

**Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников
по химии
2024 -2025 учебный год
11 класс
Максимальный балл – 100 баллов**

Задание 11.1.

Один из методов определения эмпирической формулы органического соединения заключается в проведении полного сгорания образца и анализе полученной смеси продуктов. Результат горения органических веществ в кислороде зависит от условий, в которых это происходит. Когда имеется избыток кислорода, образуются диоксид углерода и вода; но если кислород находится в недостатке результатом реакции кроме вышеперечисленных соединений может быть углерод и оксид углерода (II).

Образец твердого органического вещества А массой 4,7 г был помещен в предварительно вакуумированный сосуд емкостью 2,00 л. В сосуд добавляли кислород до достижения давления 390,4 кПа при 25°C. После воспламенения был получен твердый остаток черного цвета массой 0,240 г. Кроме того, образовалось 11,0 г углекислого газа и 2,70 г воды, и было доказано, что весь кислород был израсходован.

Вопросы.

1. Как Вы считаете, сгорание происходило при избытке или недостатке кислорода? Определите продукты сгорания.
2. Проведите соответствующие расчеты и найдите молекулярную формулу А. Давлением водяного пара и объемом твердых частиц можно пренебречь.
3. Определите структурную формулу А, если известно, что данное соединение реагирует со щелочами и не вступает в реакции с галогенводородами. Приведите название данного соединения.
4. Напишите не менее 4-х принципиально разных уравнений реакций, которые характеризуют свойства данного соединения

Примечание

Уравнение Менделеева- Клайперона: $PV = nRT$,

где P – давление (кПа), V – объем (л), n – количество моль, R= 8,31 Дж/(моль·К) – универсальная газовая постоянная, T – температура в градусах Кельвина ($T^{\circ}K = t^{\circ}C + 273,15$)

Задание 11-2

В соответствии с молекулярно-кинетической теорией длина свободного пробега молекулы в газе между двумя столкновениями l определяется числом

молекул в единице объема n и диаметром молекулы d: $l = \frac{1}{\sqrt{2}\pi d^2 n}$.

Для кислорода при нормальных условиях $l = 6,3 \cdot 10^{-6}$ см.

В 1865 году немецкий ученый Лошмидт, обратив внимание на несжимаемость жидкостей, предположил, что это связано с плотной упаковкой молекул в жидкости, то есть количество молекул в единице объема жидкости равно: $n_L = \frac{1}{d^3}$, а отношение

плотности газа к плотности жидкости равно: $\rho_{gas} / \rho_L = nd^3$.

Воспользовавшись этими формулами, Лошмидт впервые оценил размеры молекул и их количество в 1 см^3 — число Лошмидта.

Вопросы.

1. Зная, что плотность газообразного кислорода при нормальных условиях составляет $1,43 \cdot 10^{-3} \text{ г/см}^3$, а жидкого кислорода при температуре кипения $1,14 \text{ г/см}^3$, определите диаметр молекулы кислорода.
2. Выведите формулы для определения числа молекул кислорода:
 - через формулу для определения длины свободного пробега молекулы;
 - через формулы для соотношения плотностей.

Определите число молекул кислорода в 1 см^3 , используя выведенные Вами формулы.

3. Какое количество моль кислорода содержится при н.у. в 1 см^3 ?
4. Какой объем (в см^3) займет данное количество при $t = 20^\circ\text{C}$ и давлении 2 атм.
5. В литературе приводятся данные о постоянной Лошмидта для идеального газа: число молекул (или атомов в случае атомарного газа) в 1 см^3 вещества, находящегося в состоянии идеального газа при нормальных условиях. Найдите данное число, используя значения молярного объема идеального газа при нормальных условиях и число Авогадро

Примечания.

1. Нормальные условия: давление 101325 Па (1 атм) и температура $273,15 \text{ К}$ (0°C).
2. Число Авогадро: $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$

Задание 11.3. (максимум 20 баллов)

Серная кислота является сильной двухосновной кислотой и диссоциирует в водном растворе по двум ступеням, причём по первой ступени как сильная кислота с $\alpha_1 = 100\%$, а по второй ступени как кислота средней силы с константой диссоциации $K_{a2} = 0,0112$.

Вопросы

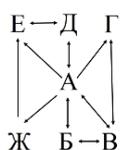
1. Определите молярную концентрацию H_2SO_4 в растворе, рН которого равен 1,5, если степень её диссоциации по второй ступени $\alpha_2 = 26,2\%$.
2. Какова массовая концентрация H_2SO_4 в данном растворе в % (плотность раствора $\rho = 1,015 \text{ г/см}^3$)?
3. Запишите уравнения диссоциации серной кислоты по 2-м ступеням.

Примечание

1. $K_{a2} = [\text{H}^+] \cdot [\text{SO}_4^{2-}] / [\text{HSO}_4^-]$
2. $\alpha_2 = \Delta C(\text{HSO}_4^-)_2 / C^0(\text{HSO}_4^-)$, где $C^0(\text{HSO}_4^-)$ – молярная концентрация гидросульфат аниона, образовавшаяся в результате диссоциации серной кислоты по первой ступени
3. $\text{pH} = -\lg[\text{H}^+]$

Задание 11-4

Перед Вами представлена схема превращений вещества А.



1. Известно, что газ А является фитогормоном и влияет на созревание плодов.

- Соединения Г и Ж имеют одинаковый состав ($w(O) = 36,36\%$) и образуются при взаимодействии газа А с кислородом.
- Соединение Е ($w(O) = 51,61\%$) также образуется при окислении А.
- Соединения Б и Д содержат хлор. Причем в соединении Д массовая доля хлора в 1,3 раза больше, чем в Б.

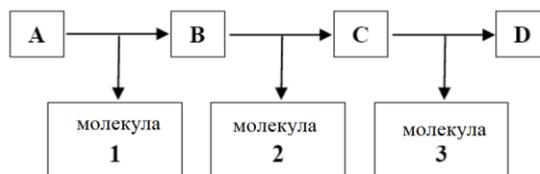
Вопросы.

- Определите вещества А – Ж. Приведите их названия. Выводы подтвердите расчетами.
- Напишите все уравнения реакций, обозначенные стрелками.
- Укажите условия получения веществ Г и Ж.

Задание 11-5 (мысленный эксперимент)

Опыт 1

Термогравиметрический анализ включает измерение массы образца при нагревании. Соединение А разлагается при повышении температуры с образованием ряда соединений В, С и D, каждое из которых содержит кальций. На каждой стадии также выделяется небольшая молекула (обозначенная молекулами 1, 2 и 3 соответственно), что приводит к уменьшению массы каждого последующего соединения.



Масса каждого соединения, выраженная в процентах от первоначальной массы вещества А, указана в таблице ниже.

Соединение	Процент оставшегося от первоначальной массы А
А	100,0
В	87,67
С	68,50
Д	38,38

Газ, выделившийся при нагревании вещества С, пропустили через известковую воду, в результате выпал осадок, который растворился при дальнейшем пропускании газа.

Вопросы.

- Определить все соединения, представленные на схеме, привести названия и формулы данных соединений.
- Представить необходимые расчеты.
- Написать уравнения всех реакций.

Опыт 2

1,946 г дигидрата щавелевой кислоты растворили в воде и довели объем раствора до 250,0 мл в мерной колбе. Для полной нейтрализации на 20,00 мл раствора щавелевой кислоты, указанного выше, требуется 18,57 мл раствора гидроксида натрия.

Вопросы

- Определить концентрацию гидроксида натрия (моль/л)
- Привести уравнение реакции