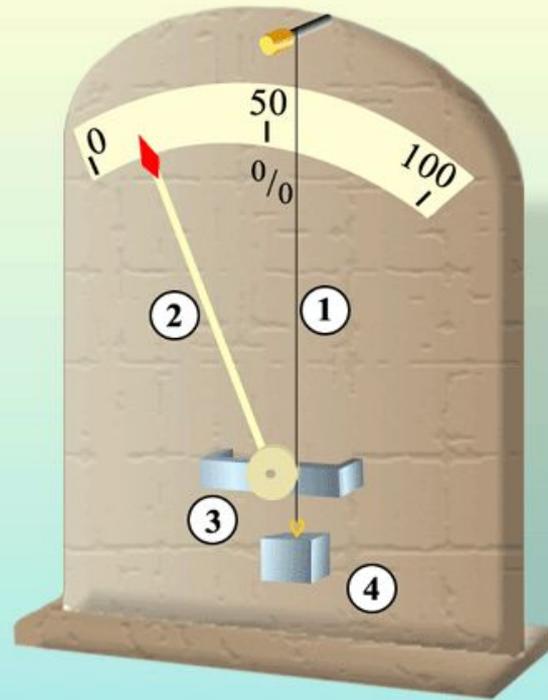
Конденсационный гигрометр



# Волосной гигрометр



- 1 - волос
- 2 - стрелка
- 3 - ролик
- 4 - груз

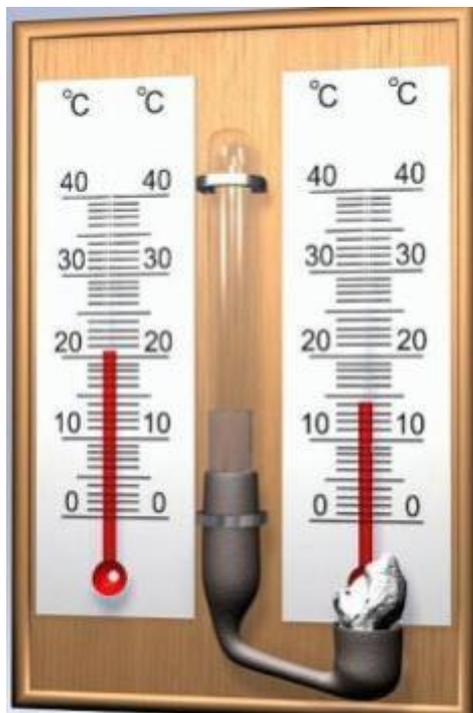


Принцип действия волосного гигрометра основан на свойстве обезжиренного волоса ( человека или животного) **изменять свою длину в зависимости от влажности воздуха**, в котором он находится.



# Психрометр

В психрометре есть два термометра. Один - обычный, его называют **сухим**. Он измеряет температуру окружающего воздуха. Колба другого термометра обмотана тканевым фитилем и опущена в емкость с водой. Второй термометр показывает не температуру воздуха, а **температуру влажного фитиля**, отсюда и название **увлажненный термометр**.



Показания сухого термо- метра, °С	Разность показаний сухого и влажного термометра, °С										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Относительная влажность, %										
0	100	81	63	45	28	11	—	—	—	—	—
2	100	84	68	51	35	20	—	—	—	—	—
4	100	85	70	56	42	28	14	—	—	—	—
6	100	86	73	60	47	35	23	10	—	—	—
8	100	87	75	63	51	40	28	18	7	—	—
10	100	88	76	65	54	44	34	24	14	5	—
12	100	89	78	68	57	48	38	29	20	11	—
14	100	89	79	70	60	51	42	34	25	17	9
16	100	90	81	71	62	54	45	37	30	22	15
18	100	91	82	73	65	56	49	41	34	27	20
20	100	91	83	74	66	59	51	44	37	30	24
22	100	92	83	76	68	61	54	47	40	34	28
24	100	92	84	77	69	62	56	49	43	37	31
26	100	92	85	78	71	64	58	51	46	40	34
28	100	93	85	78	72	65	59	53	48	42	37

Мокрый термометр служит для определения температуры предела охлаждения воздуха при испарении. По сухому термометру определяют температуру воздуха. Разность показаний сухого и мокрого термометров ( $t_s - t_m$ ) называется **психрометрической разностью**.

Порядок наблюдений по психрометру:

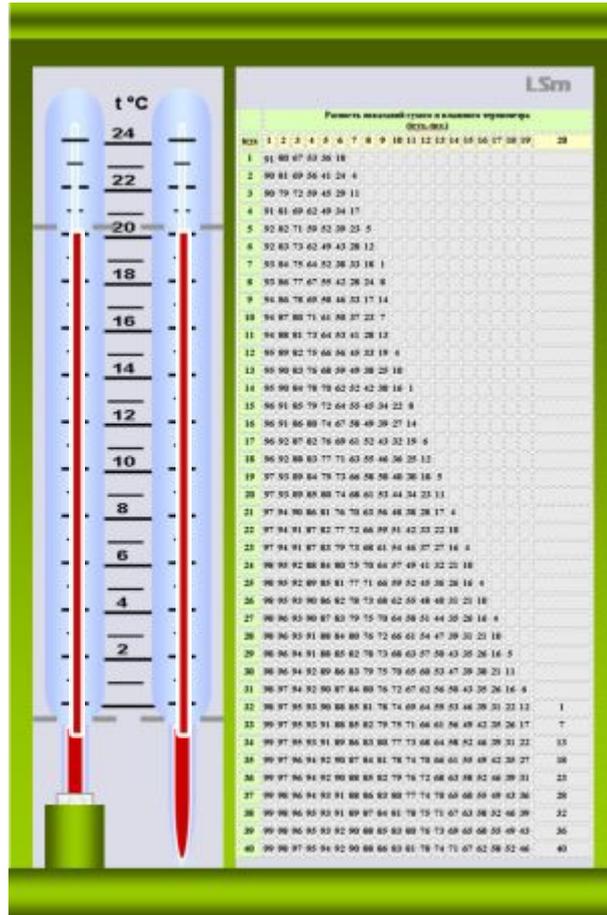
1. За 5 минут до срочного часа смачивают ткань на термометре. Для этого берут дистиллированную воду. За неимением таковой можно пользоваться чистой снеговой водой или использовать дождевую воду, предварительно пропущенную через фильтровальную бумагу или вату.

2. Через 4 минуты производят отсчет сухого и смоченного термометров психрометра.

Наблюдения по психрометру при температуре воздуха около нуля имеют следующие особенности:

1. Ткань в этом случае смачивают за 30 минут до наступления срока наблюдения.

2. После отсчета термометров определяется состояние ткани – «лед» или «вода». Для этой цели неотточенным концом карандаша или тонкой деревянной палочкой осторожно касаются лоскутка ткани на смоченном термометре и в зависимости от того, мягкая или твердая



Сухой термометр

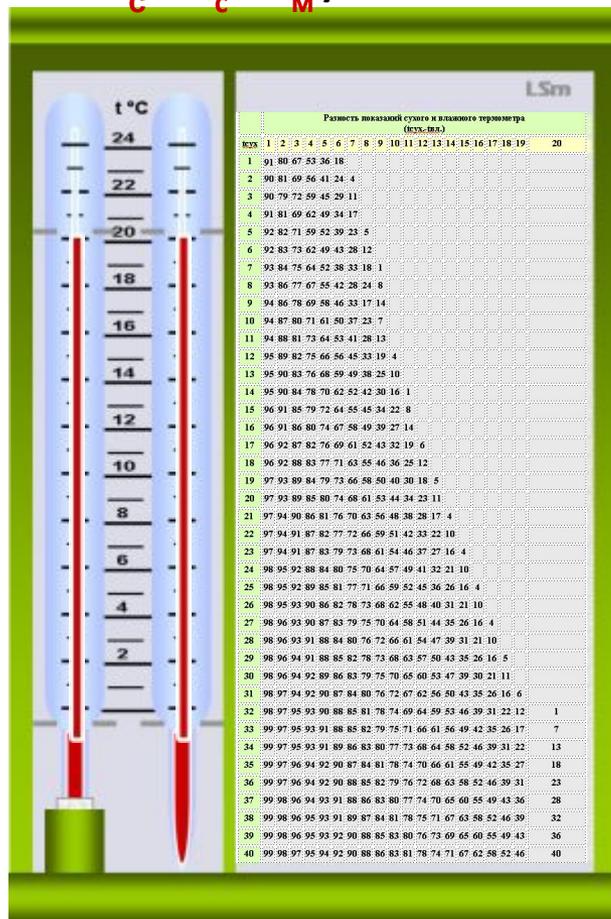
Влажный термометр

Марля

Сосуд с водой

Психрометрическая таблица

Относительную влажность воздуха  $\phi$  определяют психрометром, используя психрометрические таблицы (в которых влажность воздуха  $\phi$  находят на пересечении вертикальных и горизонтальных граф, соответствующих значениям  $t_c$  и  $t_c - t_m$ ).



Разность показаний сухого и влажного термометра (t <sub>сух.</sub> -t <sub>вл.</sub> )																				
сух.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	91	80	67	53	36	18														
2	90	81	69	56	41	24	4													
3	90	79	72	59	45	29	11													
4	91	81	69	62	49	34	17													
5	92	82	71	59	52	39	23	5												
6	92	83	73	62	49	43	28	12												
7	93	84	75	64	52	38	33	18	1											
8	93	86	77	67	55	42	28	24	8											
9	94	86	78	69	58	46	33	17	14											
10	94	87	80	71	61	50	37	23	7											
11	94	88	81	73	64	53	41	28	13											
12	95	89	82	75	66	56	45	33	19	4										
13	95	90	83	76	68	59	49	38	25	10										
14	95	90	84	78	70	62	52	42	30	16	1									
15	96	91	85	79	72	64	55	45	34	22	8									
16	96	91	86	80	74	67	58	49	39	27	14									
17	96	92	87	82	76	69	61	52	43	32	19	6								
18	96	92	88	83	77	71	63	55	46	36	25	12								
19	97	93	89	84	79	73	66	58	50	40	30	18	5							
20	97	93	89	85	80	74	68	61	53	44	34	23	11							
21	97	94	90	86	81	76	70	63	56	48	38	28	17	4						
22	97	94	91	87	82	77	72	66	59	51	42	33	22	10						
23	97	94	91	87	83	79	73	68	61	54	46	37	27	16	4					
24	98	95	92	88	84	80	75	70	64	57	49	41	32	21	10					
25	98	95	92	89	85	81	77	71	66	59	52	45	36	26	16	4				
26	98	95	93	90	86	82	78	73	68	62	55	48	40	31	21	10				
27	98	96	93	90	87	83	79	75	70	64	58	51	44	35	26	16	4			
28	98	96	93	91	88	84	80	76	72	66	61	54	47	39	31	21	10			
29	98	96	94	91	88	85	82	78	73	68	63	57	50	43	35	26	16	5		
30	98	96	94	92	89	86	83	79	75	70	65	60	53	47	39	30	21	11		
31	98	97	94	92	90	87	84	80	76	72	67	62	56	50	43	35	26	16	6	
32	98	97	95	93	90	88	85	81	78	74	69	64	59	53	46	39	31	22	12	1
33	99	97	95	93	91	88	85	82	79	75	71	66	61	56	49	42	35	26	17	7
34	99	97	95	93	91	89	86	83	80	77	73	68	64	58	52	46	39	31	22	13
35	99	97	96	94	92	90	87	84	81	78	74	70	66	61	55	49	42	35	27	18
36	99	97	96	94	92	90	88	85	82	79	76	72	68	63	58	52	46	39	31	23
37	99	98	96	94	93	91	88	86	83	80	77	74	70	65	60	55	49	43	36	28
38	99	98	96	95	93	91	89	87	84	81	78	75	71	67	63	58	52	46	39	32
39	99	98	96	95	93	92	90	88	85	83	80	76	73	69	65	60	55	49	43	36
40	99	98	97	95	94	92	90	88	86	83	81	78	74	71	67	62	58	52	46	40

**Пример 1.** Дано: температура сухого термометра равна  $22^{\circ}\text{C}$ , мокрого -  $16^{\circ}\text{C}$ . Найти относительную влажность воздуха ( $\phi$ ).

**Решение.** Определяем величину психрометрической разности  $(t_c - t_m) = 22^{\circ}\text{C} -$

$16^{\circ}\text{C} = 6^{\circ}\text{C}$ .

Находим в таблице значение температуры сухого термометра  $22^{\circ}\text{C}$  и перемещаемся по горизонтали до пересечения со столбцом, соответствующим психрометрической разности  $6^{\circ}\text{C}$ .

Стоящая на этом пересечении цифра **54** и есть относительная влажность воздуха в %

Показания сухого термометра $t_c$	Разность показаний сухого и влажного термометров, $^{\circ}\text{C}$										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Относительная влажность %										
12	100	89	78	68	57	48		29	20	11	-
13	100	89	79	69	59	49		31	23	14	6
14	100	89	79	70	60	51		34	25	17	9
15	100	90	80	71	61	52		36	27	20	12
16	100	90	81	71	62	54		37	30	22	15
17	100	90	81	72	64	55		39	32	24	17
18	100	91	82	73	65	56		41	34	27	20
19	100	91	82	74	65	58		43	35	29	22
20	100	91	83	74	66	59		44	37	30	24
<b>22</b>							<b>54</b>	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	
24	100	92	84	77	69	62	56	49	43	37	



**Пример 2. Дано:** температура сухого термометра равна  $24^{\circ}\text{C}$ , относительная влажность воздуха 62%. Найти температуру мокрого термометра.

**Решение.** Находим по таблице значение температуры сухого термометра ( $24^{\circ}\text{C}$ ).

От нее идем по горизонтали до заданной цифры 62%.

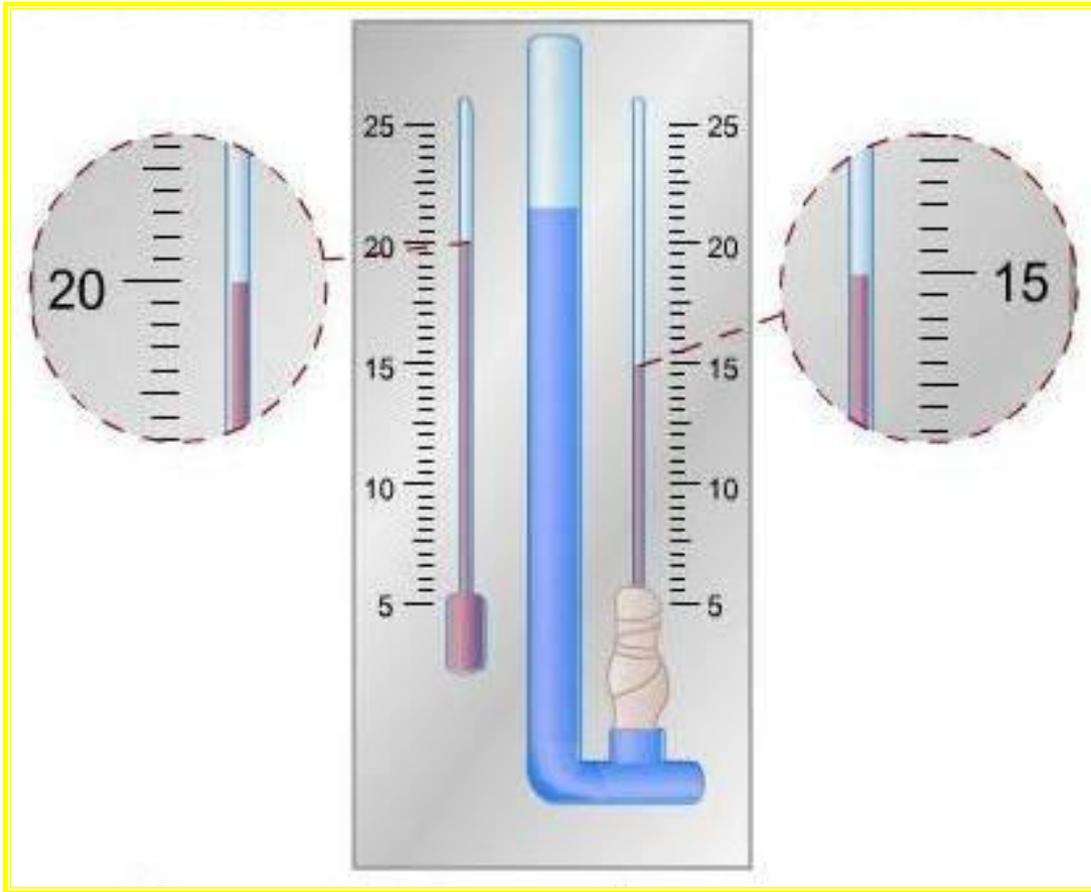
И от нее по вертикали до пересечения с графой психрометрической разности.

Психрометрическая разность равна  $5^{\circ}\text{C}$ .

Температура мокрого термометра равна  $t_m = 24^{\circ}\text{C} - 5^{\circ}\text{C} = 19^{\circ}\text{C}$

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

# Психрометр



Ответьте на следующие вопросы:

**1. По психрометру определите, чему равна температура воздуха?**

**Ответ: 20°C**

**2. Какую температуру показывает влажный термометр?**

**Ответ: 15°C**

**3. Пользуясь «Психометрической таблицей», определите относительную влажность воздуха.**

**Ответ: 59 %**



**Зная точку росы, можно определить давление водяных паров и абсолютную и относительную влажность воздуха.**

Например, точка росы равна 10° С, а температура воздуха равна 20 °С. Из таблицы находим, что при 10 °С давление насыщенного пара равно 9,21 мм рт. ст., а в 1 м<sup>3</sup> содержится 9,4 г воды в виде пара. При 20°С давление насыщенного пара было бы равно 17,54 мм рт. ст. Следовательно, относительная влажность воздуха равна  $\varphi = (9,21 : 17,54) \cdot 100 = 52,6 \%$ .

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

$t, ^\circ\text{C}$	$P, \text{ мм рт. ст.}$	$\rho, \text{ кг/м}^3$	$t, ^\circ\text{C}$	$P, \text{ мм рт. ст.}$	$\rho, \text{ кг/м}^3$
-30	0,28	0,33	12	10,52	10,7
-28	0,35	0,41	14	11,99	12,1
-26	0,43	0,51	16	13,63	13,6
-24	0,52	0,60	18	15,48	15,4
-22	0,64	0,73	20	17,54	17,3
-20	0,77	0,88	22	19,83	19,4
-18	0,94	1,05	24	22,38	21,8
-16	1,13	1,27	26	25,21	24,4
-14	1,36	1,51	28	28,35	27,2
-12	1,63	1,80	30	31,82	30,3
-10	1,95	2,14	32	35,66	33,9
-8	2,32	2,54	34	39,90	37,6
-6	2,76	2,99	36	44,56	41,8
-4	3,28	3,51	38	49,69	46,3
-2	3,88	4,13	40	55,32	51,2
0	4,58	4,84	50	92,5	83,0
2	5,29	5,60	60	149,4	130
4	6,10	6,40	70	233,7	198
6	7,01	7,3	80	355,1	293
8	8,05	8,3	90	525,8	424
10	9,21	9,4	100	760,0	

**Значение влажности  
влияет на:**

**Самочувствие  
человека**

**Предсказание  
погоды в  
метеорологии**

**Течение процессов в  
ткацком, кондитерском,  
печатном и других  
производствах**

**Хранение произведений  
искусства, книг,  
музыкальных  
инструментов**



# Субъективное ощущение влажности воздуха человеком

- $\varphi < 40 \%$

- **СУХО**

- $\varphi = 80 \%$  и  $>$

- **СЫРО**

- $\varphi =$  от 40 до 60-70 %

- **НОРМАЛЬНО,  
КОМФОРТНО!**

# *Значение влажности воздуха*

- Если не увлажнять воздух искусственным путём, то недостаток влаги будет компенсироваться испарением с нашей кожи и слизистых оболочек, а также из растений, мебели и т.д.
- **Нормальные условия по санитарным требованиям к учебным помещениям: Температура 18–21°C и влажность воздуха 40–60%.**



Главный **источник водяного пара** в атмосфере – испарение воды с поверхности океанов, морей, водоемов, влажной почвы, растений, поэтому в атмосфере Земли всегда содержится водяной пар.

Воздух в зависимости от количества паров, находящихся при данной температуре в атмосфере, делится на **сухой** и **влажный**.

Для человека благоприятная относительная влажность воздуха 40 – 60%.

**Влажность воздуха в помещении можно изменять**

```
graph TD; A[Влажность воздуха в помещении можно изменять] --> B[Для повышения]; A --> C[Для понижения]; B --> D[• Увлажнители]; C --> E[• Кондиционеры]; C --> F[•осушители];
```

**Для повышения**

- **Увлажнители**

**Для понижения**

- **Кондиционеры**
- **осушители**

**Определить относительную влажность по следующим данным:**

показания сухого термометра  $18\text{ }^{\circ}\text{C}$

показания влажного термометра  $13\text{ }^{\circ}\text{C}$ .



# Интересные явления, связанные с водяным паром в воздухе.

**Облака** — взвешенные в атмосфере продукты конденсации водяного пара, видимые на небе с поверхности земли.

Облака состоят из мельчайших капель воды и/или кристаллов льда (называемых *облачными элементами*). Капельные облачные элементы наблюдаются при температуре воздуха в облаке выше  $-10^{\circ}\text{C}$ ; от  $-10$  до  $-15^{\circ}\text{C}$  облака имеют смешанный состав (капли и кристаллы), а при температуре в облаке ниже  $-15^{\circ}\text{C}$  — кристаллические.



# Интересные явления, связанные с водяным паром в воздухе.

**Туман** – атмосферное явление, скопление в воздухе мельчайших продуктов конденсации водяного пара (при температуре воздуха выше  $-10^{\circ}$  это мельчайшие капельки воды, при  $-10...-15^{\circ}$  – смесь капелек воды и кристалликов льда, при температуре ниже  $-15^{\circ}$  – кристаллики льда, сверкающие в солнечных лучах или в свете луны и фонарей).

Относительная влажность воздуха при туманах обычно близка к 100 % (по крайней мере, превышает 85–90 %).



# Интересные явления, связанные с водяным паром в воздухе.

**Роса**— вид атмосферных осадков, образующихся на поверхности земли, растениях, предметах, крышах зданий, автомобилях и других предметах.

Из-за охлаждения воздуха водяной пар конденсируется на объектах вблизи земли и превращается в капли воды. Это происходит обычно ночью. В пустынных регионах роса является важным источником влаги для растительности.



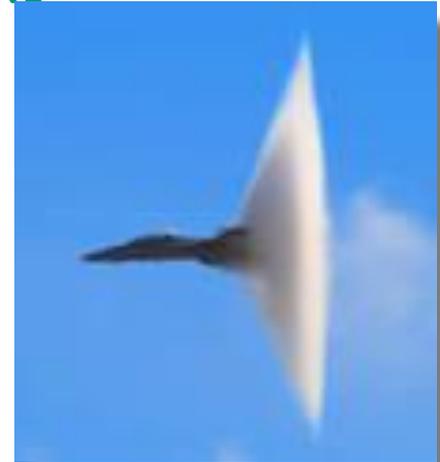
# Интересные явления, связанные с водяным паром в воздухе.

**Иней** — один из видов нарастающих твёрдых атмосферных осадков. Представляет собой тонкий слой кристаллического льда различной мощности. Кристаллы инея при слабых морозах имеют форму шестиугольных призм, при умеренных — пластинок, а при сильных — тупоконечных игл. Иней образуется путём десублимации водяного пара из воздуха на различных поверхностях.



# Интересные явления, связанные с водяным паром в воздухе.

Эффект Прандтля – Глоерта явление, заключающееся в возникновении облака позади объекта, летящего на околосвуковой скорости в условиях повышенной влажности воздуха. Чаще всего наблюдается у самолётов. При очень высокой влажности этот эффект возникает также при полётах на меньших скоростях.



# Интересные явления, связанные с водяным паром в воздухе.

**Паргелий** (от др.-греч. пара- и ἥλιος «солнце» – ложное солнце) – один из видов гало, выглядит как светлое радужное пятно на уровне солнца. Возникает вследствие преломления солнечного света в анизотропно ориентированных кристалликах льда, парящих в атмосфере.



# Интересные явления, связанные с водяным паром в воздухе.

## Световые столбы

Иногда на рассвете или закате можно увидеть над горизонтом вытянутую солнечную дорожку — как если бы небо было гладью прозрачного озера. Когда солнце находится низко, а в небе над землей медленно падают плоские кристаллики льда, свет отражается от них, как от водной глади. На закате солнце становится желтым, оранжевым или красным, и столб принимает тот же оттенок. Лучше всего световой столб виден, когда солнце немного скрыто за горизонтом, домом или деревом и не засвечивает обзор. Иногда ночью в городе или рядом с ним можно наблюдать даже целый световой лес — из-за того, что свет отражается от фонарей и других источников света. Такой "лес" часто бывает разноцветным из-за разного цвета ламп — синеватого от ртутных, желтого от натриевых и зеленого от неоновых.

Чтобы увидеть такое явление, лучше одеться потеплее — температура должна быть не выше минус 20 градусов. Чаще всего его наблюдают в северных странах — Финляндии, Норвегии, Швеции — или в Сибири и на Крайнем Севере.



## *Решаем задачи:*

1. Пользуясь таблицей «Давление насыщенного водяного пара и его плотность», определите плотность насыщенного пара при температуре 20 °С.

**Ответ: 17,3 г/м<sup>3</sup>**

2. Используя полученный ответ, рассчитайте относительную влажность воздуха при температуре 20 °С, если абсолютная влажность при той же температуре равна 9,2 г/м<sup>3</sup>.

2. Абсолютная влажность при температуре 20°C равна 9,2 г/м<sup>3</sup>. Найти относительную влажность воздуха.

Дано:

$$t = 20^{\circ} \text{C}$$

$$\rho_0 = 17,3 \text{ г/м}^3$$

$$\rho = 9,2 \text{ г/м}^3$$

$$\phi = ?$$

Решение:

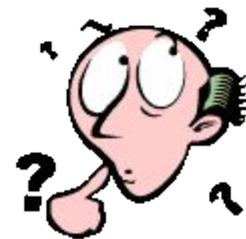
$$\phi = \rho : \rho_0 \times 100\%$$

$$\phi = 9,2 \text{ г/м}^3 : 17,3 \text{ г/м}^3 \times 100\% = 53\%$$

Ответ: **53 %**

# Самостоятельная работа:

Дополните таблицу:



№ п/п	Температур а сухого термометра	Температур а влажного термометра	Разность показаний сухого и влажного термометров	Влажност ь, проценты
1.	18	15		
2.	20	14		
3.	24			69
4.			6	56

## **Ответы к заданию:**

1. 3; 73%
2. 6; 51%
3. 20; 4
4. 24; 18