



*Задания муниципального этапа  
всероссийской олимпиады школьников*

*по химии*

*2018-2019 учебного года*

*Республика Башкортостан*

*10 класс*

*Уважаемые участники!*

*Вы можете решать задания не по порядку, однако вам необходимо крупно указывать, ответ на какую задачу вы даете фразой «Задача №». Также не забывайте указывать пункт, на который вы отвечаете. Будьте внимательны: учитывайте, что именно от вас требуется в вопросе, не забывайте о подтверждении расчетами, где это требуется. Будьте уверены, каждый школьник сможет решить какую-то часть задачи: если у вас возникают трудности, переходите к следующим заданиям (вернётесь в конце, если у вас останется время).*

*Информация о олимпиаде, решения и задания, ссылка на вебинар по разбору задач появятся на официальном сайте: [vosh.tilda.ws](http://vosh.tilda.ws)*

*Приглашаем вас принять участие в олимпиадах Федерального перечня, дающих льготы при поступлении в вузы. Информацию об олимпиадах можете найти на сайте республиканского центра подготовки к олимпиадам: [rilirb.ru](http://rilirb.ru), а также [olimpiada.ru](http://olimpiada.ru), [rsr-olymp.ru](http://rsr-olymp.ru)*

*Желаем вам интересной олимпиады и плодотворного участия!*

## **Задача 10-1. (15 б.) Коллигативные свойства растворов с YouTube**

Видеоблоггер Александр Иванов (канал «Химия – просто» на YouTube) снял видео, наглядно объясняющее понятие осмоса. В видео проделывается простой эксперимент: одинаковые кубики картофеля опускаются в сильносоленый водный раствор и в дистиллированную воду. Первый кубик сжался, а второй – увеличился в объёме. Дело в осмосе. Явление осмоса заключается вот в чем: если по разные стороны полупроницаемой мембраны поставить два раствора с разными концентрациями солей, то



растворитель устремится из раствора с меньшей концентрацией в раствор с большей концентрацией, чтобы выровнять концентрацию с обеих сторон. При этом мембрана пропускает молекулы растворителя, не пропуская молекулы солей. Согласно Вант-Гоффу, величиной осмотического давления ( $\pi$ ) считается величина гидростатического давления на раствор, достаточного для прекращения осмоса.  $\pi = cRT$ , где  $c$  – молярная концентрация частиц примеси (моль в объеме раствора),  $T$  – температура,  $R$  – универсальная газовая постоянная, равная  $8,314 \text{ Па}\cdot\text{м}^3/(\text{моль}\cdot\text{К})$ .

1. Рассчитайте осмотическое давление сладкого раствора (126 г. сахарозы ( $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ ) в литре воды) при  $20^\circ\text{C}$ , учитывая, что сахароза в растворе представлена молекулами сахарозы, а плотность раствора равна плотности воды.
2. Рассчитайте осмотическое давление раствора 26 г. поваренной соли объемом 1 литр при  $20^\circ\text{C}$ .

Измерение осмотического давления используется для определения молярной массы веществ.

3. Вычислите молярную массу гемоглобина, если раствор 20 г. гемоглобина в 1 л. воды имеет осмотическое давление  $761,964 \text{ Па}$  при  $25^\circ\text{C}$ .

Интересно, что явление осмоса является коллигативным свойством раствора, т.е. величина его не зависит от природы примеси, а зависит лишь от соотношения числа частиц примеси и растворенного вещества. Другим примером коллигативного свойства является, например, повышение температуры кипения вещества при растворении в нем каких-либо примесей. Изменение температуры кипения выражается формулой:  $\Delta T = E m$ , где  $E$  – эбулиоскопическая константа, зависящая от свойств растворителя,  $m$  – число моль частиц на кг растворителя.

4. Спиртовой раствор йода имеет при нормальных условиях осмотическое давление  $197,2 \text{ кПа}$ . При какой температуре закипает этот раствор, если эбулиоскопическая постоянная этилового спирта ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ )  $E=1,16 \text{ К}\cdot\text{кг}/\text{моль}$ , плотность раствора  $0,79 \text{ г}/\text{см}^3$ , температура кипения спирта  $78,3 \text{ }^\circ\text{C}$ ?

Другой пример коллигативного свойства раствора – изменение давления насыщенного пара над раствором, которое описывается законом Рауля:  $\frac{P-p}{P} = x$ , где  $P$  – давление насыщенного пара чистого растворителя,  $p$  – давление насыщенного пара раствора, а  $x$  – мольная доля растворенного вещества (отношение числа молей примеси к общему числу молей частиц в растворе).

5. Найдите давление насыщенного пара раствора йода из вопроса 3 при  $20^\circ\text{C}$ , если давление насыщенного пара этилового спирта при этой температуре составляет  $10,4566 \text{ кПа}$ .

**Задача 10-2. (20 б.)** В последнее время много говорят об изотопе **A** благородного газа **B**, нашедшего применение во многих областях

промышленности, особенно известно его применение в различного рода торжествах. **A** - основа ядерной энергетики будущего. О данном элементе **A** даже снимают фантастические фильмы. Интерес к изотопу **A** усилился после того, как стало ясно, что человечество вплотную приблизилось к серьезному энергетическому кризису. Элемент **B** имеет два изотопа, **A** состоит из двух протонов и одного нейтрона, второй изотоп **C** имеет два протона и два нейтрона. На Земле запасы **A** совсем ничтожны и составляют 0,000137% от общего количества элементов. Луна обладает огромными запасами **A**. Ядерные реакции, протекающие с участием **A**, в отличие от других ядерных реакций, идут с выделением не нейтронов, а протонов, следовательно, с применением изотопа **A** не возникает проблема утилизации и захоронения ядерных отходов. Одна тонна **A** может заменить 20 млн тонн нефти, что позволит в течение года обеспечивать выходную мощность АЭС в 10 ГВт. Можно с уверенностью сказать, что **A** – энергия будущего.

1. Напишите структурные формулы **A-C**.
2. Напишите уравнение ядерной реакции, по которой происходит получение **A** при распаде трития.
3. Допишите реакцию  $A + {}^2\text{H} \rightarrow C + p + 18 \text{ МэВ}$ , объясните ее преимущества?
4. Напишите уравнение реакции получения **C** слиянием изотопов водорода.
5. Напишите уравнения реакций **B** с хлором и литием.
6. Степень окисления элемента **B**, степень окисления в соединениях с хлором и литием?
7. Вычислите период полураспада ( $t_{1/2}$ ) вещества **X**, если вначале количество составляет 1500 г, а в конце составляет 1000 г, время, которое прошло, составляет 100 минут.

Справка. Формула для вычисления периода полураспада:  $t_{1/2} = t \cdot \ln(2) / \ln(N_0/N_t)$ . В этой формуле:  $t$  - прошедшее время,  $N_0$  - начальное количество вещества и  $N_t$  - количество вещества через прошедшее время.

### Задача 10-3. (35 б.) Просточепочка

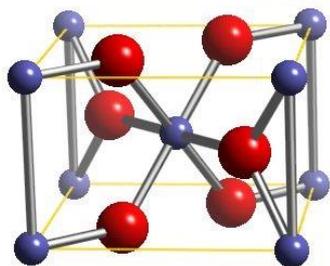
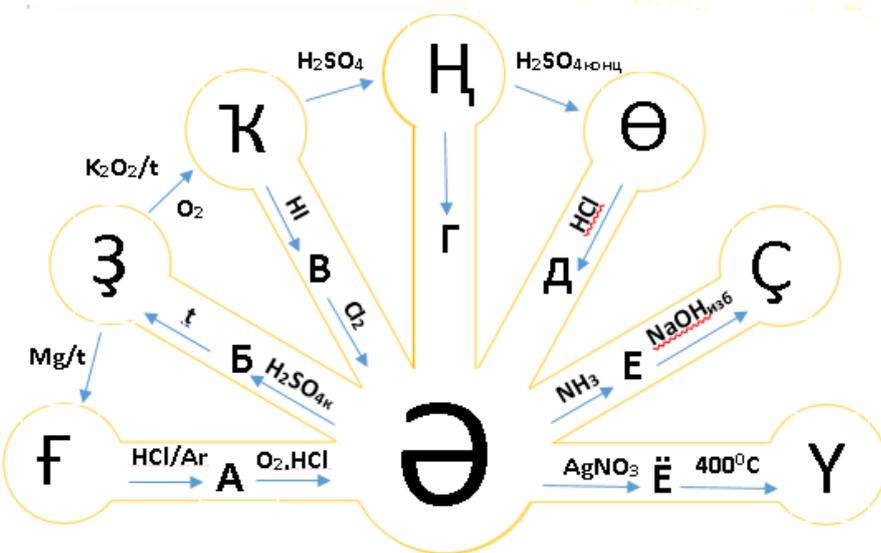
*Тәзәу бурысы – акыл сәсә, бурысы булыу - акыл йыя.*

*(Создавать цепочку – сеять мудрость, разгадывать её – собирать мудрость)*

*Кристаллогидраты... Они повсюду!*

В этой задаче вам предлагается решить цепочку, связанную с соединениями **F**. **F** впервые был выделен из уральской “красной свинцовой руды”. Он представляет из себя голубовато-серебристое тугоплавкое вещество. Свойства его очень серьезно зависят от наличия примесей, к примеру, он становится хрупким при наличии в его

составе углерода. Однако сейчас нашел применение как добавка к различным сплавам. Его присутствие повышает стойкость сплава к коррозии и окислению, сопротивление к абразивному износу, обеспечивает прочность при повышенных температурах.



При растворении навески **Г** массой 456 мг в соляной кислоте в аргоновом боксе выделилось 196,4 мл легкого газа(н.у.) и образовался раствор **А** (1). Если этот раствор вынести из бокса, то под влиянием воздуха он быстро приобретает зеленоватую окраску, превращаясь в **Ө** (2), поскольку степень окисления **Г** в **Ө** является наиболее устойчивой для этого элемента. **Ө** можно растворить в недостатке

концентрированной серной кислоты, при этом будет получено **Б**. При разложении **Б** (3) степень окисления **Г** не изменилась, но остался твердый зеленый порошок **З**(массовая доля **Г** 68,4%), который при восстановлении магнием образует **Ф**(4). А при сплавлении **З** с пероксидом натрия в присутствии кислорода образовалась **К**(5), соль кислоты, образованной **Г** в степени окисления в два раза

больше, чем в **Э**. В кислой среде две молекулы **К** претерпевают конденсацию с получением **Н**(массовая доля кислорода 42,75%)(6). Вещество **Н** является сильным окислителем, к примеру, 100 г 18,37% раствора **Н** в серной кислоте может растворить взвесь 2 г серы при кипячении.(7) При выпаривании полученного раствора, содержащего смесь двух солей, могут быть получены кристаллы вещества **Г**(массовая доля **Г** 10,42%). Также, если взять раствор **К**, и добавить к нему иодоводородной кислоты, раствор приобретает буро-зеленую окраску, выпадает бурый осадок.(8) А при обработке полученного **В** хлором образуется **Ө**(9). Высокотоксичный красный порошок оксида **Ө** можно получить, если растворить **Н** в концентрированной серной кислоте при охлаждении(10). **Ө** способен реагировать с сухим хлороводородом, образуя **Д**(массовая доля **Г** 33,55%)(11). **Э** проявляет амфотерные свойства: так, при обработке **Э** раствором аммиака образуется зеленый осадок **Е**, который можно растворить в избытке щелочи с образованием **С**(12). **Г** имеет также ряд соединений в других степенях окисления. К примеру, если нагревать просушенную соль **Ё** при температуре  $400^\circ C$  можно получить бинарное соединение **У**(13). Его элементарная ячейка кристаллической решетки изображена справа.(см.справку).**Ё**, содержащая 72%

кислорода, может быть получена при выпаривании смеси растворов нитрата серебра и **Ә**.

Справка: Большинство твёрдых веществ имеет кристаллическое строение, которое характеризуется строго определённым расположением частиц. Если соединить частицы условными линиями, то получится пространственный каркас, называемый кристаллической решёткой. Элементарной ячейкой называется ячейка, имеющая минимально возможный объём и обладающая всеми свойствами кристаллической решетки. Во всех направлениях к граням ячейки прилегают другие такие же. То есть, каждый атом принадлежит нескольким ячейкам.

1. Укажите формулы всех веществ и напишите уравнения реакций, отмеченных номерами.
2. Плотность  $\gamma$  равна  $4,89 \text{ г/см}^3$ . Ребра решетки равны  $a, b = 0,4422 \text{ нм}$ ,  $c = 0,2918 \text{ нм}$  ( $1 \text{ нм} = 10^{-9} \text{ м}$ )  
Подтвердите расчетом его формулу.

**Задача 10-4. (20 б.)** Ценное сырьё **А**, для производства высокооктанового моторного топлива получают каталитическим алкилированием предельного соединения **В**, имеющим третичный атом углерода с веществами изомерами **С** и **Д** нормального строения в присутствии протонных кислот ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ). При этом получается смесь изооктанов **А**, **Е** и **Ф**. Причина несоответствия строения продуктов состоит в особенностях механизма реакции, осложненной процессами изомеризации. Вторичный карбкатион **Г**, образующийся из вещества **С** или **Д** под действием катализатора, менее стабилен, вследствие чего происходят быстрый обмен гидрид-иона с веществом **В**, причем образующийся при этом *трет*-карбкатион **Н** взаимодействует далее с веществом **Д**, образуя карбкатион **И**, склоненный к внутримолекулярным перегруппировкам, сопровождающимся миграцией водорода и метильных групп с образованием смеси карбкатионов **Ж**, **К** и **Л** (любой возможный состав карбкатионов с длиной цепи  $\text{C}_5$ ). Карбкатионы **Ж**, **К** и **Л** далее взаимодействуют с веществом **В**, в результате чего получают смесь изооктанов **А**, **Е** и **Ф** и *трет*-карбкатионов **Н**, обеспечивающих протекание ионно-цепного процесса. Следует отметить, что промежуточно образующиеся карбкатионы **Ж**, **К** и **Л** также способны к реакциям с веществом **С**, образуя побочные продукты-изомеры **М**, **Н** и **О** состава  $\text{C}_{12}\text{H}_{25}^+$ . Так происходят последовательно-параллельные реакции алкилирования. Еще одна побочная реакция – это катионная полимеризация веществ **С** и **Д**, при которой получают низкомолекулярные ненасыщенные полимеры **Р**, и **Q** состава  $\text{C}_8\text{H}_{16}$ .

1. Напишите структурные формулы соединений **А–Q**.
2. Напишите уравнения полимеризации **С** и **Д**.