

# ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГАЗОВ

## Воздух

**Воздух** — это газообразное вещество, составляющее атмосферу Земли.

Газы, входящие в состав воздуха, не связаны между собой химически. Они сохраняют свои физические и химические свойства.

Основными газами в составе воздуха являются азот и кислород. Кроме того, в состав воздуха входят инертные газы: аргон, неон, криптон, ксенон, а также водород и углекислый газ. Содержание этих газов в составе воздуха, приведенное в табл., практически остается постоянным до высоты 25 км.

Газы	Химическое обозначение	Содержание в воздухе, %		Масса 1 м <sup>3</sup> при 0°С и 760 мм рт. ст., кг	Температура кипения при 760 мм рт. ст., °С
		по объему	по массе		
Азот	N <sub>2</sub>	78,03	75,60	1,2507	— 195,8
Кислород	O <sub>2</sub>	20,95	23,10	1,4289	— 182,95
Аргон	Ar	0,9325	1,2866	1,7825	— 185,7
Неон	Ne	0,00181	0,0012	0,8713	— 245,9
Гелий	He	0,00050	0,00007	0,1769	— 268,88
Криптон	Kr	0,000108	0,0003	3,6431	— 151,7
Ксенон	Xe	0,000009	0,00004	5,7168	— 109,1
Водород	H <sub>2</sub>	0,00005	0,0000036	0,08998	— 245,9
Углекислый газ	CO <sub>2</sub>	0,03	0,046	1,9768	— 78,5 (температура возгонки)

В атмосферном воздухе всегда содержится водяной пар, механические примеси в виде пыли, песка и сажи, а также такие газы, как ацетилен, аммиак, сероводород, окись углерода, и др. Содержание этих веществ в воздухе непостоянно. Оно меняется в зависимости от местных условий.

Количество водяных паров в воздухе зависит от температуры воздуха и степени его насыщения. Принято различать влажность абсолютную и относительную.

**Абсолютной влажностью** называется количество водяных паров в граммах, содержащееся в  $1 \text{ м}^3$  воздуха при данных условиях. Наибольшее количество водяных паров, которое может содержаться в  $1 \text{ м}^3$  воздуха при различных температурах.

Температура воздуха, °С	+30	+20	+ 10	+5	0	—5	—10	—20	-30	—50
Количество водяных паров, г/м <sup>3</sup>	30,21	17,22	9,39	6,82	4,89,	3,37	2,31	1,05	0,45	0,038

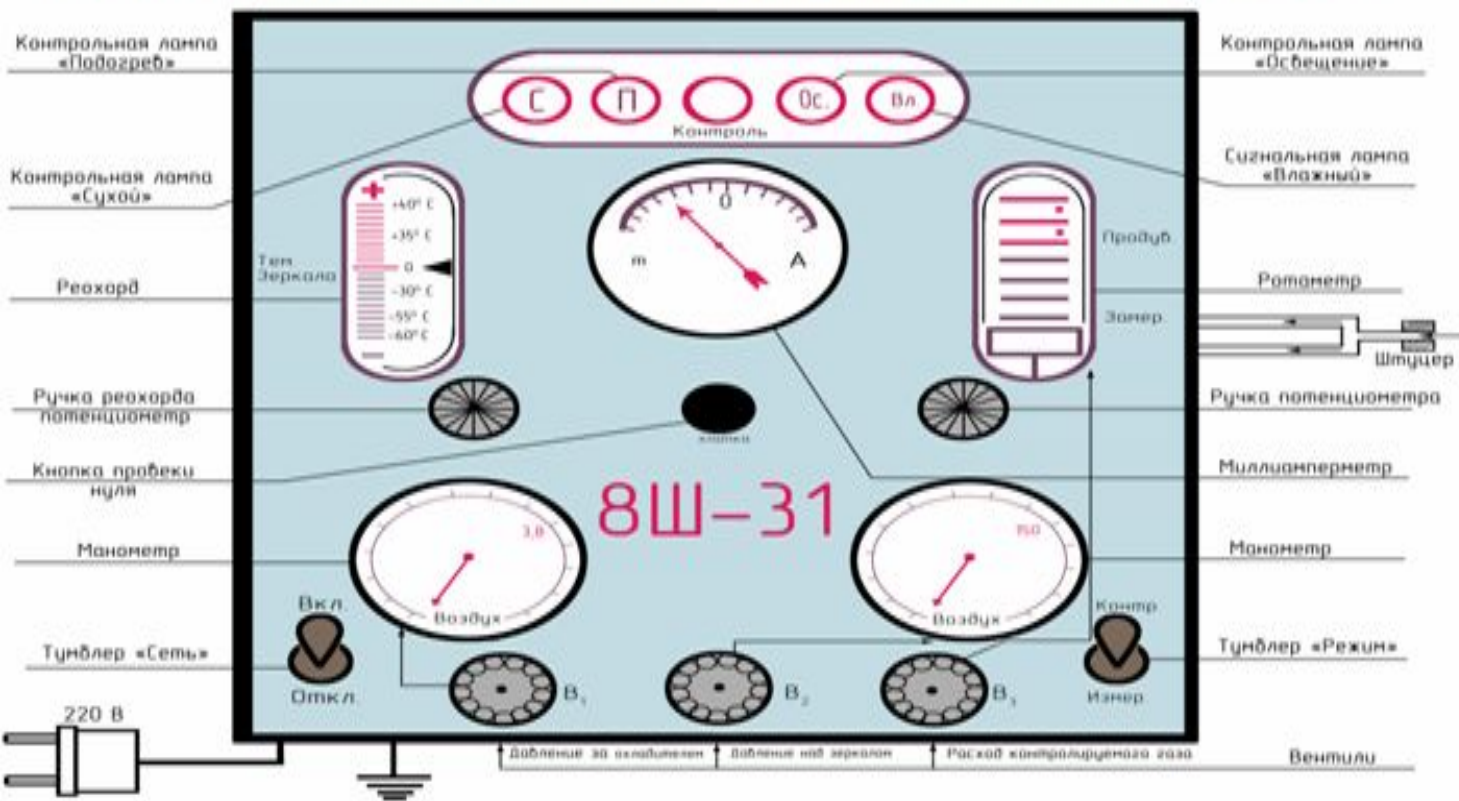
Из таблицы видно, что с понижением температуры воздуха количество влаги, необходимое для его насыщения, уменьшается. **Температура, при которой находящиеся в воздухе (или другом газе) водяные пары насыщают его, называется точкой росы.** При снижении температуры ниже точки росы избыток влаги выпадает в виде капель или тумана, а при температурах ниже  $0^\circ\text{C}$  - в виде инея или снега.

Отношение количества водяного пара в единице объема воздуха (плотность водяного пара  $\rho$ ) к максимальной (насыщающей) влажности воздуха (плотность насыщающего пара  $\rho_n$ ) при данной температуре называется **относительной влажностью** воздуха (%).

$$\varphi = \rho / \rho_n * 100$$

Для определения влажности применяются фотоэлектронные индикаторы влажности 8Ш-31 и 15Ш-26М, гигрометры Г-2, которые позволяют непосредственно найти точку росы или определить относительную влажность.

## Индикатор влажности 8Ш-31



Этот прибор предназначен для непрерывного и периодического контроля влагосодержания воздуха и работает как в режиме «контроль», так и в режиме «измерение». Прибор может эксплуатироваться при температуре окружающей среды от  $-40$  до  $+50^{\circ}\text{C}$ . Билет-39

***Работа прибора.*** Продуть в течение 10 мин чистым воздухом под давлением не менее  $120 \text{ кгс/см}^2$  подходящие к прибору воздушные трубопроводы и шланги, закрыть все вентили прибора. Произвести заземление прибора и подключить его к источнику питания. Установить переключатель «Контроль — измерение» в положение «Контроль». Поставить тумблер «Сеть» в положение «Вкл». В этом случае должна загореться контрольная лампа «Освещение».

Установить шкалу температуры реохорда в положение  $+35^\circ\text{C}$  и прогреть прибор в течение 10 мин. Когда температура на шкале реохорда при его вращении станет выше температуры зеркала, загорается лампа «Подогрев» и одна из сигнальных ламп «Влажный» или «Сухой». Нажать кнопку «Проверка нуля» и вращением ручки потенциометра установить стрелку миллиамперметра «на ноль».

Открыть запорный вентиль в подводящей магистрали и вентиль «Расход контролируемого газа».

***Работа на приборе в режиме «Контроль».*** Этот вид работ выполняется, когда задана точка росы.

***Замер влажности воздуха в режиме «Измерение».*** Для выполнения этих работ необходимо тумблер «Контроль — измерение» поставить в положение «Измерение», а вращением ручки реохорда «Температура зеркала» удерживать стрелку миллиамперметра на нуле. В момент начала выпадения росы загорится контрольная лампа «Влажный», а положение шкалы реохорда покажет точку росы воздуха. После окончания работ необходимо закрыть вентиль «Давление над зеркалом» и плавно открыть вентиль «Расход контролируемого газа». В этом случае давление по правому манометру понижается до нуля, что указывает на отсутствие давления в измерительной головке прибора. Тумблером «Сеть» выключить прибор.



Абсолютную влажность находят по таблицам, если известна точка росы, или вычисляют через относительную влажность. **Пример 1.** Точка росы воздуха равна  $-20^{\circ}\text{C}$ . Найти абсолютную влажность. **Решение.** Из табл. 2 находим, что при  $-20^{\circ}\text{C}$  абсолютная влажность воздуха  $=1,05\text{г/м}^3$ .

**Пример 2.** Относительная влажность воздуха равна 0,85 при температуре  $25^{\circ}\text{C}$ . Найти содержание влаги в  $1\text{ м}^3$  воздуха. **Решение.** Из табл. 2 находим, что при температуре  $25^{\circ}\text{C}$  для насыщения  $1\text{ м}^3$  воздуха требуется  $22,03\text{ г}$  влаги. Следовательно, абсолютная влажность  $= 22,03-0,85=18,7\text{ г/м}^3$ .

Количество механических примесей в воздухе непостоянно от  $0,005$  до  $0,01\text{ г/м}^3$ .

Масса  $1\text{ м}^3$  воздуха при  $0^{\circ}\text{C}$  и давлении  $0,1\text{ МПа}$  ( $760\text{ мм рт. ст.}$ ) равна  $1,293\text{ кг}$ . Средний молекулярный вес равен 29. Теплоемкость, т. е. количество тепла, необходимое для нагревания  $1\text{ кг}$  воздуха на  $1^{\circ}$ , измеряется в Дж/К.

В международной системе единиц СИ (система интернациональная) за единицу количества теплоты принят джоуль (Дж), равный работе, произведенной силой в  $1\text{ ньютон (Н)}$  при перемещении точки ее приложения на  $1\text{ м}$ .

При пересчете количества теплоты из одной системы единиц в другую принимаем:

$$1\text{ ккал} = 1000\text{ кал} = 4186,8\text{ Дж} = 4,187\text{ кДж};$$

$$1\text{ Дж} \cdot 1/4,187 = 0,24\text{ кал} = 0,00024\text{ ккал}; 1\text{ кДж} = 0,24\text{ ккал}.$$

При постоянном объеме удельная теплоемкость

$$c_v = 0,72\text{ кДж/кг}\cdot\text{К} = 0,172\text{ ккал/кг}\cdot^{\circ}\text{C}$$

При постоянном давлении

$$c_p = 1,009\text{ кДж/кг}\cdot\text{К} = 0,241\text{ ккал/кг}\cdot^{\circ}\text{C}$$

Воздух при температуре  $-140,6^{\circ}\text{C}$  и ниже может находиться в жидком состоянии, при этом давление должно быть не менее  $3,84\text{ МПа}$  ( $38,4\text{ кгс/см}^2$ ). Эта температура называется критической температурой воздуха, а соответствующее ей наименьшее давление  $3,84\text{ МПа}$  — критическим давлением. При давлении  $0,1\text{ МПа}$  ( $760\text{ мм рт. ст.}$ ) температура начала кипения воздуха равна  $-194,4^{\circ}\text{C}$ , а начала конденсации —  $192^{\circ}\text{C}$ . Воздух используется как сырье в установках, добывающих кислород и азот.

## **Кислород**

**Кислород  $O_2$**  — самый распространенный элемент на Земле. В свободном состоянии кислород находится в атмосферном воздухе. На долю атомов кислорода приходится 58% всего количества атомов, составляющих природу на Земле. В земной коре кислород составляет 47,2% (по весу), в воде — до 88%, в воздухе — 23%. Кислород выделяется растениями в результате ассимиляции углекислого газа и воды под воздействием энергии солнечных лучей. При определенных условиях кислород может находиться в жидком состоянии. Критическая температура кислорода равна  $-118,8^\circ C$ , критическое давление —  $51,35 \text{ кгс/см}^2$  ( $5,135 \text{ МН/м}^2$ ). При давлении 760 мм рт. ст. температура кипения (конденсации) кислорода равна  $-183^\circ C$ .

Температура горения угля в атмосферном воздухе не выше  $1300^\circ C$ , а в кислороде более  $2500^\circ C$ .

Горючие газы (ацетилен, водород, метан и другие) образуют с кислородом взрывчатые смеси. Различного рода жиры и масла при соприкосновении со сжатым кислородом способны самовоспламеняться. Пористые горючие вещества (уголь, угольная пыль, торф), пропитанные жидким кислородом, при воспламенении в замкнутом пространстве дают взрыв большой силы. Кислородное дутье находит все более широкое применение в металлургии. при выплавке чугуна и стали. Кислород применяется для резки и сварки. Используется в ракетных двигателях и для огневого бурения твердых пород.

В медицине кислород используют в качестве лечебного и профилактического средства. В авиации кислород широко применяется для обеспечения полетов на больших высотах.

## Водород

**Водород  $H_2$**  в обычных условиях — газ без цвета, запаха и вкуса. Водород в 14,5 раза легче воздуха. 1 м<sup>3</sup>) водорода при 0° С и давлении 760 мм рт. ст. весит 0,089 кг. Молекулярный вес водорода равен 2,016. Критическая температура равна —239,9° С, критическое давление 1,3 МПа (13,2 кгс/см<sup>2</sup>). При давлении 760 мм рт. ст. температура кипения равна —252,7° С.

**Жидкий водород** — прозрачная, бесцветная, легко испаряющаяся жидкость, теплота испарения его **452,2 кДж/кг(108 ккал /кг)**. 1л жидкого водорода весит **0,07кг**.

Горит. В смеси с кислородом образует гремучий газ, самовозгораться. Водород преобладает в составе атмосферы звезд и Солнца (до 84%), Содержание водорода в земной коре составляет 1%, в составе воды — 11,2% (по весу). Водород легко диффундирует (проникает) через фарфор, каучук, резину. Водород применяется для наполнения аэростатов и аппаратов легче воздуха. В метеорологической службе он применяется для наполнения шаров-пилотов при наблюдении за движением атмосферных слоев воздуха. Водород используется для сварки и плавки металлов. Кислородно-водородное пламя служит для пайки свинца, платины и кварца. С помощью водорода осуществляется восстановление окислов металлов при получении молибдена, вольфрама и других тугоплавких металлов.

В химической промышленности применяется для получения аммиака, метилового спирта, в реакциях восстановления и т. п. Водород обладает высокой теплопроводностью применяют его для охлаждения турбин.

## Углекислый газ

**Углекислый газ  $\text{CO}_2$** , называемый в химии двуокисью углерода или ангидридом угольной кислоты, при нормальных условиях представляет собой бесцветный газ с кисловатым вкусом и слабым запахом, вызывающим ощущение покалывания в слизистой оболочке носа. В  $1 \text{ м}^3$  воздуха содержится около  $0,7 \text{ г}$   $\text{CO}_2$ . Углекислый газ образуется при горении и дыхании. Человек за сутки выдыхает  $900\text{—}1300 \text{ г}$   $\text{CO}_2$ . Углекислый газ в  $1,5$  раза тяжелее воздуха;  $1 \text{ м}^3 \text{ CO}_2$  при  $0^\circ\text{C}$  и давлении  $760 \text{ мм рт. ст.}$  . весит  $1,977 \text{ кг}$ . Молекулярный вес равен  $44$ . Критическая температура углекислого газа  $31,1^\circ \text{C}$ , критическое давление  $7,5 \text{ МПа}$  ( $75 \text{ кгс/см}^2$ ). Углекислый газ хорошо растворяется в воде. В жидкое состояние углекислый газ переходит лишь при давлениях не ниже  $0,53 \text{ МПа}$  ( $5,3 \text{ кгс/см}^2$ ) и соответствующих температурах (ниже  $31,1^\circ\text{C}$ ). В этом состоянии  $\text{CO}_2$  принято называть углекислотой. При давлении  $0,53 \text{ МПа}$  температура сжижения (кипения) углекислоты равна —  $56,6^\circ\text{C}$ . При температуре  $0^\circ \text{C}$  для перевода  $\text{CO}_2$  в жидкое состояние необходимо создать давление ( $35 \text{ кгс/см}^2$ ). При температурах выше критической давление в баллоне помимо температуры зависит в большой степени и от весового количества углекислоты. Так, при коэффициенте наполнения  $0,6 \text{ кг/л}$  ( $1 \text{ л}$  емкости баллона заполняется  $0,6 \text{ кг}$  углекислоты) и температуре  $60^\circ \text{C}$  давление углекислоты в баллоне будет равно  $15 \text{ МПа}$  ( $150 \text{ кгс/см}^2$ ), а при коэффициенте  $0,8 \text{ кг/л}$  и той же температуре —  $25,8 \text{ МПа}$  ( $258 \text{ кгс/см}^2$ ).

Он не горит и не поддерживает горения. Широко применяется как огнегасительное средство характеризуется следующими данными: при концентрации  $6\text{—}12\%$   $\text{CO}_2$  в воздухе открытое пламя гаснет, а при  $30\%$  — прекращается тление.



**В авиации углекислота применяется для зарядки огнетушителей и противопожарной системы самолета. В машиностроении углекислый газ применяется для продувки быстротвердеющих литейных форм, что сокращает продолжительность литья в три раза. Электросварка в защитной среде углекислого газа позволяет автоматизировать сварочные работы.**

**Углекислота находит применение в качестве охлаждающего средства при обработке металла резанием. Широко применяется углекислота в пищевой промышленности в качестве сухого льда и для газирования питьевой воды. В промышленности углекислоту получают при сжигании угля или природного газа.**

### **Азот**

**Предприятия вырабатывают азот технический, медицинский и особой чистоты.**

**Медицинский азот не должен содержать CO, CO<sub>2</sub>, газообразных кислот и оснований, а также озона и других окислителей. Отсутствие вредных примесей в медицинском азоте, получаемом из атмосферного воздуха глубоким охлаждением.**

**Азот особой чистоты содержит азота не менее 99,99%, кислорода не более 0,003%, паров воды не более 0,02 г/м<sup>3</sup> при 760 мм рт. ст.**

**Газообразный азот поставляется в баллонах по ГОСТ 949—75 под давлением 15 МПа (150 кгс/см<sup>2</sup>) при 20° С.**

**Количество жидкого азота выражают в килограммах, газообразного азота — в кубических метрах при давлении 760 мм рт. ст. и температуре 20° С. При пересчете принимают, что 1 кг жидкого азота соответствует 0,86 м<sup>3</sup> газообразного азота, а 1 дм<sup>3</sup> жидкого азота — 69 м<sup>3</sup> газообразного. В авиации газообразный медицинский азот применяется для заправки амортизационных стоек, гидроаккумуляторов и пневматиков колес самолетов, специальных баллонов ракет.**