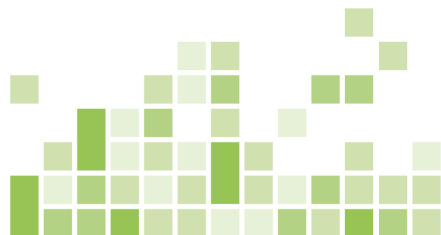




**Физико-технический
институт**

ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ



Практическое занятие №1

Параметры состояния рабочего тела

16 февраля
2016



Основными параметрами состояния называют физические величины, которые характеризуют макроскопические свойства системы и могут быть измерены непосредственно (давление P , температура T , объем V , внутренняя энергия U , энтальпия H , энтропия S).

Параметры состояния, значения которых не зависят от размеров и массы системы, называются **интенсивными**.

Термодинамические параметры, пропорциональные количеству вещества или массе системы, называют **экстенсивными**.



Интенсивные параметры: давление, температура, плотность, удельный объем v , удельная внутренняя энергия u и т.д. Обозначают эти параметры **строчными** буквами.

Экстенсивные параметры: объем, массу, внутреннюю энергию и др., которые обозначают **прописными** буквами. Для термодинамической системы, состоящей из нескольких частей, значения экстенсивной физической величины равно сумме значений таких же величин отдельных частей системы, т.е. свойство аддитивности (складываемости).



Давление – физическая величина, равная отношению силы, равномерно распределенной по поверхности тела, к площади поверхности, расположенной перпендикулярно силе:

$$p = F/S$$

В соответствии с молекулярно-кинетической теорией давление газа определяется соотношением:

$$p = \frac{2}{3} n \frac{m\bar{v}^2}{2}$$



Давление p можно измерять двумя способами: давление, превышающее атмосферное, измеряют барометром ($p_{\text{б}}$) и манометром ($p_{\text{м}}$), причем

$$p = p_{\text{б}} + p_{\text{м}}$$

а давление, меньшее атмосферного (разряжение), – вакуумметром и барометром, причем

$$p = p_{\text{б}} - p_{\text{в}}$$

Единица давления в СИ – паскаль (Па)



Удельный объем – физическая величина, равная отношению объема вещества к его массе:

$$v = V/m$$

Единица СИ удельного объема – м³/кг.

Температура тела – есть мера его нагретости.

Численное значение температуры связано с величиной средней кинетической энергии молекул вещества:

$$\frac{m\bar{v}^2}{2} = \frac{3}{2}kT$$

где k – постоянная Больцмана $1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К.



Изменение состояния термодинамической системы, характеризующееся изменением ее параметров, называют **термодинамическим процессом**.

Равновесное состояние – состояние термодинамической системы, характеризующееся при постоянных внешних условиях неизменностью параметров во времени и отсутствием в системе потоков.

Состояние термодинамической системы, не удовлетворяющее данному определению, называется **неравновесным состоянием**.



Уравнение состояния

$$F(p, v, T) = 0$$

Основное уравнение в кинетической теории газов

$$pV = \frac{2}{3} NaT$$

Закон Бойля-Мариотта (при $T = \text{const}$, $a = \text{const}$, $N = \text{const}$)

$$pV = \text{const}$$

для 1 кг газа

$$pv = \text{const}$$



Закон Гей-Люссака (при $p = \text{const}$)

$$V/T = \text{const}$$

для 1 кг газа

$$v/T = \text{const}$$

$$V/T = V_0/T_0 \quad \text{или} \quad V/V_0 = T/T_0$$



Закон Авогадро

Из закона Авогадро следует, что плотности газов $\rho = 1/v$, находящихся при одинаковых давлении и температуре, прямо пропорциональны их молярным массам μ , т.е.

$$\frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{\mu_1}{\mu_2}$$

Молярная масса

$$\mu = \frac{m}{\nu}$$

Единица СИ молярной массы – кг/моль.



Уравнение состояния идеального газа

$$p\tilde{V} = \tilde{R}T$$

Для нормальных физических условий

$$\tilde{R} = p\tilde{V}/T = 101325 \cdot 22,4 \cdot 10^{-3} / 273 = 8,314 \left[\frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \right]$$

Уравнение состояния

$$pV = mRT$$



Уравнение Ван-дер-Ваальса

$$\left(p + \frac{a}{v^2}\right)(v - b) = RT \quad (1)$$

Сопоставим уравнения состояния идеального (2) и реального (1) газов в форме

$$pv = RT \quad (2)$$

Получим

$$p = \frac{RT}{v};$$

$$p = \frac{RT}{v - b} - \frac{a}{v^2};$$

Для идеального газа будет использоваться уравнение (2), а для реального – уравнение Ван-дер-Ваальса (1).



Задача №1

Определить абсолютное давление в паровом котле, если манометр показывает 0,26 МПа, а атмосферное давление равно 755 мм рт. ст.



Задача №2

Разрежение в газоходе парового котла, измеряемое тягомером, равно 35 мм вод. ст. Определить абсолютное давление газов, если показание барометра 730 мм рт. ст., и выразить его в МПа.



Задача №3

В баллоне емкостью 40 л находится кислород при давлении 115 кгс/см² по манометру. Температура кислорода 25 °С, атмосферное давление равно 745 мм рт. ст. Определить массу кислорода и его плотность.



Задача №4

Чему равна масса V м³ водорода, кислорода и углекислого газа, если $P_{\text{ман}} = 6$ кг/см²; $P_{\text{бар}} = 750$ мм рт. ст.; $t = 100$ °С. Объем газа V равен 18 м³.



Задача №5

В резервуаре емкостью 12 м^3 , содержащем в себе воздух для пневматических работ, давление равно 8 ат по манометру при температуре воздуха $25 \text{ }^\circ\text{C}$. После использования части воздуха для работ давление его упало до $3,8 \text{ ат}$, а температура – до 17°C . Определить, сколько килограммов воздуха израсходовано, если $P_{\text{бар}} = 755 \text{ мм рт. ст.}$



Задача №6

Сосуд емкостью $V = 10 \text{ м}^3$ заполнен углекислым газом. Определить абсолютное давление в сосуде, если масса газа равна 8 кг, а температура равна $27 \text{ }^\circ\text{C}$.



Задача №7

Поршневой компрессор всасывает в минуту 3 м^3 воздуха при $t = 17 \text{ }^\circ\text{C}$ и барометрическом давлении $P_{\text{бар}} = 750 \text{ мм рт. ст.}$ и нагнетает его в резервуар, объем которого равен $8,5 \text{ м}^3$. За какое время (в мин) компрессор поднимет давление в резервуаре до значения $P = 20 \text{ ат}$, если температура в резервуаре будет оставаться постоянной? Начальное давление в резервуаре было 750 мм рт. ст. , а температура равнялась $17 \text{ }^\circ\text{C}$.