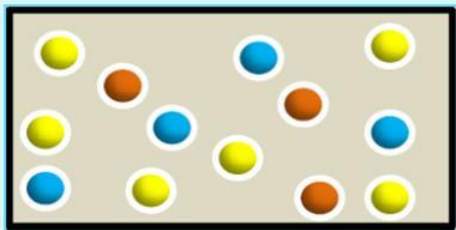


Тема 2 (1 час, 0.5 лекция 2)

Лекция 2 (часть 1)

Смеси идеальных газов

Парциальные давления и объемы. Законы Дальтона. Способы задания состава смеси. Соотношения между долями. Вычисление параметров состояния смеси, определение кажущейся молекулярной массы и газовой постоянной смеси, определение парциальных давлений компонентов.



В практической деятельности чаще всего имеют дело не с однородными газами, а с их **смесями**

Смеси, качественный и количественный состав которых не меняется со временем, называются **механическими**.

Джон Дальтон (John Dalton, 1766 —1844) — англ. провинциальный учитель-самоучка, химик, метеоролог и естествоиспытатель.

Дальтонизмом, закон парциальных давлений (закон Дальтона) (1801), закон равномерного расширения газов при нагревании (1802), закон растворимости газов в жидкостях (закон Генри-Дальтона), закон кратных отношений (1803), обнаружил явление полимеризации (на примере этилена и бутилена), ввёл понятие «атомный вес» и рассчитал атомные веса (массы) ряда элементов и составил первую таблицу их относительных атомных весов, заложив тем самым основу атомной теории строения вещества.



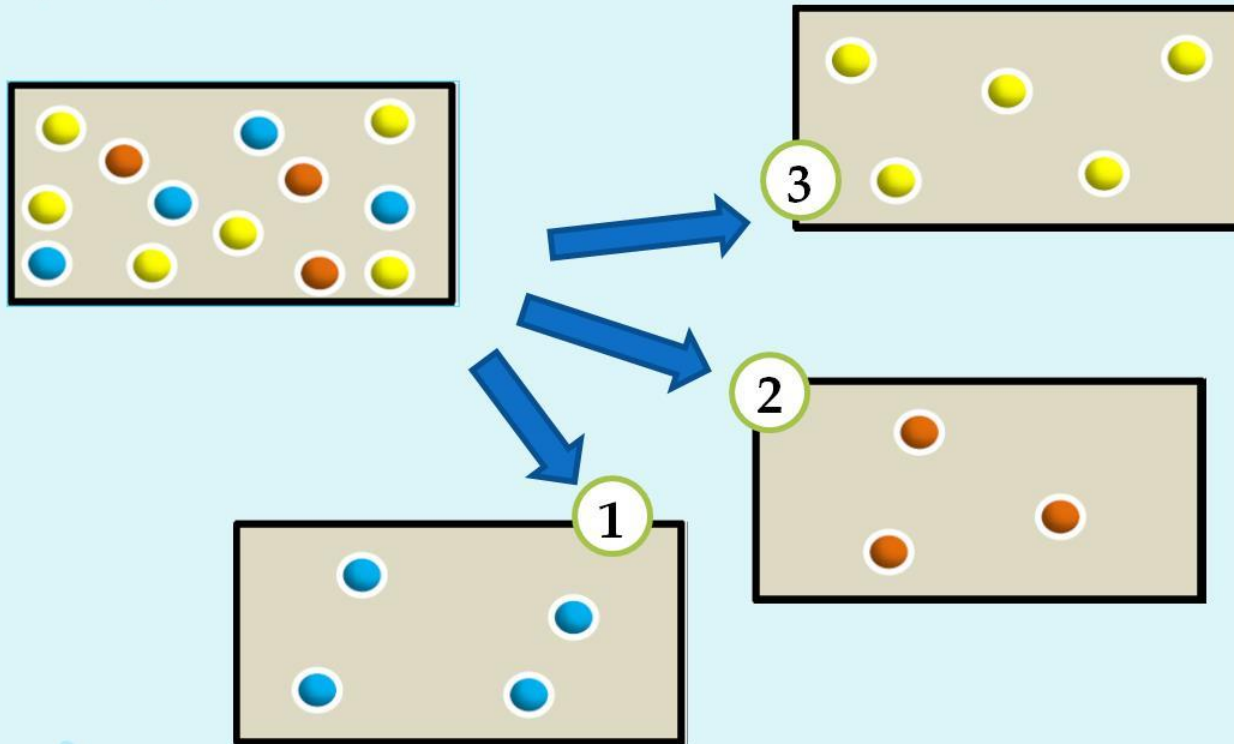
В объеме, занимаемом механической газовой смесью, каждый идеальный газ, входящий в эту смесь, ведет себя так же, как вел бы себя при отсутствии других составляющих смеси:

- распространяется по всему объему (занимает весь объем);**
- создает свою часть давления (парциальное давление), определяемое температурой и объемом на единицу его массы;**
- имеет температуру смеси.**

Парциальные давления газов

Парциальное давление компонента – это давление, которое оказывает компонент на стенки сосуда с газовой смесью в отсутствии остальных компонент, но при тех же объеме и температуре что имеет вся смесь.

- Давление смеси газов, химически не взаимодействующих друг с другом, равно сумме их парциальных давлений.
- При постоянной температуре растворимость каждого из компонентов газовой смеси в данной жидкости пропорциональна его парциальному давлению над жидкостью (т. е. каждый газ растворяется так, как если бы он находился один в данном объеме : Закон Дальтона - Генри).

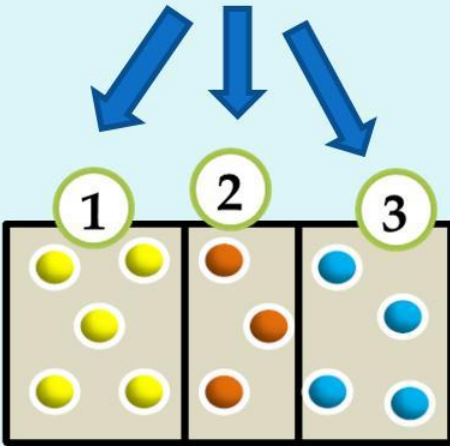
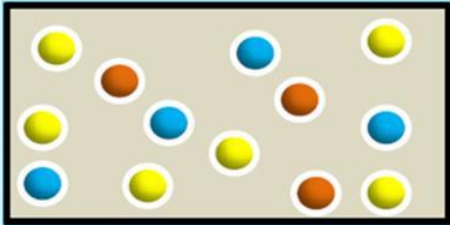


$$V_i = V, \quad i = 1 \div N$$

$$T_i = T, \quad i = 1 \div N$$

$$p = \sum_{i=1}^N p_i.$$

Парциальные объемы газов



Парциальный объем компонента – это объем, который бы занимал компонент, имея давление и температуру смеси.

$$pV = mRT$$

$$p_i V = m_i R_i T$$

$$pV_i = m_i R_i T$$

$$R = R_\mu / \mu$$

$$R_i = R_\mu / \mu_i$$

Массовая доля

$$p_i V = m_i R_i T$$

$$pV = T \sum_{i=1}^N m_i R_i$$

$$R = \sum_{i=1}^N (m_i / m) R_i = \sum_{i=1}^N g_i R_i = R_\mu \sum_{i=1}^N g_i / \mu_i$$

$$g_i = m_i / m \qquad \sum_{i=1}^N g_i = 1$$

$$\mu = \frac{1}{\sum_{i=1}^N \frac{g_i}{\mu_i}}$$

Мольная доля

$$pV = m \frac{R_\mu}{\mu} T$$

$$\mu = \frac{m}{\nu} = \frac{\sum_{i=1}^N \nu_i \mu_i}{\nu} = \sum_{i=1}^N n_i \mu_i$$

$$n_i = \nu_i / \nu \quad \sum_{i=1}^N n_i = 1$$

Объемная доля

$$r_i = \frac{V_i}{V} = \frac{\nu_i V_\mu}{\nu V_\mu} = n_i$$

$$g_i = \frac{m_i}{m} = \frac{\nu_i \mu_i}{\nu \mu} = \frac{n_i \mu_i}{\mu}$$

$$\mu = \sum_{i=1}^N n_i \mu_i$$

$$r_i = n_i$$

$$g_i \mu = n_i \mu_i$$

Соотношение для парциальных давлений

$$p_i V = m_i R_i T$$

$$p V_i = m_i R_i T$$

$$p_i V = p V_i$$

$$p_i = p \frac{V_i}{V} = p r_i$$

$$p_i = p r_i$$

Тема 3 (1 час, 0.5 лекция 2)

Лекция 2 (часть 2)

Теплоемкость

Понятие теплоемкости. Средняя и истинная теплоемкости. Массовая, объемная и молярная теплоемкости. Теплоемкость при постоянных объеме и давлении. Теплоемкость в произвольном термодинамическом процессе. Молекулярно – кинетическая теория теплоемкости газов. Элементы квантовой теории теплоемкости. Таблицы и эмпирические формулы для определения теплоемкости. Теплоемкость смеси рабочих тел.

Теплоемкость – это количество теплоты, необходимое для нагрева тела на один градус ($C = \delta Q/dT$, Дж/К).

массовая (удельная) теплоемкость $c, \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$

объемная теплоемкость (определяется для нормальных физических условий $p=760$ мм рт. ст., $t = 0$ °С)

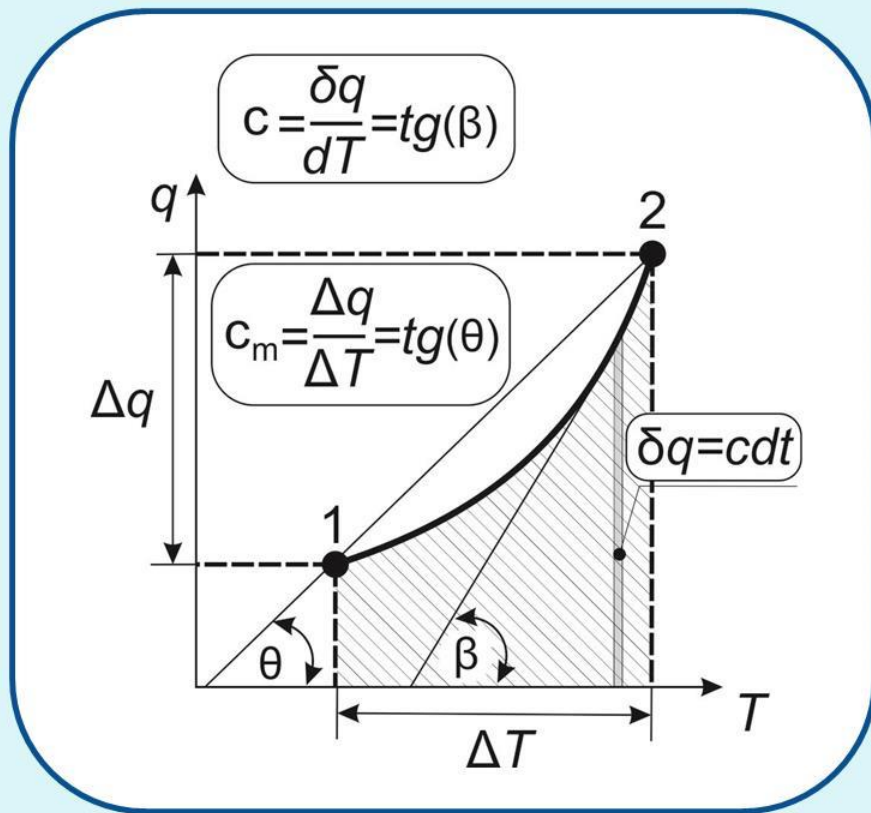
$$c', \frac{\text{Дж}}{\text{н м}^3 \cdot \text{К}}$$

молярная теплоемкость $\mu c, \frac{\text{Дж}}{\text{кмоль} \cdot \text{К}}$

$$c = \frac{\mu c}{\mu},$$

$$c' = \frac{\mu c}{22,4},$$

$$c' = c \cdot \rho$$



истинная $(c = \frac{\delta q}{dT})$

средняя $(c_{xm} \Big|_{t_1}^{t_2} = \frac{1}{(t_2 - t_1)} \int_{t_1}^{t_2} c_x dt)$

$$c_{xm} \Big|_{t_1}^{t_2} = \frac{c_{xm} \Big|_0^{t_2} \cdot t_2 - c_{xm} \Big|_0^{t_1} \cdot t_1}{(t_2 - t_1)}$$

Наибольшую точность обеспечивает квадратичная аппроксимационная формула:

$$c = a + bt + dt^2,$$

но обычно ограничиваются линейной зависимостью:

$$c = a + bt.$$

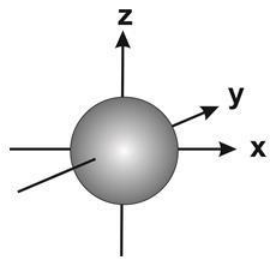
Молекулярно –кинетическая теория теплоемкости

Для одного киломоля, при неизменном объеме:

Для твердых шариков энергия только в поступательном движении.

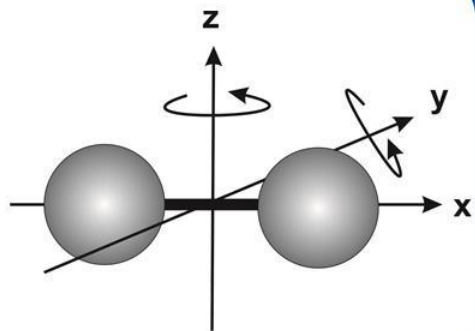
$$p = \frac{2}{3} \nu_0 \cdot N_A E_k \quad E_k = \frac{3}{2} kT \quad E_\mu = \frac{3}{2} R_\mu T$$
$$pV_\mu = R_\mu T$$
$$\mu c_v = \frac{\delta \mu q_v}{dT} = \frac{3}{2} R_\mu \quad \text{По } 0.5 R_\mu \text{ на каждую степень свободы.}$$

$$\mu c_v = \frac{R_\mu}{2} \cdot i = 4,157 \cdot i, \frac{\text{кДж}}{\text{кмоль} \cdot \text{К}}$$



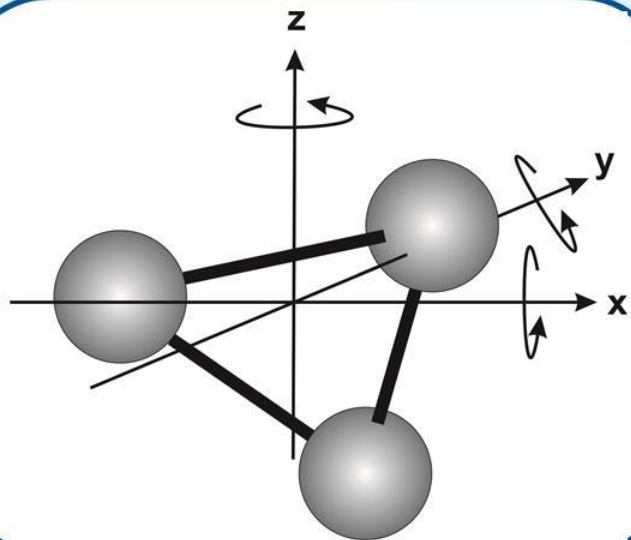
одноатомных идеальных газов
(3 поступательных степени свободы):

$$\mu c_v = 12,48 \frac{\text{кДж}}{\text{кмоль} \cdot \text{К}}$$



двухатомных идеальных газов
(3 поступательных и 2 вращательных степени свободы):

$$\mu c_v = 20,8 \frac{\text{кДж}}{\text{кмоль} \cdot \text{К}}$$



трех- и многоатомных идеальных газов
(в сумме не менее 7 степеней свободы):

$$\mu c_v = 29,1 \frac{\text{кДж}}{\text{кмоль} \cdot \text{К}}$$

Квантовая теория теплопроводности дает:

$$\mu c_v = \left(\frac{i_{\text{поступательных}} + i_{\text{вращательных}}}{2} + F(T) \right) R_\mu$$

$$F(T) = \sum_L \left(\frac{T_*}{T} \right)^2 \frac{e^{-\frac{T_*}{T}}}{\left(e^{-\frac{T_*}{T}} - 1 \right)^2}$$

T_* – характеристические температуры

$T_* = \frac{h\nu_*}{k}$, где L – число колебательных степеней свободы

h – постоянная Планка ($6.6260755 \cdot 10^{-34}$ Дж·с)

k – постоянная Больцмана ($1.380658 \cdot 10^{-23}$ Дж/К)

ν_* – частоты колебаний

Теплоемкости смеси газов

$$c = \sum_{i=1}^n c_i g_i, \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}};$$

$$c' = \sum_{i=1}^n c_i \cdot r_i, \frac{\text{Дж}}{\text{нм}^3 \cdot \text{К}};$$

$$\mu c = \sum_{i=1}^n \mu c_i \cdot n_i, \frac{\text{Дж}}{\text{кмоль} \cdot \text{К}}.$$