

**LXXVII Московская олимпиада школьников по химии**  
**Заключительный этап**                      **теоретический тур**                      **27.02 2021**  
**11 класс**

**Общие указания:**

- *из предложенных шести задач оцениваются пять с наибольшим баллом*
- *если в задаче требуются расчёты, они обязательно должны быть*

**Задача 1**

Какой объем (при н.у.) углекислого газа должен поглотить 1 литр 2%-ного раствора гидроксида натрия (плотность 1,02 г/мл), чтобы рН полученного раствора стал равен 10,0? Изменением объема раствора при поглощении газа пренебречь.

Какой объем 0,10 М соляной кислоты пойдет на титрование 10 мл полученного раствора при использовании фенолфталеина в качестве индикатора? Что будет, если вместо фенолфталеина использовать метилоранж? Запишите уравнения всех протекающих реакций.  
 $K_{a1}(\text{H}_2\text{CO}_3) = 4,27 \cdot 10^{-7}$  ,  $K_{a2}(\text{H}_2\text{CO}_3) = 4,68 \cdot 10^{-11}$

**Задача 2**

Смесь двух безводных хлоридов **F** и **G** массой 30 г растворили в 300 г воды и разделили полученный раствор на три равные части. К первой порции раствора прибавили избыток водного раствора нитрата серебра. При этом выпало 25,859 г белого творожистого осадка нерастворимого в азотной кислоте. Ко второй порции прибавили избыток раствора сульфида натрия. При этом выпало 1,401 г черного осадка. К третьей порции раствора по каплям прибавили 100 г 5% раствора гидроксида натрия. При этом выпадение осадка не наблюдалось, однако произошло изменение окраски раствора. Определите вещества **F** и **G**, и рассчитайте их массовые доли в исходной смеси, если известно, что молярная масса **F** больше молярной массы **G**. Запишите уравнения описанных реакций. При расчетах используйте точные значения атомных масс.

**Задача 3**

Твердое белое вещество **A** поглощает углекислый газ и в растворе, и в твердом виде, причем 10 г **A** способны поглотить 2,0 л (н.у.) углекислого газа. При этом образуется вещество **B** с ионной кристаллической решеткой. Взаимодействие **B** с веществом **B** приводит к образованию соединения **Г** с молекулярной решеткой и вещества **Д** с ионной решеткой. В определенных условиях вещество **Г** разлагается с выделением углекислого газа и образованием вещества **Е** широко применяемого в органическом синтезе. Определите неизвестные вещества **A–E**, если известно, что вещество **Д** окрашивает пламя в фиолетовый цвет, вещество **A** не самовоспламеняется на воздухе, а вещество **B** представляет собой бесцветный газ с плотностью 4,045 г/л (при температуре 25 °С и давлении 1 атм).

**Задача 4**

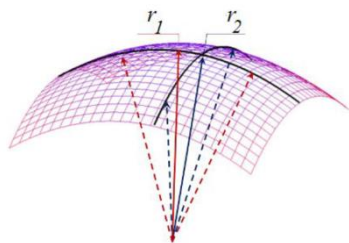
Летучее органическое вещество **I**, ранее применявшееся в качестве анестетика, состоит из трех элементов и имеет относительную плотность паров по водороду около 65,75. Гидролиз соединения **I** водным раствором серной кислоты при повышенной температуре

приводит к образованию соединения **II**, обладающего кислотными свойствами (*реакция 1*). Вещество **III**, представляющее собой натриевую соль **II**, реагирует с водным раствором нитрита натрия, давая органическое вещество **IV**, состоящее из четырех элементов, а также неорганические вещества **V** и **VI**, которые можно встретить практически на любой кухне (*реакция 2*).

При взаимодействии вещества **IV** с метоксибензолом в присутствии полифосфорной кислоты образуется соединение **VII**, состоящее из тех же элементов, что и вещество **IV** (*реакция 3*). Если вещество **VII** обработать подкисленным водным раствором нитрита натрия образуется состоящее из трех элементов соединение **VIII** (*реакция 4*), практически нерастворимое в воде, но растворимое в водном растворе гидроксида натрия. Определите неизвестные вещества **I–VIII** и запишите уравнения реакций *1–4*, если известно, что вещество **VI** в промышленности получают из вещества **V**, а молярная масса вещества **VIII** больше молярной массы вещества **VII** на 1 г/моль.

### Задача 5

Капиллярные эффекты играют важную роль в различных областях химии и химической технологии. Основой капиллярных эффектов является неравенство давлений между фазами, разделенными искривленной поверхностью. Для количественного описания кривизны поверхности применяют понятие средней кривизны  $K$ :



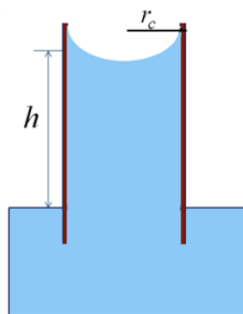
$$K = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2},$$

где  $K$  – средняя кривизна,  $r_1$  – максимальный радиус кривизны,  $r_2$  – минимальный радиус кривизны

Разница давлений между паром и жидкостью, разделенными криволинейной поверхностью раздела описывается законом Лапласа:

$$p_{\text{пар}} - p_{\text{жидк}} = \sigma K,$$

где  $\sigma$  – поверхностное натяжение жидкости,  
 $K > 0$ , если центр кривизны в паровой фазе,  
 $K < 0$ , если центр кривизны в жидкой фазе



1. Цилиндрический стеклянный капилляр поместили в воду (см. рисунок слева). На какую высоту поднимется вода в капилляре радиусом  $r_c = 0,5$  мм, если ее поверхностное натяжение  $\sigma$  составляет  $0,072$  Н/м? Смачивание считайте полным. Плотность воды примите за  $1$  г/мл. Плотностью воздуха пренебrecь. Ускорение свободного падения  $9,8$  Н/кг.
2. Качественно изобразите, что будет, если погрузить в воду капилляр, изготовленный из тефлона.

Как было показано выше, давления в сосуществующих фазах, разделенных искривленной поверхностью, различаются. Следовательно, давление насыщенного пара над искривленной поверхностью будет зависеть от кривизны этой поверхности. Описывается эта зависимость уравнением Кельвина:

$$p_K = p_{K=0} \cdot e^{-\frac{V_m^{\text{жидк}} \sigma K}{RT}},$$

где  $p_K$  – давление насыщенного пара над криволинейной поверхностью,  $p_{K=0}$  – давление насыщенного пара над плоской поверхностью,  $V_m^{\text{жидк}}$  – молярный объем жидкости

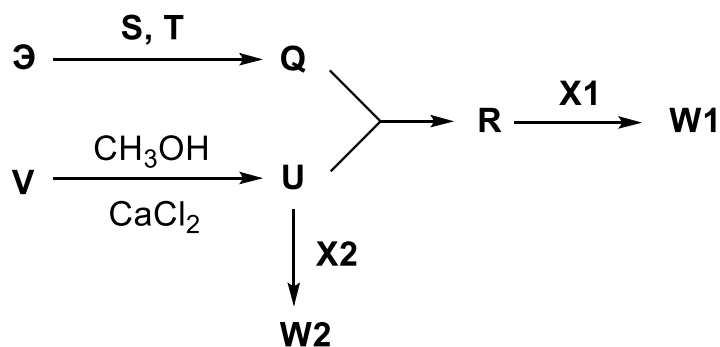
3. Условия проведения химического синтеза требует поддержания в реакторе относительной влажности не более 10%. Для снижения влажности в реакторе используется цеолит (пористый каркасный алюмосиликат), полностью смачиваемый водой. Определите максимальный диаметр пор цеолита, при применении которого будут удовлетворены требуемые условия по влажности. Для решения задачи поры цеолита считать цилиндрическими. Температура проведения синтеза 25°C.

### Задача 6

Смесь соединений **Q** и **R**, содержащих элементы **Э** и **Ю** соответственно, применяется как компонент специальных топлив для самолетов и ракет.

Жидкость **Q** получают, нагревая порошок простого вещества **Э** в атмосфере двух газов **S** и **T**, каждый из которых легче воздуха. Жидкость **R** получают из **Q** и соединения **U**, содержащего элемент **Ю**. Жидкость **U** может быть легко получена из доступного соединения **V**, при нагревании с метанолом и хлоридом кальция.

Вещество **R** также используют для получения реагента **W1**, являющегося сильным восстановителем. Для превращения **R** в **W1** используют вещество **X1**. Вещество **U** также применяется для получения другого сильного восстановителя – реагента **W2**, для этого используют вещество **X2**. Реагенты **X1** и **X2** получают с использованием газа **T**, а молярная масса **X1** в 3 раза меньше молярной массы **X2**.



1. Определите элементы **Э** и **Ю**, а также неизвестные вещества **Q**, **R**, **S**, **T**, **U**, **V**, **W1**, **W2**, **X1**, **X2**.
2. Сравните восстановительную способность реагентов **W1** и **W2**, приведите пример реакции, в которой может использоваться реагент **W1**.
3. Какую роль играет хлорид кальция при получении **U**?