



Кубанский государственный университет

Буков Николай Николаевич

Неорганическая химия, часть 1

Факультет - химии и высоких технологий

Направление подготовки – 04.03.01 Химия (ОДО)

Курс - первый

Семестр - первый

7.1. СОСТОЯНИЯ ВЕЩЕСТВА

Три главных состояния вещества: твердое, жидкое, газообразное

Вещество существует в трех основных *состояниях*: газообразном, жидком и твердом. Кроме этого, имеются *жидкокристаллическое* и *плазменное* состояния (разд. 6.9 и 7.4.5).

В твердых телах и жидкостях молекулы расположены близко и между ними возникают весьма значительные силы притяжения. Плавление твердых тел сопровождается (за некоторым исключением) незначительным расширением, в то время как при испарении жидкости объем образующегося пара многократно превышает ее собственный объем. Газообразное состояние вещества при температуре, ниже критической, называют *паром* (см. рис. 7.10). Плотность газов много меньше, а их сжимаемость — много больше, чем у жидких и твердых тел.

Газовые законы обобщают результаты экспериментального изучения газов

Газовые законы — результат усилий многих ученых, занимавшихся на протяжении XVII—XIX вв. экспериментальным изучением поведения газов. *Закон* — краткое изложение результатов эксперимента, не всегда объясняющее последние. *Гипотеза* же объясняет полученные данные, привлекая концепцию или модель. Устоявшаяся гипотеза превращается в *теорию* *.

Пример. I. 10 см^3 газообразного углеводорода C_3H_x взаимодействует с кислородом, взятом в избытке, при 110°C и 1 атм . В результате объем увеличился на 5 см^3 . Каково значение x ?

Решение. Уравнение реакции имеет вид:



Пример определения формулы газов Если объем углеводорода 10 см^3 , то:

$$\begin{aligned} V_{\text{O}_2} &= 10 (3 + x/4) = (30 + 5x/2) \text{ см}^3; \\ V_{\text{CO}_2} &= 30 \text{ см}^3; \quad V_{\text{пар}} = x/2 \cdot 10 = 5x \text{ см}^3. \end{aligned}$$

Пусть n — объем неиспользованного кислорода. Поскольку расширение составляет 5 см^3 , то конечный объем равен: $5 +$ исходный объем, т. е.:

$$\begin{aligned} 30 + 5x + n &= 5 + 10 + 30 + 5x/2 + n; \quad 5x/2 = 15; \\ x &= 6. \end{aligned}$$

и формула углеводорода C_3H_6 .

II. Взрыв 10 см^3 газообразного углеводорода C_xH_y с избытком кислорода сопровождается сжатием на 25 см^3 ; все объемы измерены при КТД. Обработка продуктов реакции раствором гидроксида натрия уменьшила объем на 20 см^3 . Какова формула углеводорода?

Решение. Уравнение реакции имеет вид:



Далее.

$$V_{\text{C}_x\text{H}_y} = 10 \text{ см}^3; \quad V_{\text{CO}_2} = xV_{\text{C}_x\text{H}_y}.$$

Как следует из уравнения реакции с NaOH , объем $V_{\text{CO}_2} = 20 \text{ см}^3$; таким образом, $x = 2$.

Пусть объем неиспользованного кислорода v . Тогда окончательный объем будет равен исходному за вычетом 25 см^3 . С учетом того, что $\text{H}_2\text{O} (\text{ж})$ есть жидкость при КТД и поэтому не вносит вклада в конечный объем газа, имеем:

$$20 + v = 10 + 10(x + y/4) + v - 25 = 10 + 20 + 5y/2 + v - 25; \quad y = 6.$$

Формула углеводорода C_2H_6 .

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ 7.3. РЕАКЦИИ МЕЖДУ ГАЗАМИ

1. Сжигание 10 см^3 углеводорода в 50 см^3 кислорода, взятого в избытке, сопровождается сжатием газов, охлажденных до $20 \text{ }^\circ\text{C}$, на 20 см^3 . Последующее уменьшение объема еще на 20 см^3 наступает при обработке оставшихся газов раствором гидроксида натрия. Найдите формулу углеводорода.

2. При сжигании 20 см^3 аммиака в избытке кислорода при $110 \text{ }^\circ\text{C}$ образуется $10 \text{ см}^3 \text{ N}_2$ и 30 см^3 паров воды. Найдите формулу аммиака.

3. Циан — это соединение углерода с азотом. При сжигании 250 см^3 циана в избытке кислорода образуется $500 \text{ см}^3 \text{ CO}_2$ и $250 \text{ см}^3 \text{ N}_2$. Найдите формулу циана.

4. 25 см^3 смеси метана и этана нацело окислено $72,5 \text{ см}^3$ кислорода. Найдите состав смеси.

7.2.8. ПАРЦИАЛЬНЫЕ ДАВЛЕНИЯ (ЗАКОН ДАЛЬТОНА)

Дальтон исследовал давления, создаваемые отдельными газами, образующими смесь. Поскольку воздух примерно на $\frac{4}{5}$ состоит из азота и на $\frac{1}{5}$ из кислорода, то $\frac{4}{5}$ давления воздуха обязано азоту и $\frac{1}{5}$ — кислороду.

Вклад давления каждого из газов в общее давление называют *парциальным давлением*. Последнее — это то давление, которое создавал бы газ, занимая он один все пространство сосуда.

Закон Дальтона *Закон Дальтона* (1801 г.) парциальных давлений гласит:

в смеси химически невзаимодействующих между собой газов общее давление их есть сумма парциальных давлений этих газов.

Это закон идеального газа. Парциальное давление каждого газа равно произведению общего давления на *молярную долю* (мол. долю).

Мол. доля — одно из понятий, используемых для выражения состава смеси. Для компонента **A** в смеси его с компонентом **B** она равна:

$$\text{Мол. доля } \mathbf{A} = \frac{\text{Число моль } \mathbf{A}}{\text{Число моль } \mathbf{A} + \text{число моль } \mathbf{B}} \quad V = \frac{n_{\mathbf{A}}}{n_{\mathbf{A}} + n_{\mathbf{B}}}.$$

Из закона Авогадро следует:

Вычисление
парциального давления

$$\frac{n_A}{n_A + n_B} = \frac{V_A}{V_{\text{общ}}}$$

Пример. 4,00 дм³ O₂ с давлением 400 кПа и 1 дм³ N₂ с давлением 200 кПа вводят в сосуд емкостью 2,00 дм³. Каково общее давление?

Решение. Сжатие кислорода от 4,00 дм³ до 2,00 дм³ сопровождается увеличением давления до:

$$400 \frac{4,00}{2,00} = 800 \text{ кПа,}$$

т. е. парциальное давление кислорода равно 800 кПа. Уменьшение же давления азота составляет:

$$200 \frac{1,00}{2,00} = 100 \text{ кПа,}$$

т. е. парциальное давление азота равно 100 кПа. Следовательно, общее давление в сосуде равно:

$$P_{\text{общ}} = p_{\text{O}_2} + p_{\text{N}_2} = 800 + 100 = 900 \text{ кПа.}$$

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ 7.5. ПАРЦИАЛЬНЫЕ ДАВЛЕНИЯ

1. Смешивают $50 \text{ см}^3 \text{ CO}_2$ при давлении $10^5 \text{ Н} \cdot \text{м}^{-2}$ и $150 \text{ см}^3 \text{ H}_2$ при том же давлении. Если давление смеси $1,00 \cdot 10^5 \text{ Н} \cdot \text{м}^{-2}$, каково давление p_{CO_2} ?
2. Состав в % (об.) газовой смеси, находящейся под давлением $1,01 \cdot 10^5 \text{ Н} \cdot \text{м}^{-2}$: 30CO ; 50O_2 и 20CO_2 .
 - а. Каковы парциальные давления каждого из газов?
 - б. Если CO_2 удалить из смеси обработки гидроксидом натрия, какими станут p_{O_2} и p_{CO} ?
3. В сосуд вместимостью 10 дм^3 введено: $4,00 \text{ дм}^3 \text{ CH}_4$ при $p_{\text{CH}_4} = 2,02 \cdot 10^5 \text{ Н} \cdot \text{м}^{-2}$; $12,5 \text{ дм}^3 \text{ C}_2\text{H}_6$ при $p_{\text{C}_2\text{H}_6} = 3,50 \cdot 10^5 \text{ Н} \cdot \text{м}^{-2}$ и $1,50 \text{ дм}^3 \text{ C}_3\text{H}_8$ при $p_{\text{C}_3\text{H}_8} = 1,01 \cdot 10^5 \text{ Н} \cdot \text{м}^{-2}$. Каково давление смеси?
4. Давление смеси состава в % (об.): 20NH_3 ; 55H_2 и 25N_2 равно $9,8 \cdot 10^4 \text{ Н} \cdot \text{м}^{-2}$.
 - а. Каковы парциальные давления каждого из газов?
 - б. Как изменятся p_{H_2} и p_{N_2} , если аммиак будет удален из смеси обработкой ее P_2O_5 (тв.)?

Скорость химической реакции. Зависимость скорости реакции от концентрации реагирующих веществ. Механизм реакции. Порядок и молекулярность реакции. Кинетические кривые реакций первого и второго порядков, определение константы скорости и порядка реакции по экспериментальным данным. Зависимость скорости реакции от температуры: правило Вант-Гоффа, уравнение Аррениуса. Представление о теории активных столкновений и теории активированного комплекса, физический смысл предэкспоненциального множителя в уравнении Аррениуса. Катализ.

Обратимые и необратимые химические реакции. Химическое равновесие. Константа химического равновесия. Смещение химического равновесия. Принцип Ле Шателье. Условия практической обратимости химических реакций.

Сформулируйте:

- Основной закон химической кинетики
- Правило Вант-Гоффа
- Основные положения теории активных столкновений
- Основные положения теории активированного комплекса
- Принцип Ле Шателье, условия смещения химического равновесия

Типовые расчеты:

- Вычисление скорости реакции по концентрациям реагирующих веществ.
- Определение порядка реакции.
- Влияние давления на скорость реакции.
- Определение изменения скорости реакции вследствие изменения температуры.
- Вычисление изменения времени протекания реакции при изменении температуры.
- Определение температурного коэффициента реакции.
- Вычисление энергии активации реакции.
- Вычисление константы равновесия реакции по равновесным концентрациям реагирующих веществ и определение их исходных концентраций.
- Вычисление константы равновесия реакции по парциальным давлениям реагирующих веществ.
- Вычисление равновесных концентраций реагирующих веществ.
- Определение изменения энергии Гиббса реакции по величине константы равновесия.
- Влияние изменения концентрации реагирующих веществ на смещение равновесия.
- Влияние изменения температуры на смещение химического равновесия.
- Вычисление равновесных концентраций реагирующих веществ после смещения равновесия.