

ТЕРМОДИНАМИКА

Практическое занятие №1

План занятия:

1. Система единиц измерения
2. Уравнение состояния идеального газа
3. Задачи

1. СИСТЕМА ЕДИНИЦ ИЗМЕРЕНИЯ

В Российской Федерации в качестве стандарта представления физических величин принята международная система единиц – СИ (SI). Правила использования этой системы, русские наименования и обозначения, образования производных единиц измерения, разрешённые внесистемные единицы отражены в ГОСТ 8.417-2002.

В системе СИ за единицу длины принят метр (м); за единицу массы – килограмм (кг); за единицу времени – секунда (с); за единицу количества вещества – моль (моль); за единицу термодинамической температуры – градус Кельвина (К); за единицу электрического тока – ампер (А); за единицу силы света – кандела (кд). В таблице 1 даны наиболее часто применяемые производные единицы и их размерности.

Таблица 1

Наименование величин	Буквенные обозначения	Размерности
ускорение	a, g	м / с ²
сила	F	Н = кг · м / с ²
плотность	ρ	кг / м ³
удельный объем	v	м ³ / кг
давление	P	Па = Н / м ²
работа, теплота, энергия	L, Q, E	Дж = Н · м
мощность	N	Вт = Дж / с

Внесистемные единицы, применяемые на практике:

Давление

$$1 \text{ бар} = 10^5 \text{ Па}$$

$$1 \text{ мм.рт.ст} = 133,322 \text{ Па}$$

$$1 \text{ кгс} \cdot \text{см}^2 = 98000 \text{ Па}$$

$$1 \text{ ат (атмосфера техническая)} = 98100 \text{ Па}$$

$$1 \text{ атм (атмосфера физическая)} = 760 \text{ мм.рт.ст} = 101325 \text{ Па}$$

Работа, теплота, энергия

$$1 \text{ ккал} = 4186,8 \text{ Дж}$$

$$1 \text{ кгс} \cdot \text{м} = 9,81 \text{ Дж}$$

В термодинамических уравнениях используется абсолютное давление, Па :

$$p = p_{\text{бар}} + p_{\text{изб}}; \quad p = p_{\text{бар}} - p_{\text{вак}},$$

и абсолютная температура, К :

$$T = t + 273,16,$$

где $p_{\text{бар}}, p_{\text{изб}}, p_{\text{вак}}$ – давления измеренные барометром, манометром и вакуумметром; t – температура в градусах Цельсия, °С.

2. УРАВНЕНИЕ СОСТОЯНИЯ ИДЕАЛЬНОГО ГАЗА

Идеальным газом называется такой газ, в котором отсутствуют силы межмолекулярных взаимодействий, а объемом молекул можно пренебречь. Большинство газов и газовых смесей хорошо описываются моделью идеального газа при низких давлениях (до 10 ат).

В общем виде уравнение состояния идеального газа можно записать так:

$$pV = \frac{m}{\mu} \mathfrak{R}T, \quad (1)$$

где $\mathfrak{R} = 8314,41 \text{ Дж / (кмоль} \cdot \text{град)}$ – универсальная газовая постоянная; m , кг – масса газа заключенная в объеме V , м^3 при абсолютном давлении p , Па и абсолютной температуре T , К; μ , кг/кмоль – молекулярный вес газа. Величину $\mathfrak{R}/\mu$ называют газовой постоянной и обозначают R , Дж / (кг · град).

Уравнение (1) справедливо и для газовых смесей. В этом случае для расчёта параметров газовой смеси необходимо лишь знать значение молекулярного веса смеси, которое можно вычислить по формуле:

$$\mu = \left(\sum_{i=1}^n \frac{K_i}{\mu_i} \right)^{-1} = \sum_{i=1}^n X_i \mu_i, \quad (2)$$

где: K_i, X_i – массовая и мольная (объёмная) концентрация i - ого компонента смеси.

3. ЗАДАЧИ

Задача №1

Определить значение газовых постоянных в СИ для газов: ацетилен C_2H_2 , окись углерода CO , аммиак NH_3 , озон O_3 . Атомные веса элементов взять округленные из таблицы Менделеева.

Задача №2

Чему равен молекулярный вес нижеуказанных газов, если для них известны газовые постоянные (в СИ): сероводород H_2S - 244,2, хлористый водород HCl - 228,4, окись азота NO - 276,2 Дж/(кг · град)?

Задача №3

Газовая постоянная этана C_2H_6 в СИ равна 277,6 Дж/(кг · град). Определить молекулярный вес газа, его плотность и удельный объем при нормальных физических условиях.

Задача №4

Определить плотность и удельный объем углекислоты CO_2 при давлении 9,81 бар и температуре 27°C , если газовая постоянная ее равна 189 Дж/(кг · град).

Задача №5

В баллоне емкостью 40 л находится кислород при давлении 112 ат. по манометру; температура его 37°C , атмосферное давление равно 736 мм.рт.ст. Определить массу кислорода и его плотность.

Задача №6

Аэростат заполнен 4000 м^3 гелия при температуре 17°C . Определить подъемную силу аэростата, если атмосферное давление равно $1,02 \text{ бар}$, а температура воздуха 27°C . Масса оболочки аэростата 700 кг .

Задача №7

Роторный компрессор всасывает в 1 мин $0,8 \text{ м}^3$ воздуха при давлении $0,98 \text{ бар}$ и температуре 12°C и подает его в резервуар емкостью 15 м^3 , поднимая давление в нем до 5 кгс/см^2 по манометру, причем температура воздуха в резервуаре повышается с 12 до 43°C . Определить количество поданного в резервуар воздуха, время работы компрессора и его часовую производительность в кубических метрах при нормальных физических условиях; до начала работы воздух в резервуаре имел параметры, одинаковые с параметрами наружного воздуха.

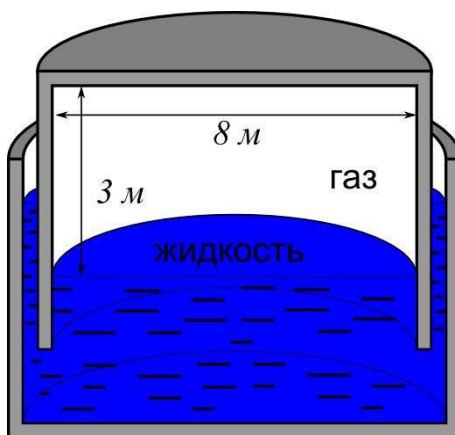
Задача №8

В резервуаре емкостью 12 м^3 , содержащем в себе воздух для пневматических работ, давление равно 8 ат по манометру при температуре воздуха 22°C . После использования части воздуха для работ давление его упало до 4 ат , а температура до 17°C . Определить, сколько воздуха израсходовано.

Задача №9

Из камеры сгорания газотурбинной установки (ГТУ) продукты сгорания при абсолютном давлении 5 кгс/см^2 и температуре 880°C поступают в газовую турбину и выходят из нее в атмосферу на высоте 4 км с давлением на $0,2 \text{ кгс/см}^2$ больше наружного, причем температура их снижается до 515°C . Газовая постоянная продуктов сгорания равна $R = 289,4 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{град)}$. Определить, во сколько раз увеличился объем продуктов сгорания в процессе.

Задача №10



В цилиндрическом газгольдере постоянного давления находится газ с температурой 17°C и давлением 800 мм.рт.ст. ; газовая постоянная газа равна $294,3 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{град)}$, Диаметр колокола газгольдера 8 м , а высота расположения 3 м . Определить количество газа в газгольдере; как изменится положение колокола, если температура газа поднимется на 12°C ; какова будет высота расположения колокола, если будет израсходовано 50 кг газа?

Group	1	2	Groups 1...18 IUPAC 1989 Groups IA...VIII...0 IUPAC 1970 Группы 1...18 ИЮПАК, 1989 Группы IA...VIII...0 ИЮПАК, 1970										13	14	15	16	17	18
Period	1	2											3	4	5	6	7	8
1	1 H Hydrogen Водород <i>Hydrogenium</i>																	
2	3 Li Lithium Литий	4 Be Beryllium Бериллий											5 B Boron Бор <i>Borium</i>	6 C Carbon Углерод <i>Carboneum</i>	7 N Nitrogen Азот <i>Nitrogenium</i>	8 O Oxygen Кислород <i>Oxygenium</i>	9 F Fluorine Фтор <i>Fluorum</i>	10 Ne Neon Неон
3	11 Na Sodium Натрий <i>Natrium</i>	12 Mg Magnesium Магний											13 Al Aluminium Алюминий	14 Si Silicon Кремний <i>Silicium</i>	15 P Phosphorus Фосфор	16 S Sulphur Сера <i>[sulfur]</i>	17 Cl Chlorine Хлор <i>Chlorum</i>	18 Ar Argon Аргон
4	19 K Potassium Калий <i>(Kalium)</i>	20 Ca Calcium Кальций	21 Sc Scandium Скандий	22 Ti Titanium Титан	23 V Vanadium Ванадий	24 Cr Chromium Хром	25 Mn Manganese Марганец <i>Manganum</i>	26 Fe Iron Железо <i>Ferrum</i>	27 Co Cobalt Кобальт <i>Cobaltum</i>	28 Ni Nickel Никель <i>Niccolum</i>	29 Cu Copper Медь <i>Cuprum</i>	30 Zn Zinc Цинк <i>Zincum</i>	31 Ga Gallium Галлий	32 Ge Germanium Германий	33 As Arsenic Мышьяк <i>Stibium</i>	34 Se Selenium Селен	35 Br Bromine Бром <i>Bromum</i>	36 Kr Krypton Криптон
5	37 Rb Rubidium Рубидий	38 Sr Strontium Стронций	39 Y Yttrium Иттрий	40 Zr Zirconium Цирконий	41 Nb Niobium Ниобий	42 Mo Molybdenum Молибден <i>Molybdaenum</i>	43 Tc Technetium Технеций	44 Ru Ruthenium Рутений	45 Rh Rhodium Родий	46 Pd Palladium Палладий	47 Ag Silver Серебро <i>(Argentum)</i>	48 Cd Cadmium Кадмий	49 In Indium Индий	50 Sn Tin Олово <i>Stannum</i>	51 Sb Antimony Сурьма <i>(Stibium)</i>	52 Te Tellurium Теллур	53 I Iodine Иод <i>Iodum</i>	54 Xe Xenon Ксенон
6	55 Cs Caesium Цезий <i>(Cesium)</i>	56 Ba Barium Барий	57 La Lanthanum Лантан	72 Hf Hafnium Гафний	73 Ta Tantalum Тантал	74 W Tungsten (Wolfram) Вольфрам <i>Wolframum</i>	75 Re Rhenium Рений	76 Os Osmium Осмий	77 Ir Iridium Иридий	78 Pt Platinum Платина	79 Au Gold Золото <i>Aurum</i>	80 Hg Mercury Ртуть <i>(Hydragyrum)</i>	81 Tl Thallium Таллий	82 Pb Lead Свинец <i>(Plumbum)</i>	83 Bi Bismuth Висмут <i>Bismuthum</i>	84 Po Polonium Полоний	85 At Astatine Астат	86 Rn Radon Радон
7	87 Fr Francium Франций	88 Ra Radium Радий	89 Ac Actinium Актиний	104 Rf Rutherfordium Резерфордий	105 Db Dubnium Дубний	106 Sg Seaborgium Сиборгий	107 Bh Bohrium Борий	108 Hs Hassium Хассий	109 Mt Meitnerium Мейтнерий	110 Uu Ununnilium Унуннилий	111 Uu Unununium Унунуний	112 Uu Ununbium Унунбий	113 Uu Ununtrium Унунтрий	114 Uu Ununquadium Унунквадий	© P.C.Сайфуллин, A.P.Сайфуллин, 2004 © R.S.Saifullin, A.R.Saifullin, 2004			
* Element has no stable nuclides. For radioactive elements the value in parentheses refers to the number of nucleons (mass number) of the most stable isotope (IUPAC, 1995) * Элемент не имеет устойчивых изотопов. Для него в скобках приведено значение массового числа (число нуклонов в ядре) наиболее долгоживущего изотопа (ИЮПАК, 1995). () Alternative english name [] American spelling of the element's name () Альтернативное английское название [] Американское написание названия элемента																		
	90 Th Thorium Торий	91 Pa Protactinium Протактиний	92 U Uranium Уран	93 Np Neptunium Нептуний	94 Pu Plutonium Плутоний	95 Am Americium Америций	96 Cm Curium Кюриум	97 Bk Berkelium Берклиум	98 Cf Californium Калифорний	99 Es Einsteinium Эйнштейний	100 Fm Fermium Фермий	101 Md Mendelevium Менделевий	102 No Nobelium Нобелий	103 Lr Lawrencium Лоуренсий				