



Всероссийская химическая олимпиада  
«Формула Единства» / «Третье тысячелетие»  
2020—2021 учебный год. Отборочный этап



Работы сдаются в электронном виде (например, в виде doc-файлов с текстом или сканов), подробности на странице [formulo.org/ru/olymp/2020-chem-ru](http://formulo.org/ru/olymp/2020-chem-ru). Последний день сдачи — **10 декабря 2020 года**.

Работы должны быть сделаны самостоятельно. В большинстве задач нужны не только ответы, но и полные обоснования. В работе не должны содержаться личные данные участника, то есть **подписывать работу не следует**.

## Задачи для 10 класса

### Задача 10.1

Максимальный балл: **30**. Автор: **Калиничев А. В.**

При разложении 3,00 г желтого вещества **A** при температуре 200°C получили газ объёмом 934 мл (н.у.) и 1,61 г чёрного твёрдого вещества **B** (реакция 1). При пропускании газа через избыток раствора едкого натра его объём уменьшился в 1/3 раза, при этом масса раствора изменилась на 0,61 г.

1. Определите вещества **A** и **B**, ответ подтвердите расчетом.
2. Запишите разложение **A** при 200°C (реакция 1).

Разложение вещества **A** при более высокой температуре (400°C) — один из лабораторных способов получения пирофорного вещества **X** (реакция 2). При этом для получения 0,72 г вещества **A** необходимо добавить избыток карбоновой кислоты **Y** к 0,28 г веществу **X** (реакция 3).

3. Определите вещества **X** и **Y**.
4. Запишите разложение **A** при 400°C (реакция 2) и получение вещества **A** (реакция 3).

### Задача 10.2

Максимальный балл: **30**. Автор: **Калиничев А. В.**

На химических предприятиях большая доля химических реакций проводится в газовой фазе. Для описания физико-химических характеристик газа в первом приближении можно воспользоваться уравнением состояния идеального газа, или уравнение Менделеева-Клапейрона:

$$pV = nRT,$$

где  $p$  — давление газа,  $V$  — его объём,  $n$  — количества вещества,  $T$  — температура,  $R$  — коэффициент пропорциональности, универсальная газовая постоянная, равная  $8,314 \frac{\text{кПа}\cdot\text{л}}{\text{моль}\cdot\text{К}}$ . Однако далеко не все газы ведут себя в реальных условиях, как идеальные. Поэтому в конце 19 века голландский учёный Й.Д. Ван дер Ваальс предложил следующее уравнение состояния реального газа

$$\left(p + \frac{n^2 a}{V^2}\right)(V - nb) = nRT,$$

где поправки  $a$  и  $b$  учитывают отклонения от идеальности.

1. По уравнению Менделеева-Клапейрона рассчитайте объём 1 моля любого идеального газа при нормальных условиях (0°C, 1 атм). Сравните полученное значение с известными вам величинами.
2. Определите размерности параметров  $a$  и  $b$ .
3. Предположите, с чем связаны отклонения от идеальности и какие физико-химические параметры газа учитывают данные поправки: какой параметр отвечает за отталкивание частиц, а какой за притяжение. Ваше предположение объясните.

Для 1 моль некоторого вещества экспериментально были получены следующие данные: при  $T = 373$  К давление газа составило 13,20 атм, а молярный объём  $V_1 = 2,24$  л.

4. Найдите параметр  $a$ , приняв  $b = 0,0427$  [ед.], а также давление, которое оказывает один моль исследуемого газа при 424 К, если его молярный объём равен 0,224 л.

Некоторое молекулярное вещество **X** массой 2,214 г при  $-30^\circ\text{C}$  и 5 атм занимает объём, равный 490,0 мл.

5. Определите вещество **X**, считая, что  $a = 422,5$  и что произведение  $nb$  пренебрежимо мало. Рассчитайте, какая была бы погрешность (в %) при определении объёма **X** данной массы по уравнению Менделеева-Клапейрона.

### Задача 10.3

Максимальный балл: 30. Автор: Попов Р. А.

Изомерные органические соединения **X** и **Y** не реагируют с бромной водой и хлороводородом. **X** образует единственное монобромпроизводное **X**<sub>1</sub>, **Y** может образовывать 4, но взаимодействие **Y** с бромом на свету преимущественно (с выходом > 95%) дает один продукт **Y**<sub>1</sub>. плотность паров веществ **X** и **Y** по аргону равна 2.1.

Вещество **Z**, структурно похожее на **X**, не реагирует ни с бромной водой, ни с чистым бромом. Взаимодействие с хлором приводит к соединению **Z**<sub>1</sub>, массовая доля хлора в нем 73,20%. Продукты полного сгорания **Z** имеют плотность 1,096 г/л (120°C, атмосферное давление).

1. Определите все вещества (6 штук), состав **X**, **Y**, **Z**, **Z**<sub>1</sub> подтвердите расчетом.
2. Как можно получить **Z** из **X**? Напишите реакцию.
3. В каких условиях можно получить монобромпроизводное **Z**?

**Примечание:** считайте, что все газообразные вещества подчиняются уравнению состояния идеального газа.