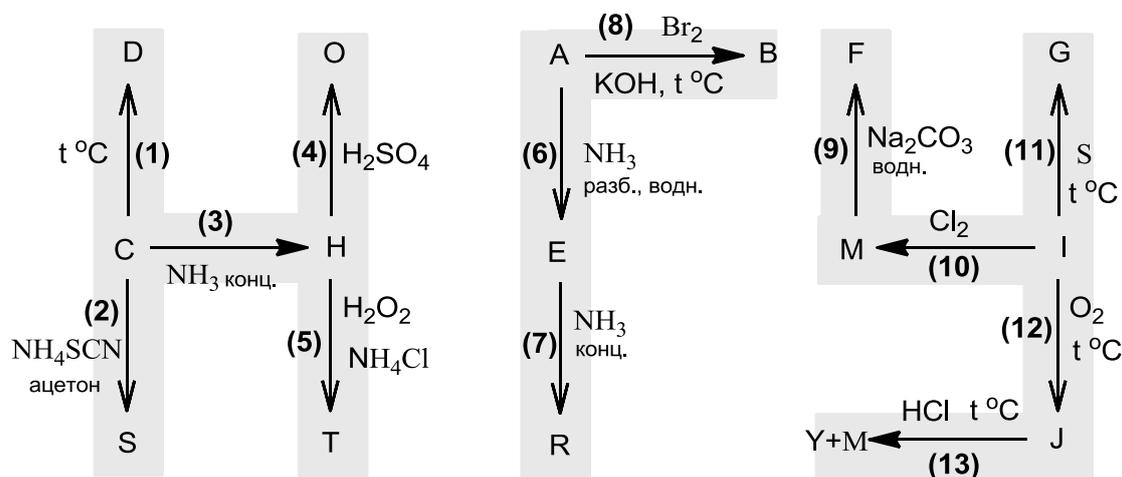
**Задание 1.** «НГУ и химия».

«Мы не сделаем вас умнее, мы научим вас думать!»

Девиз Новосибирского государственного университета (НГУ)

Вашему вниманию предложена схема, в которой показаны взаимопревращения соединений трех элементов Периодической системы (ПС). В каждой из трех больших русских букв латинскими буквами зашифрованы соединения одного из этих трех элементов. Про сами элементы известно, что они входят в одну группу ПС и составляют триаду широко известных металлов.



Один из металлов (на схеме он обозначен буквой **I**) вообще известен человеку с древних времен и даже дал название условному «веку», продолжавшемуся с 1200 г до н.э. по 340 г н.э. Соединения второго металла ещё в древнем Египте использовались для изготовления эмали, краски и стекла. Третий же металл был получен в чистом виде лишь в 18 веке, но имеются данные, что его соединения с давних пор применялись в стекловарении для придания стеклу зеленого цвета.

Известно, что вещество **C** обладает розовой окраской и реагирует с раствором нитрата серебра (реакция **14**) с образованием белого творожистого осадка, растворимого в растворе аммиака (**15**). При нагревании соединение **C** теряет 45,4 % своей массы и превращается в безводную соль **D** синего цвета с массовой долей металла 45,4 %. В веществе **S** массовая доля металла составляет 18,00 %.

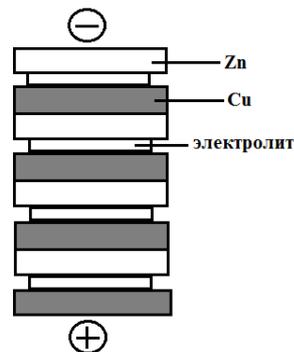
Также известно, что раствор соли **A** зеленого цвета реагирует с раствором нитрата бария (**16**) с образованием белого осадка, не реагирующего с соляной кислотой. Массовая доля металла в безводной соли **A**, имеющей бледно-желтый цвет, составляет 37,94 %. В реакции водного раствора **A** с недостатком или разбавленным водным раствором аммиака (**6**) образуется зеленый осадок **E**, растворяющийся в избытке или в концентрированном растворе аммиака (**7**).

Про вещество **J** известно, что оно получается при горении металла **I** в кислороде (**13**).

1. Установите три неизвестных металла. В какой группе периодической системы они находятся? Укажите, в какой из русских букв зашифрованы соединения каждого из металлов.
2. Расшифруйте схемы превращений (напишите формулы и названия неизвестных веществ).
3. Напишите уравнения реакций, приведенных на схеме и описанных в условии задачи (**1-16**).
4. Из приведенных на схеме латинских букв можно составить фразу из двух слов на английском языке (для неё не надо использовать все буквы). Приведите зашифрованную фразу, зная, что она имеет непосредственное отношение к химии.
5. Как Вы думаете, почему реакцию (**2**) (получение комплекса **S**) следует проводить не в чистой воде, а в водно-ацетоновом (около 50 % ацетона по объему) растворе.

## Задание 2. «Вольтов столб».

Сегодня, 20 марта 2016 года, мы рады приветствовать Вас на заключительном этапе Всесибирской открытой олимпиады школьников по химии! В этот день 216 лет назад итальянский физик Алессандро Вольта отправил письмо Лондонскому Королевскому обществу, в котором сообщил об открытии химического источника постоянного тока. Сконструированный им прибор получил название «Вольтов столб» и представлял собой конструкцию из 50 пар металлических медных и цинковых пластинок, разделенных листами сукна, смоченными в разбавленной серной кислоте. Во время его работы цинк растворялся в кислоте, а ионы водорода восстанавливались на меди. Открытие ознаменовало собой начало стремительного развития электрохимии, а в честь ученого была названа единица измерения напряжения – вольт. Схематическое строение «Вольтова столба» представлено на рисунке. Каждая пара Cu/Zn в сочетании с листами мокрого сукна представляет собой гальванический элемент, содержащий два электрода: катод и анод. Чтобы вычислить напряжение между электродами, надо от потенциала катода отнять потенциал анода. Условием протекания химической реакции является положительное значение разности потенциалов.



В таблице приведены значения стандартных потенциалов для цинкового и водородного (для стандартного водородного электрода проводником является платина) электродов:

полуреакция восстановления	$Zn^{2+} + 2e^- = Zn$	$2H^+ + 2e^- = H_2$
стандартный потенциал электрода $E^0$ , В	-0,76	0,0

Отметим, что потенциал цинкового электрода от pH не зависит, а потенциал водородного электрода при 298 К зависит от pH следующим образом:  $E = E^0 - 0,059pH$ .

1. Оцените значение pH в растворе, которым смачивали сукно, если концентрация серной кислоты в растворе равна  $3 \cdot 10^{-2}$  моль/л. Проведите оценку потенциала водородного электрода в «Вольтовом столбе» (проводником здесь служит медь).
2. Напишите уравнение реакции, протекающей в «Вольтовом столбе». Оцените напряжение, возникающее между каждой парой электродов, а также полное напряжение, которое генерировал первый «Вольтов столб».
3. Какой из этих электродов (цинковый или водородный) является катодом, а какой - анодом? А какие знаки имеют заряды на цинковой и медной пластинках?

За два столетия, прошедших с открытия А. Вольта, произошел существенный прогресс в производстве батареек и аккумуляторов: они значительно уменьшились в размерах, а также стали более долговечными и мощными. Например, большинство Ваших калькуляторов работает за счет так называемых щелочных батареек. Их длина всего 4,46 см, а диаметр 1,05 см. В качестве электродов в них используются диоксид марганца и цинковый порошок, а электролитом служит 11 % раствор КОН. При работе батарейки цинк окисляется до гидроксида цинка(II), а диоксид марганца восстанавливается до оксида марганца(III). Напряжение такой батарейки равно 1,5 В, а заряд составляет 150 мА\*ч. Для работы инженерного калькулятора необходим ток силой 0,13 мА.

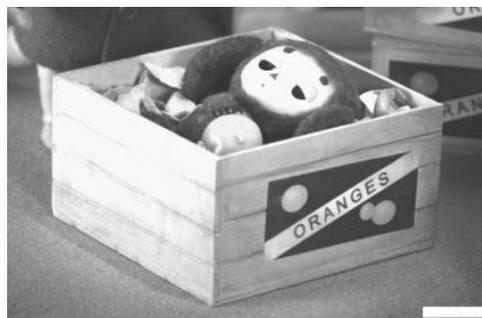
4. Напишите уравнение реакции, протекающей при работе щелочной батарейки. Какой из электродов (цинковый или марганец-оксидный) является катодом, а какой – анодом? Напишите полуреакции, протекающие на каждом из электродов в процессе работы батарейки.
5. Вычислите срок службы инженерного калькулятора в часах и оцените, сколько расчетных олимпиадных задач можно непрерывно решить, используя подобный калькулятор. (Принять, что на решение олимпиадной задачи в среднем требуется 30 минут).
6. Напишите уравнения реакций, которые будут протекать при помещении содержимого отработанной щелочной батарейки в разбавленную азотную кислоту.

Для эффективной работы щелочных батареек необходим диоксид марганца высокой степени чистоты. Чтобы его получить, карбонат марганца растворяют в серной кислоте и проводят анодное окисление ионов марганца, подвергая электролизу полученный раствор.

7. Напишите уравнения реакций, протекающих при получении раствора для электролиза, процессов на катоде и аноде, а также суммарную реакцию электрохимического получения диоксида марганца. Какая масса  $MnO_2$  образуется в результате реакции, протекающей с 90 % выходом целевого продукта, если на катоде выделяется 224 л газа (н.у.)?

### Задание 3. «Необычное лекарство».

Всем известно, что если долго находиться в холодном помещении, то можно сильно простудиться. Всем, кроме Чебурашки, который однажды решил полакомиться апельсинами в холодном подвале. Вскоре у него поднялась температура, и начался жуткий кашель. Крокодил Гена не замешкался и принес Чебурашке много разных лекарственных препаратов, самым странным из которых оказался жёлтый порошок (вещество **A**), который необходимо было есть, насыпая его на хлеб. Выздоровев, наш любознательный герой решил узнать, что же это был за порошок. По дороге в библиотеку он встретил старуху Шапокляк, которая дала ему баночку с другим порошком (серым, вещество **B**) и посоветовала смешать его со странным лекарством и поджечь. Поскольку читал Чебурашка с трудом, совет старухи ему понравился больше, чем перспектива сидеть в библиотеке несколько часов. Он пришел домой, смешал оба порошка и поджег. Смесь резко вспыхнула и опалила Чебурашке уши. Оправившись от шока, Чебурашка отправился к Крокодилу Гене, который рассказал ему про желтый порошок и сказал, что он горел бы и сам, без всякого серого порошка, причем горение было бы спокойным, но сопровождалось образованием газа **C** с резким кислым запахом. Выяснив название желтого порошка, Чебурашка заглянул в Периодическую систему и быстро нашел там элемент **X** с таким же названием. После этого он взвесил твердое вещество, которое получилось после сжигания смеси (вещество **P**), и вычислил состав серого порошка.



**1.** Напишите название элемента **X**, из атомов которого состоит вещество **A**. Напишите уравнение реакции горения **A** на воздухе (**реакция 1**) и назовите газ **C**.

**2.** Назовите серый порошок **B**, зная, что и этот порошок является простым веществом. Дополнительно известно, что Чебурашка приготовил смесь из 5 г серого порошка и 9 г желтого порошка, а масса вещества **P**, полученного после сгорания, составила 13,89 г. Можно считать, что серый порошок полностью вошел в состав вещества **P**, которое является индивидуальным и не содержит примесей. Ответ подтвердите расчетом. Напишите уравнение реакции образования вещества **P** (**реакция 2**) и назовите это вещество.

После установления состава желтого порошка Чебурашка заинтересовался другими лечебными свойствами соединений элемента **X**. Гена рассказал, что если подействовать водой на полученное вещество **P**, то получится соединение **D**, являющееся основным действующим компонентом серных вод, которые обладают известными лечебными свойствами при лечении заболеваний сердца.

**3.** Напишите уравнение реакции вещества **P** с водой (**реакция 3**). Назовите вещество **D** и приведите еще один известный Вам лабораторный метод получения этого вещества (**реакция 4**).

В книгах наш сказочный экспериментатор нашёл, что газ **C** легко реагирует со многими веществами, в частности, с веществом **D** (**реакция 5**), диоксидом свинца (**реакция 6**), хлором (**реакция 7**), водными взвесями цинковой пыли (**реакция 8**) и диоксида марганца (**реакция 9**), а также обесцвечивает раствор перманганата калия (**реакция 10**).

**4.** Напишите уравнения реакций **5-10**.

Покопавшись в библиотеке, Чебурашка обнаружил статью о еще одном интересном соединении элемента **X** – веществе **E**, которое используется для выведения из организма токсинов, а также как антигистаминный (противоотечный) препарат. Известно, что вещество **E** содержит 40,56 % элемента **X**, 30,36 % кислорода и 29,08 % натрия по массе.

**5.** Установите формулу вещества **E** и напишите его название. Предложите способ его получения из веществ **A**, **C** и соединений, не содержащих элемент **X**.

Вещество **E** разлагается кислотами (**реакция 11**), но в нейтральной среде довольно устойчиво и имеет множество других применений:

- в аналитической химии (иодометрия), поскольку количественно реагирует с иодом (**реакция 12**);
- в черно-белой фотографии, поскольку растворяет бромид серебра (**реакция 13**);
- для нейтрализации хлора, с которым его водный раствор реагирует настолько хорошо (**реакция 14**), что оно даже получило собственное название «антихлор».

**6.** Напишите уравнения реакций **11-14** (для реакции **14** возьмите избыток хлора).

#### Задание 4. «Загадочные элементы».

В Периодической системе имеются 4 элемента, про которые попарно известно, что

- 1) простые вещества двух элементов при н.у. твёрдые (в любой аллотропной модификации);
- 2) простые вещества других двух элементов при н.у. газообразные;
- 3) два элемента принадлежат одной группе Периодической системы;
- 4) также два элемента принадлежат одному периоду;
- 5) простые вещества двух элементов могут реагировать между собой, образуя плохо растворимое в воде соединение **А** с массовой долей одного из элементов 78,3 %;
- 6) простые вещества двух элементов реагируют друг с другом при нагревании с образованием бинарного соединения **Б** с массовыми долями элементов по  $\frac{1}{2}$ , а с помощью каталитического процесса из **Б** и одного из простых веществ можно получить бинарное соединение **В** этих же элементов;
- 7) два элемента образуют между собой 5 бинарных соединений, но в реакции простых веществ этих элементов в основном образуется газообразное соединение **Г** с плотностью при н.у.  $\rho \approx 6,5$  г/л и массовой долей одного из элементов 78,0 %;
- 8) простые вещества двух элементов при нагревании реагируют между собой, образуя растворимую соль **Д** с массовой долей одного из элементов 81,0 %, водный раствор которой имеет сильно щелочную среду;
- 9) простое вещество одного из элементов легко вступает в реакцию с простым веществом другого элемента, образуя растворимое в воде бинарное соединение **Е**, а в избытке второго простого вещества и при нагревании до 500 °С образуется нерастворимое в воде бинарное соединение **Ж**, из которого действием раствора  $H_2SO_4$  можно выделить другое бинарное соединение **З**, проявляющее окислительно-восстановительную двойственность;
- 10) простые вещества двух элементов между собой напрямую не реагируют, хотя бинарные соединения этих элементов известны, например, вещество **И** с массовой долей одного из элементов **около** 70%.

#### **Вопросы:**

1. Установите 4 элемента, о которых идёт речь в задаче.
2. Для любых двух названных элементов укажите по 2 аллотропные модификации простых веществ.
3. Определите формулы бинарных веществ **А–З** и напишите уравнения реакций их образования, упомянутые в пп. 5–9 (всего 8 уравнений). С помощью уравнения реакции в ионной форме и необходимых комментариев объясните, почему водный раствор **Д** имеет сильно щелочную среду.
4. Установите формулу бинарного вещества **И**, которое не образуется в прямой реакции между простыми веществами элементов. Как можно его получить? Приведите уравнение реакции.
5. Промонстрируйте окислительно-восстановительную двойственность соединения **З** в реакции с типичным окислителем и типичным восстановителем. Приведите уравнения этих двух реакций.

#### Задание 5. «Реактивы Гриньяра»

*«Результаты, полученные Гриньяром в начатом им исследовании, не так уж велики. Однако никакой другой человек не предложил методы, с помощью которых впоследствии так стремительно развивалась органическая химия...»*

Ф. Ман



В 2016 г. исполняется 145 лет со дня рождения великого французского химика Виктора Гриньяра. В 1912 г. он получил Нобелевскую премию по химии за работы в области металлоорганических соединений магния. С тех пор эти соединения называют реактивами Гриньяра. Реакции с их участием обычно проводят в две стадии: получение реактива Гриньяра и его взаимодействие с реагентом. Сначала к магниевой стружке в абсолютном диэтиловом эфире порциями добавляют раствор алкилгалогенида в таком же эфире. После растворения магния к полученной смеси добавляют раствор реагента. Обычно формулу реактива Гриньяра записывают в виде  $R_1R_2R_3C-Mg-Hal$ , однако необходимо обратить внимание на то, что связь С-Мg сильно поляризована. При этом на атоме С локализуется избыток электронной плотности, а степень ионности связи достигает 34 %.

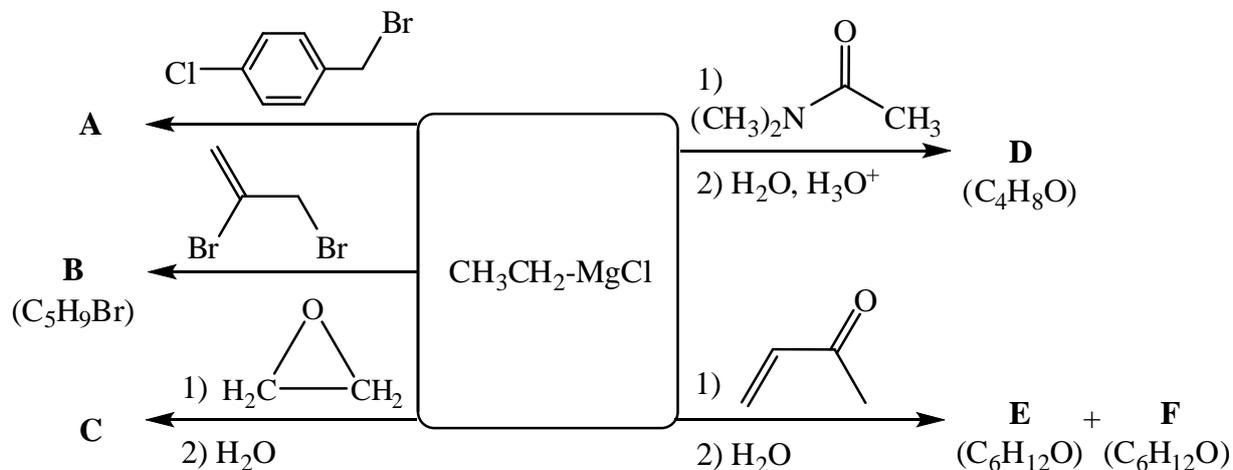
Благодаря наличию избыточной электронной плотности на атоме углерода, реактивы Гриньяра могут:

- реагировать как сильные основания, отщепляя от реагента наиболее кислый атом водорода в форме  $H^+$ ;
- в качестве нуклеофилов (доноров электронной пары) вступать в реакции замещения атомов галогенов;
- присоединяться к поляризованным кратным связям (по электрофильным центрам).

1. Объясните значение слова «абсолютный» применительно к диэтиловому эфиру.

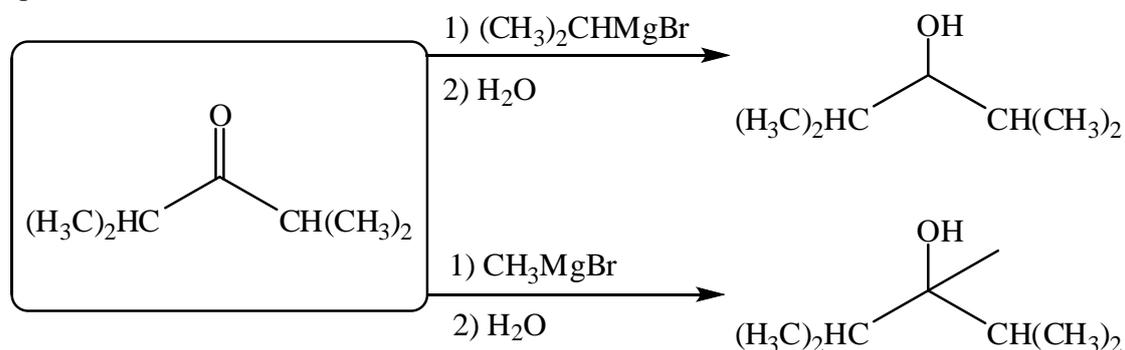
2. Реактивы Гриньяра проявляют свойства оснований или нуклеофилов в зависимости от строения добавляемых реагентов. Напишите уравнения реакций взаимодействия 1 моль реактива Гриньяра  $CH_3CH_2MgI$  с 1 моль следующих веществ:  $D_2O$ , бензилбромид ( $C_6H_5CH_2Br$ ), углекислый газ, уксусная кислота,  $(CH_3)_2NH$ , циклопентадиен-1,3, ацетон (пропанон-2), бутин-1, ацетонитрил ( $CH_3CN$ ), фенол.

3. Приведите формулы органических веществ А-Ф, которые образуются в результате реакций, приведенных на схеме. Считайте, что соотношение реагентов 1:1.

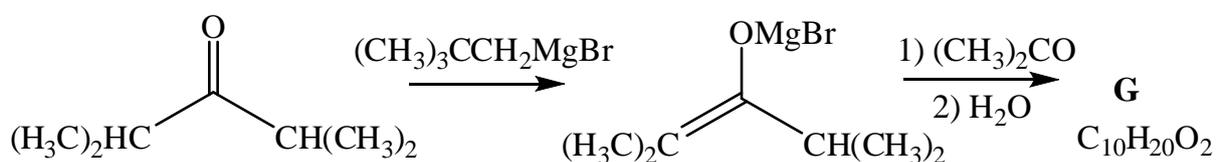


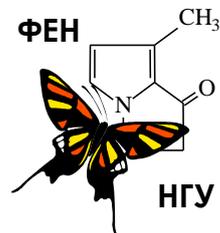
4. Попробуйте на основании строения бут-3-ен-2-она объяснить, почему в реакции с этилмагнийхлоридом образуется смесь изомерных продуктов Е и F? Как вы думаете, почему в случае ненасыщенных альдегидов стоит ожидать только один продукт? Напишите уравнение реакции взаимодействия альдегида  $CH_2=CH-C(O)H$  с  $CH_3MgI$ .

5. При взаимодействии реактива Гриньяра с кетонами в некоторых случаях наблюдается протекание побочных реакций, одной из которых является восстановление кетона. При этом на протекание этого процесса оказывает влияние строение как кетона, так и реактива Гриньяра. На представленной ниже схеме приведен пример «классического» присоединения Гриньяра к кетону и побочная реакция восстановления кетона. Попробуйте предложить 2 основных фактора, которые необходимы для протекания реакции восстановления кетона.



6. Другим побочным процессом, который может происходить при использовании реактива Гриньяра, является енолизация кетона, которая сама по себе не представляла бы большого интереса, если бы не его способность вступать в реакцию альдольной конденсации с карбонильными соединениями. Предложите структурную формулу продукта G, который образуется при конденсации енолят аниона с ацетоном.

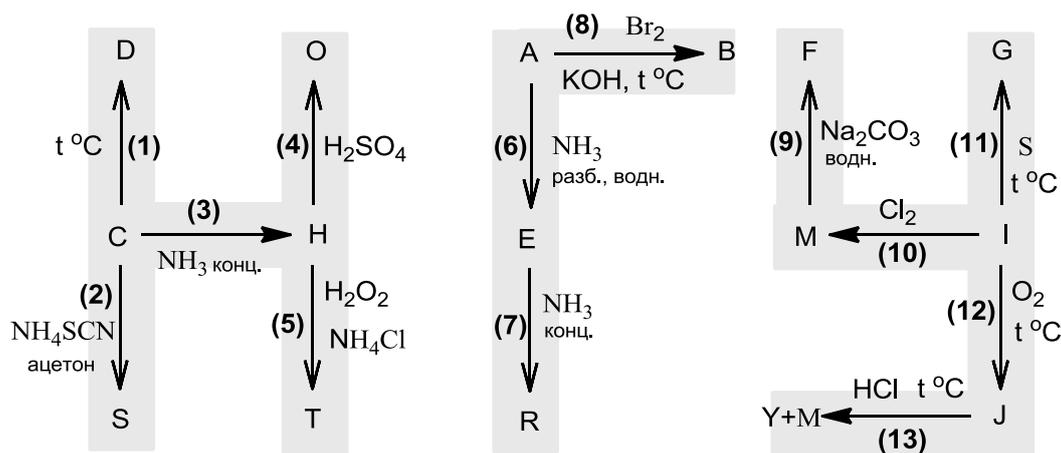


**Задание 1.** «НГУ и химия».

«Мы не сделаем вас умнее, мы научим вас думать!»

Девиз Новосибирского государственного университета (НГУ)

Вашему вниманию предложена схема, в которой показаны взаимопревращения соединений трех элементов Периодической системы (ПС). В каждой из трех больших русских букв латинскими буквами зашифрованы соединения одного из этих трех элементов. Про сами элементы известно, что они входят в одну группу ПС и составляют триаду широко известных металлов. Отметим, что количество протонов в ядре атома металла, соединения которого представлены в большой букве «Н», на единицу больше, чем в металле из буквы «У», но на единицу меньше, чем в металле из буквы «Г».



Один из металлов (на схеме он обозначен буквой **И**) известен человеку с древних времен и даже дал название условному «веку», продолжавшемуся с 1200 г до н.э. по 340 г н.э. Соединения второго металла ещё в древнем Египте использовались для изготовления эмали, краски и стекла. Третий же металл был получен в чистом виде лишь в 18 веке, но имеются данные, что его соединения с давних пор применялись в стекловарении для придания стеклу зеленого цвета.

Известно, что вещество **С** обладает розовой окраской и реагирует с раствором нитрата серебра (**реакция 14**) с образованием белого творожистого осадка, растворимого в растворе аммиака (**15**). При нагревании соединение **С** теряет 45,4 % своей массы и превращается в безводную соль **Д** синего цвета с массовой долей металла 45,4 %. В веществе **С** массовая доля металла составляет 18,00 %, а в веществах **Н** и **Т**, имеющих одинаковое строение и очень близкий состав, но отличающихся степенью окисления металла, – 25,40 и 22,03 %.

Также известно, что раствор соли **А** зеленого цвета реагирует с раствором нитрата бария (**16**) с образованием белого осадка, не реагирующего с соляной кислотой. Массовая доля металла в безводной соли **А**, имеющей бледно-желтый цвет, составляет 37,94 %. В реакции водного раствора **А** с недостатком или разбавленным водным раствором аммиака (**6**) образуется зеленый осадок **Е**, растворяющийся в избытке или в концентрированном растворе аммиака (**7**).

Про вещество **Ж** известно, что оно получается при горении металла **И** в кислороде (**13**), а вещество **У** также может быть получено взаимодействием металла **И** с соляной кислотой (**17**). Вещество **Г** получается при нагревании смеси порошков серы и металла **И** (**11**).

**1.** Установите три неизвестных металла. В какой группе периодической системы они находятся? Укажите, в какой из русских букв зашифрованы соединения каждого из металлов.

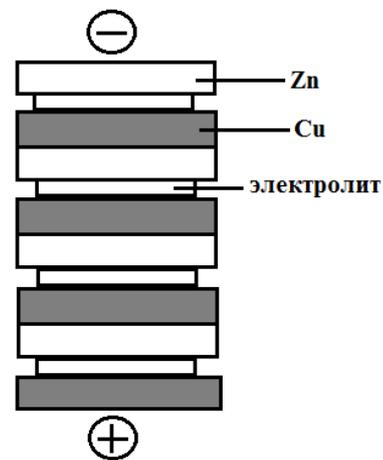
**2.** Расшифруйте схемы превращений (напишите формулы и названия неизвестных веществ).

**3.** Напишите уравнения реакций, приведенных на схеме (**1-13**) и описанных в условии задачи (**14-17**).

**4.** Из приведенных на схеме латинских букв можно составить фразу из двух слов на английском языке (для неё не надо использовать все буквы). Приведите зашифрованную фразу, зная, что она имеет непосредственное отношение к химии.

## Задание 2. «Вольтов столб».

Сегодня, 20 марта 2016 года, мы рады приветствовать Вас на заключительном этапе Всесибирской открытой олимпиады школьников по химии! В этот день 216 лет назад итальянский физик Алессандро Вольта отправил письмо Лондонскому Королевскому обществу, в котором сообщил об открытии химического источника постоянного тока. Сконструированный им прибор получил название «Вольтов столб» и представлял собой конструкцию из 50 пар металлических медных и цинковых пластинок, разделенных листами сукна, смоченными в разбавленной серной кислоте. Во время его работы цинк растворялся в кислоте, а ионы водорода восстанавливались на меди. Открытие ознаменовало собой начало стремительного развития электрохимии, а в честь ученого была названа единица измерения напряжения – вольт. Схематическое строение «Вольтова столба» представлено на рисунке.



Каждая пара Cu/Zn в сочетании с листами мокрого сукна представляет собой гальванический элемент, содержащий два электрода: катод и анод. Для того, чтобы вычислить напряжение, возникающее между электродами, надо от потенциала катода отнять потенциал анода. Условием протекания химической реакции является положительное значение разности потенциалов.

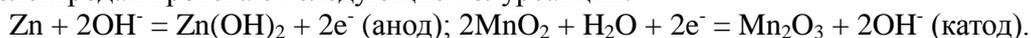
В таблице приведены значения стандартных потенциалов для цинкового и водородного (для стандартного водородного электрода проводником является платина) электродов:

полуреакция восстановления	$Zn^{2+} + 2e^- = Zn$	$2H^+ + 2e^- = H_2$
стандартный потенциал электрода $E^0$ , В	-0,76	0,0

Отметим, что потенциал цинкового электрода не зависит от концентрации ионов  $H^+$  в растворе, а потенциал водородного электрода зависит, причем при 298 К эта зависимость выглядит следующим образом:  $E = E^0 - 0,059pH$ , где  $pH = -\lg(C_{H^+})$ ,  $C_{H^+}$  - концентрация ионов  $H^+$  в растворе, моль/л.

1. Оцените значение pH в растворе, которым смачивали сукно, если концентрация серной кислоты в растворе равна  $3 \cdot 10^{-2}$  моль/л (принять, что серная кислота полностью диссоциирует по обоим ступеням). Проведите оценку потенциала водородного электрода в «Вольтовом столбе» (проводником здесь служит медь).
2. Напишите уравнение реакции, протекающей в «Вольтовом столбе». Оцените напряжение, возникающее между каждой парой электродов, а также полное напряжение, которое генерировал первый «Вольтов столб».
3. Какой из этих электродов (цинковый или водородный) является катодом, а какой - анодом? А какие знаки имеют заряды на цинковой и медной пластинках?

За два столетия, прошедших с открытия А. Вольта, произошел существенный прогресс в производстве батареек и аккумуляторов: они значительно уменьшились в размерах, а также стали более долговечными и мощными. Например, большинство Ваших калькуляторов работает за счет так называемых щелочных батареек. Их длина всего 4,46 см, а диаметр 1,05 см. В качестве электродов в них используются диоксид марганца (катод, т.е. электрод, на котором идет процесс восстановления) и цинковый порошок (анод, т.е. электрод, на котором идет процесс окисления), а электролитом служит 11 % раствор КОН. При работе батарейки на электродах протекают следующие полуреакции:



Напряжение такой батарейки равно 1,5 В, а заряд составляет 150 мА\*ч. Для работы инженерного калькулятора необходим ток силой 0,13 мА.

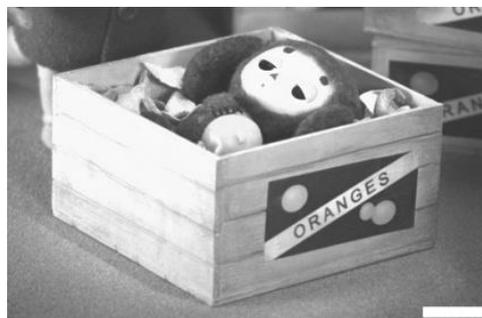
4. Напишите суммарное уравнение реакции, протекающей при работе щелочной батарейки. Вычислите срок службы инженерного калькулятора в часах и оцените, сколько расчетных олимпиадных задач можно непрерывно решить, используя подобный калькулятор. (Можно принять, что на решение олимпиадной задачи в среднем требуется 30 минут).
5. Напишите уравнения реакций, которые будут протекать при помещении содержимого отработанной щелочной батарейки в разбавленную азотную кислоту.

Для эффективной работы щелочных батареек необходим диоксид марганца высокой степени чистоты. Чтобы его получить, карбонат марганца растворяют в серной кислоте и проводят анодное окисление ионов марганца, подвергая электролизу полученный раствор.

6. Напишите уравнения реакций, протекающих при получении раствора для электролиза, процессов на катоде и аноде, а также суммарную реакцию электрохимического получения диоксида марганца. Какая масса  $MnO_2$  образуется в результате реакции, протекающей с 90 % выходом целевого продукта, если на катоде выделяется 224 л водорода (н.у.)?

### Задание 3. «Необычное лекарство».

Всем известно, что если долго находиться в холодном помещении, то можно сильно простудиться. Всем, кроме Чебурашки, который однажды решил полакомиться апельсинами в холодном подвале. Вскоре у него поднялась температура, и начался жуткий кашель. Крокодил Гена не замешкался и принес Чебурашке много разных лекарственных препаратов, самым странным из которых оказался жёлтый порошок (вещество **A**), который необходимо было есть, насыпая его на хлеб. Выздоровев, наш любознательный герой решил узнать, что же это был за порошок. По дороге в библиотеку он встретил старуху Шапокляк, которая дала ему баночку с другим порошком (серый, вещество **B**) и посоветовала смешать его со странным лекарством и поджечь. Поскольку читал Чебурашка с трудом, совет старухи ему понравился больше, чем перспектива сидеть в библиотеке несколько часов. Он пришел домой, смешал оба порошка и поджег. Смесь резко вспыхнула и опалила Чебурашке уши. Оправившись от шока, Чебурашка отправился к Крокодилу Гене, который рассказал ему про желтый порошок и сказал, что он горел бы и сам, без всякого серого порошка, причем горение было бы спокойным, но сопровождалось образованием газа **C** с резким кислым запахом. Выяснив название желтого порошка, Чебурашка заглянул в Периодическую систему и быстро нашел там элемент **X** с таким же названием. После этого он взвесил твердое вещество, которое получилось после сжигания смеси (вещество **P**), и вычислил состав серого порошка.



**1.** Напишите название элемента **X**, из атомов которого состоит вещество **A**. Напишите уравнение реакции горения **A** на воздухе (**реакция 1**) и назовите газ **C**.

**2.** Назовите серый порошок **B**, зная, что и этот порошок является простым веществом. Дополнительно известно, что Чебурашка приготовил смесь из 5 г серого порошка и 9 г желтого порошка, а масса вещества **P**, полученного после сгорания, составила 13,89 г. Можно считать, что серый порошок полностью вошел в состав вещества **P**, которое является индивидуальным и не содержит примесей. Ответ подтвердите расчетом. Напишите уравнение реакции образования вещества **P** (**реакция 2**) и назовите это вещество.

После установления состава желтого порошка Чебурашка заинтересовался другими лечебными свойствами соединений элемента **X**. Гена рассказал, что если подействовать водой на полученное вещество **P**, то получится соединение **D**, являющееся основным действующим компонентом серных вод, которые обладают известными лечебными свойствами при лечении заболеваний сердца.

**3.** Напишите уравнение реакции вещества **P** с водой (**реакция 3**). Назовите вещество **D** и приведите еще один известный Вам лабораторный метод получения этого вещества (**реакция 4**).

В книгах наш сказочный экспериментатор нашёл, что газ **C** легко реагирует со многими веществами, в частности, с веществом **D** (**реакция 5**), диоксидом свинца (**реакция 6**), хлором (**реакция 7**), а также обесцвечивает раствор перманганата калия (**реакция 8**).

**4.** Напишите уравнения реакций **5-8**.

При взаимодействии газа **C** с избытком гидроксида натрия образуется вещество **E** (**реакция 9**), кипячение водного раствора которого с порошком **A** приводит к его растворению с образованием вещества **F** (**реакция 10**).

Вещество **F** разлагается кислотами (**реакция 11**), но в нейтральной среде довольно устойчиво и имеет множество применений:

- в аналитической химии (иодометрия), поскольку количественно реагирует с иодом (**реакция 12**);
- в черно-белой фотографии, поскольку растворяет бромид серебра (**реакция 13**);
- для нейтрализации хлора, с которым его водный раствор реагирует настолько хорошо (**реакция 14**), что оно даже получило собственное название «антихлор».

**5.** Назовите вещества **E** и **F**, напишите уравнения реакций **9-14** (для реакции **14** возьмите избыток хлора).

#### Задание 4. «Загадочные элементы».

В Периодической системе имеются 4 элемента **А, Б, В, Г** такие, что

- 1) простые вещества элементов **А** и **Б** при н.у. твёрдые (в любой аллотропной модификации);
- 2) простые вещества элементов **В** и **Г** при н.у. газообразные;
- 3) элементы **Б** и **Г** принадлежат одной группе Периодической системы;
- 4) элементы **В** и **Г** принадлежат одному периоду;
- 5) простые вещества элементов **А** и **В** могут реагировать между собой, образуя плохо растворимое в воде соединение **Д**, в котором массовая доля одного из элементов 78,3 %;
- 6) простые вещества элементов **Б** и **Г** реагируют друг с другом при нагревании с образованием бинарного соединения **Е** с массовыми долями элементов по  $\frac{1}{2}$ , а с помощью каталитического процесса из **Е** и одного из простых веществ можно получить бинарное соединение **Ж** этих же элементов.
- 7) элементы **Б** и **В** образуют 5 бинарных соединений, но в реакции простых веществ этих элементов в основном образуется газообразное при н. у. соединение **З** с плотностью  $\rho \approx 6,5$  г/л и массовой долей одного из элементов 78,0 %;
- 8) простые вещества элементов **А** и **Б** при нагревании реагируют между собой, образуя растворимую соль **И** с массовой долей одного из элементов 81,0 %, водный раствор которой имеет сильно щелочную среду;
- 9) простое вещество элемента **А** легко вступает в реакцию с простым веществом элемента **Г**, образуя растворимое в воде бинарное соединение **К**. А в избытке второго простого вещества и при нагревании до 500 °С образуется нерастворимое в воде бинарное соединение **Л**, из которого действием раствора  $\text{H}_2\text{SO}_4$  можно выделить другое бинарное соединение **М**, проявляющее окислительно-восстановительную двойственность;
- 10) простые вещества элементов **В** и **Г** между собой напрямую не реагируют, хотя бинарные соединения этих элементов известны, например, вещество **Н** с массовой долей одного из элементов **около** 70 %.

#### **Вопросы:**

1. Установите элементы **А, Б, В, Г**, о которых идёт речь в задаче.
2. Для любых двух названных элементов укажите по 2 аллотропные модификации простых веществ.
3. Определите формулы бинарных веществ **Д–Н** и напишите уравнения реакций их образования, упомянутые в пп. 5–9 (всего 8 уравнений). С помощью уравнения реакции в ионной форме и необходимых комментариев объясните, почему водный раствор **И** имеет сильно щелочную среду.
4. Установите формулу бинарного вещества **Н**, которое не образуется в прямой реакции между простыми веществами элементов **В** и **Г**. Как можно его получить? Приведите уравнение реакции.
5. Продемонстрируйте окислительно-восстановительную двойственность соединения **М** в реакции с типичным окислителем и типичным восстановителем. Приведите уравнения этих двух реакций.

#### Задание 5 – Смотрите на отдельной странице.

### Задание 5. «Реактивы Гриньяра»

«Результаты, полученные Гриньяром в начатом им исследовании, не так уж велики. Однако никакой другой человек не предложил методы, с помощью которых впоследствии так стремительно развивалась органическая химия...»



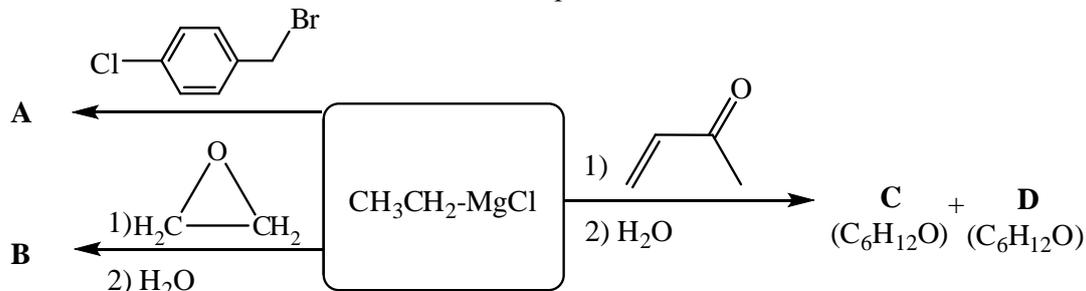
Ф. Ман

В 2016 г. исполняется 145 лет со дня рождения великого французского химика Виктора Гриньяра. В 1912 г. он получил Нобелевскую премию по химии за работы в области металлоорганических соединений магния. С тех пор эти соединения называют реактивами Гриньяра. Реакции с их участием обычно проводят в две стадии: получение реактива Гриньяра и его взаимодействие с реагентом. Сначала к магниевой стружке в абсолютном диэтиловом эфире порциями добавляют раствор алкилгалогенида в таком же эфире. После растворения магния к полученной смеси добавляют раствор реагента. Обычно формулу реактива Гриньяра записывают в виде  $R_1R_2R_3C-Mg-Hal$ , однако необходимо обратить внимание на то, что связь С-Mg сильно поляризована. При этом на атоме С локализуется избыток электронной плотности, а степень ионности связи достигает 34 %.

Благодаря наличию избыточной электронной плотности на атоме углерода, реактивы Гриньяра могут

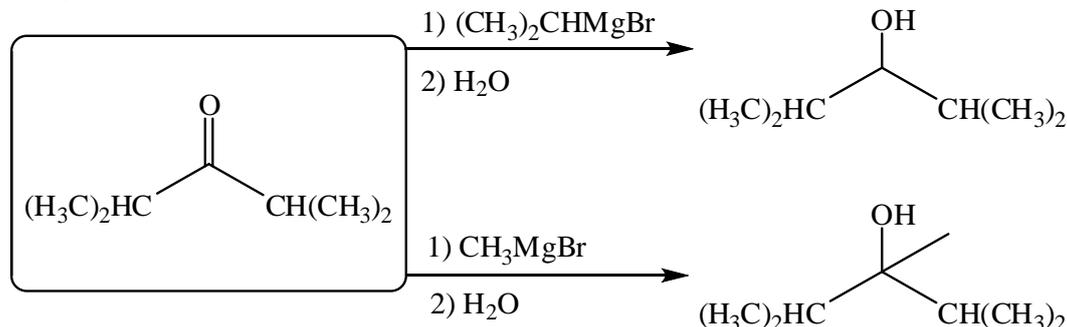
- реагировать как сильные основания, отщепляя от реагента наиболее кислый атом водорода в форме  $H^+$ ;
- в качестве нуклеофилов (доноров электронной пары) вступать в реакции замещения атомов галогенов;
- присоединяться к поляризованным кратным связям (по электрофильным центрам).

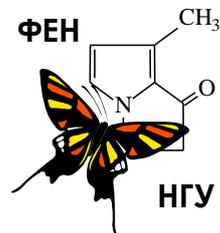
1. Объясните значение слова «абсолютный» применительно к диэтиловому эфиру.
2. Реактивы Гриньяра проявляют свойства оснований или нуклеофилов в зависимости от строения добавляемых реагентов. Напишите уравнения реакций взаимодействия 1 моль реактива Гриньяра  $CH_3CH_2-MgI$  с 1 моль следующих веществ:  $D_2O$ , бензилбромид ( $C_6H_5CH_2Br$ ), углекислый газ, уксусная кислота,  $(CH_3)_2NH$ , ацетон (пропанон-2), бутин-1, фенол.
3. Приведите формулы органических веществ **A-D**, которые образуются в результате реакций, приведенных на схеме. Считайте, что соотношение реагентов 1:1.



4. Попробуйте на основании строения бут-3-ен-2-она объяснить, почему в реакции с этилмагнийхлоридом образуется смесь изомерных продуктов **C** и **D**? Как вы думаете, почему в случае ненасыщенных альдегидов стоит ожидать только один продукт? Напишите уравнение реакции взаимодействия альдегида  $CH_2=CH-C(O)H$  с  $CH_3MgI$ .

5. При взаимодействии реактива Гриньяра с кетонами в некоторых случаях наблюдается протекание побочных реакций, одной из которых является восстановление кетона. При этом на протекание этого процесса оказывает влияние строение как кетона, так и реактива Гриньяра. На представленной ниже схеме приведен пример «классического» присоединения Гриньяра к кетону и побочная реакция восстановления кетона. Попробуйте предложить 2 основных фактора, которые необходимы для протекания реакции восстановления кетонов.



**Задание 1.** «НГУ и химия».*«Мы не сделаем вас умнее, мы научим вас думать!»*

Девиз Новосибирского государственного университета (НГУ)

Вашему вниманию предложена схема, в которой показаны взаимопревращения соединений трех элементов Периодической системы (ПС). В каждой из трех больших русских букв латинскими буквами зашифрованы соединения одного из этих трех элементов. Про сами элементы известно, что они входят в одну

группу ПС и составляют триаду широко известных металлов. Отметим, что количество протонов в ядре атома металла, соединения которого представлены в большой букве «Н», на единицу больше, чем в металле из буквы «У», но на единицу меньше, чем в металле из буквы «Г».

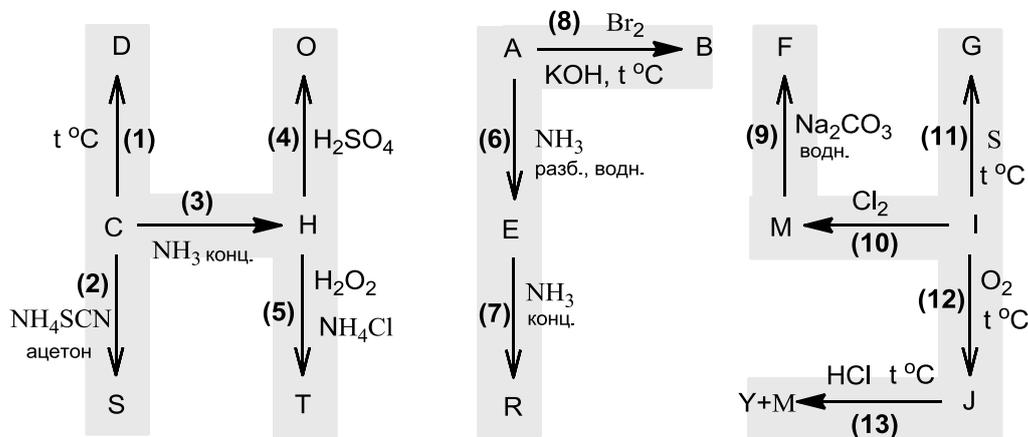
Один из металлов (на схеме он обозначен буквой **I**) известен человеку с древних времен и даже дал название условному «веку», продолжавшемуся с 1200 г до н.э. по 340 г н.э. Более того, этот металл настолько интенсивно нами используется, что для многих людей его название и слово «металл» стали практически синонимами. Соединения второго металла ещё в древнем Египте использовались для изготовления эмали, краски и стекла. Третий же металл был получен в чистом виде лишь в 18 веке, но имеются данные, что его соединения с давних пор применялись в стекловарении для придания стеклу зеленого цвета.

Известно, что вещество **C** обладает розовой окраской и реагирует с раствором нитрата серебра (**реакция 14**) с образованием белого творожистого осадка, растворимого в растворе аммиака (**реакция 15**). При нагревании соединение **C** теряет 45,4 % своей массы и превращается в безводную соль **D** синего цвета с массовой долей металла 45,4 %. Вещества **S**, **H** и **T** являются комплексными соединениями, причем координационное число металла в **S** равно четырем (к иону металла присоединены 4 аниона  $\text{SCN}^-$ ), а в **H** и **T** – шести. В веществе **S** массовая доля металла составляет 18,00 %, а в веществах **H** и **T**, имеющих одинаковое строение и очень близкий состав, но отличающихся степенью окисления металла, – 25,40 и 22,03 %. Вещество **O** относится к классу обычных солей.

Также известно, что раствор соли **A** зеленого цвета реагирует с раствором нитрата бария (**реакция 16**) с образованием белого осадка, не реагирующего с соляной кислотой. Массовая доля металла в безводной соли **A**, имеющей бледно-желтый цвет, составляет 37,94 %. В реакции водного раствора **A** с недостатком или разбавленным водным раствором аммиака (**реакция 6**) образуется зеленый осадок **E**, растворяющийся в избытке или в концентрированном растворе аммиака (**реакция 7**) с образованием комплексного соединения **R** с массовой долей металла 30,12 %. Вещества **E** и **B** относятся к одному и тому же классу соединений и отличаются только степенью окисления металла.

Про вещество **J** известно, что оно получается при горении металла **I** в кислороде (**реакция 13**), а вещество **Y** также может быть получено взаимодействием металла **I** с соляной кислотой (**реакция 17**). Водный раствор вещества **M** имеет желто-коричневый цвет и реагирует с водным раствором карбоната натрия (**реакция 9**) с образованием бурого осадка и выделением газа. Вещество **G** получается при нагревании смеси порошков серы и металла **I** (**реакция 11**).

**1.** Установите три неизвестных металла. В какой группе периодической системы они находятся? Укажите, в какой из русских букв зашифрованы соединения каждого из металлов.



- Расшифруйте схемы превращений (напишите формулы и названия неизвестных веществ).
- Напишите уравнения реакций, приведенных на схеме (1-13) и описанных в условии задачи (14-17).
- Из приведенных на схеме латинских букв можно составить фразу из двух слов на английском языке (для неё не надо использовать все буквы). Приведите зашифрованную фразу, зная, что она имеет непосредственное отношение к химии.

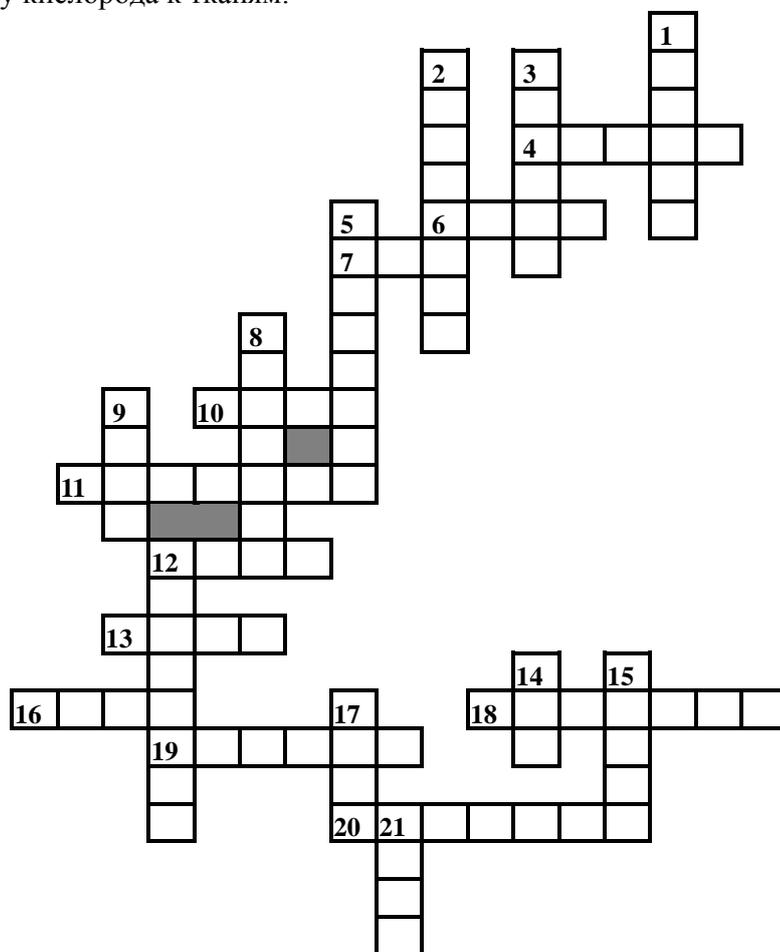
### Задание 2. «Макро- и микроэлементы».

Вашему вниманию предлагается кроссворд, в котором зашифрованы названия различных макро- и микроэлементов живого мира. В тексте описаны некоторые свойства этих элементов и образуемых ими простых веществ.

1. Около 2/3 от общего содержания этого элемента в человеческом организме входит в состав гемоглобина – сложного белка, обеспечивающего доставку кислорода к тканям.

2. Этот элемент VIВ группы ПС усиливает синтез аминокислот, делает более эффективной работу антиоксидантов, в том числе витамина С. 3. Этот макроэлемент входит в состав многих липидов, белков и других важнейших для нашего организма соединений (АТФ, ДНК), но больше всего при его недостатке страдают кости и зубы. 4. А этот микроэлемент, являющийся электронным аналогом серы, входит в активный центр ферментов системы антиоксидантно-антирадикальной защиты организма. 5. Простое вещество, образованное этим элементом, – основа процессов дыхания, горения и гниения. 6. Растворы солей этого неметалла применяют в медицине как успокаивающие средства, в то время, как простое вещество, обладающее отвратительным запахом, является сильным ядом.

7. Недостаток этого микроэлемента в пище приводит к настолько неприятным последствиям (зоб, кретинизм), что его соединения для профилактики добавляют в поваренную соль и питьевую воду. 8. Этот элемент является основой для всего органического мира. 9. А соли этого неметалла добавляют в зубную пасту для профилактики кариеса. 10. Еще один неметалл. Его соединение с водородом в большом количестве содержится в желудочном соке и обеспечивает его кислую среду. 11. Этот элемент входит в состав подавляющего большинства органических веществ, но все-таки не всех. 12 (вправо). Соединения этого красного металла считаются токсичными (ядовитыми), однако риск от его недостатка в организме выше, чем риск от его избытка. 12 (вниз). Этот микроэлемент тоже является металлом. Вам должен быть хорошо знаком фиолетовый (разбавленный – розовый) раствор черно-фиолетовых кристаллов его соединения, входящих в состав аптечки. Этот раствор обычно используют для обработки порезов, ран и ожогов, а также для промывания желудка. 13. Снижение содержания этого микроэлемента в пище приводит к уменьшению скорости роста и увеличению количества холестерина в крови. Тем не менее большинство соединений этого твердого металла являются токсичными, особенно в степени окисления +6. 14. Недостаток этого элемента останавливает развитие растений, поэтому при его дефиците в сельском хозяйстве применяют различные микроудобрения, самым известным из которых является бора. 15. Этот макроэлемент в организме создает условия для мышечных и сердечных сокращений, а в виде простого вещества является очень активным металлом. 16. А этот макроэлемент входит в состав некоторых аминокислот, витаминов, ферментов и ответственен за отвратительный запах протухших яиц. 17. Этот микроэлемент входит в состав ферментов карбоангидразы и более известной алкогольдегидрогеназы. В виде простого вещества представляет собой активный металл IIВ группы ПС. 18. Этот металл VIIIВ группы входит в состав витамина В<sub>12</sub>, который



19. Этот элемент входит в состав подавляющего большинства органических веществ, но все-таки не всех. 20 (вправо). Соединения этого красного металла считаются токсичными (ядовитыми), однако риск от его недостатка в организме выше, чем риск от его избытка. 20 (вниз). Этот микроэлемент тоже является металлом. Вам должен быть хорошо знаком фиолетовый (разбавленный – розовый) раствор черно-фиолетовых кристаллов его соединения, входящих в состав аптечки. Этот раствор обычно используют для обработки порезов, ран и ожогов, а также для промывания желудка. 21. Снижение содержания этого микроэлемента в пище приводит к уменьшению скорости роста и увеличению количества холестерина в крови. Тем не менее большинство соединений этого твердого металла являются токсичными, особенно в степени окисления +6. 22. Недостаток этого элемента останавливает развитие растений, поэтому при его дефиците в сельском хозяйстве применяют различные микроудобрения, самым известным из которых является бора. 23. Этот макроэлемент в организме создает условия для мышечных и сердечных сокращений, а в виде простого вещества является очень активным металлом. 24. А этот макроэлемент входит в состав некоторых аминокислот, витаминов, ферментов и ответственен за отвратительный запах протухших яиц. 25. Этот микроэлемент входит в состав ферментов карбоангидразы и более известной алкогольдегидрогеназы. В виде простого вещества представляет собой активный металл IIВ группы ПС. 26. Этот металл VIIIВ группы входит в состав витамина В<sub>12</sub>, который

называется кобаламин. 19. Этот макроэлемент содержится практически во всех продуктах, хотя большую его часть организм получает из поваренной соли. 20. В организме человека этот элемент в основном находится в скелете и зубах, поэтому при его дефиците увеличивается риск развития остеопороза (непрочность костей). Не забывайте, что главным источником этого элемента для нас являются молочные продукты. 21. Этот элемент занимает 4 место среди других макроэлементов по содержанию его в живых клетках. Он входит в состав белков, аминокислот, хлорофилла, гемоглобина и т.д. и т.п.

1. Разгадайте этот кроссворд. Ответы перепишите в рабочую тетрадь в формате «номер – слово».

Один из важнейших макроэлементов не «вписался» в пределы нашего кроссворда. Он является «главным» атомом в составе хлорофилла, обеспечивающего процесс фотосинтеза в растениях, а в нашем организме, в частности, он необходим для превращения креатинфосфата в АТФ, являющийся поставщиком энергии для живых клеток.

2. Напишите название этого макроэлемента. Какой цвет имеет хлорофилл и какое отношение он имеет к хлору? Расшифруйте аббревиатуру «АТФ».

3. Напишите уравнения реакций между избытком устойчивого простого вещества, составленного из атомов элемента, расположившегося в нашем кроссворде под № 5 и следующими простыми веществами с номерами из кроссворда: а) № 3; б) № 8; в) № 11; г) № 12 (вправо); д) № 13; е) № 14; ж) № 15; з) № 17; и) № 19; к) № 20.

### Задание 3. «Необычное лекарство».

Всем известно, что если долго находиться в холодном помещении, то можно сильно простудиться. Всем, кроме Чебурашки, который однажды решил полакомиться апельсинами в холодном подвале. Вскоре у него поднялась температура, и начался жуткий кашель. Крокодил Гена не замешкался и принес Чебурашке много разных лекарственных препаратов, самым странным из которых оказался жёлтый порошок (вещество **А**), который необходимо было есть, насыпая его на хлеб. Выздоровев, наш любознательный герой решил узнать, что же это был за порошок. По дороге в библиотеку он встретил старуху Шапокляк, которая дала ему баночку с другим порошком (серым) и посоветовала смешать его со странным лекарством и поджечь. Поскольку читал Чебурашка с трудом, совет старухи ему понравился больше, чем перспектива сидеть в библиотеке несколько часов. Он пришел домой, смешал оба порошка и поджег. Смесь резко вспыхнула и опалила Чебурашке уши. Оправившись от шока, Чебурашка решил посмотреть, что написано на той баночке, что ему дала Шапокляк. Банка была старой и этикетка почти слезла, удалось разглядеть только первые и последние буквы: «ал...ий» (вещество **В**). Чебурашка заглянул в Периодическую систему и быстро нашел там такой элемент. После этого он взвесил твердое вещество, которое получилось после сжигания смеси (вещество **Р**), и вычислил состав желтого порошка.



1. Чебурашка легко нашел элемент, название которого совпало с названием серого порошка. Напишите и Вы символическое обозначение элемента **У**, из атомов которого состоит вещество **В**, и его название.

2. Установите элемент **Х**, из которого состоит желтый порошок **А**, зная, что и этот порошок является простым веществом. Дополнительно известно, что Чебурашка приготовил смесь из 5 г серого порошка и 9 г желтого порошка, а масса вещества **Р**, полученного после сгорания, составила 13,89 г. Можно считать, что серый порошок полностью вошел в состав вещества **Р**, которое является индивидуальным и не содержит примесей. Ответ подтвердите расчетом.

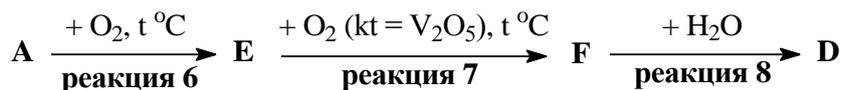
3. Напишите уравнение реакции образования вещества **Р** (реакция 1).

После установления состава желтого порошка Чебурашка заинтересовался другими лечебными свойствами соединений элемента **Х**. Гена рассказал, что если погреть вещество **А** в водороде, то получится соединение **С**, являющееся основным действующим компонентом серных вод, которые обладают известными лечебными свойствами при лечении заболеваний сердца. В библиотеке Чебурашка нашел простую методику получения водорода, но Гена запретил ему проводить эксперименты с этим газом. Свое решение Гена объяснил тем, что водород с одним из компонентов воздуха образует «гремучую смесь», которая очень взрывоопасна. Кроме того, вещество **С** Чебурашка может легко получить, подействовав водой на уже полученное им вещество **Р**.

4. Напишите уравнения реакций взаимодействия вещества **А** с водородом (реакция 2) и вещества **Р** с водой (реакция 3).

5. Приведите один известный Вам лабораторный метод получения водорода (**реакция 4**). Какие компоненты, и в каком соотношении входят в «гремучую смесь»? Напишите уравнение реакции, происходящей при взрыве этой смеси (**реакция 5**).

В книгах наш сказочный экспериментатор нашёл, что элемент **X** является одним из компонентов, входящих в состав соединения **D**, которое часто называют «кровью химии». Ниже приведена схема синтеза соединения **D** из простого вещества **A**.



6. Установите молекулярные формулы веществ **D**, **E** и **F**. Напишите уравнения реакций, представленных на схеме (**реакции 6-8**).

Вещество **E** довольно реакционноспособно, в частности легко реагирует с веществом **C** (**реакция 9**), а также обесцвечивает раствор перманганата калия (**реакция 10**).

7. Напишите уравнения реакций **9-10**.

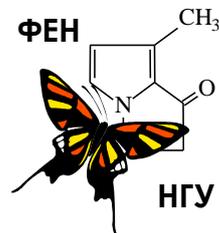
#### Задание 4. «Загадочные элементы».

В Периодической системе имеются 4 элемента **A**, **B**, **B**, **Г** такие, что

- 1) простые вещества элементов **A** и **B** при н.у. твёрдые (в любой аллотропной модификации);
- 2) простые вещества элементов **B** и **Г** при н.у. газообразные;
- 3) элементы **B** и **Г** принадлежат одной группе Периодической системы;
- 4) элементы **B** и **Г** принадлежат одному периоду;
- 5) простые вещества элементов **A** и **B** могут реагировать между собой, образуя плохо растворимое в воде соединение **D**, в котором массовая доля элемента **A** 78,3 %;
- 6) простые вещества элементов **B** и **Г** реагируют друг с другом при нагревании с образованием бинарного соединения **E** с массовыми долями элементов по  $\frac{1}{2}$ , а с помощью каталитического процесса из **E** и простого вещества элемента **Г** можно получить бинарное соединение **Ж**.
- 7) элементы **B** и **B** образуют 5 бинарных соединений, но в реакции простых веществ этих элементов в основном образуется газообразное при н. у. бинарное соединение **З** с плотностью по водороду  $\rho(\text{H}_2) = 73$  и массовой долей **B**  $\omega(\text{B}) = 78,0\%$ ;
- 8) простые вещества элементов **A** и **B** при нагревании реагируют между собой, образуя растворимую соль **И** ( $\omega(\text{A}) = 81,0\%$ ), водный раствор которой имеет сильно щелочную среду;
- 9) простое вещество элемента **A** легко вступает в реакцию с простым веществом элемента **Г**, образуя бинарное соединение **K**, растворяющееся в воде с выделением большого количества теплоты. **A** в избытке простого вещества элемента **Г** и при нагревании до  $500^\circ\text{C}$  из **A** образуется нерастворимое в воде бинарное соединение **Л**, из которого действием раствора  $\text{H}_2\text{SO}_4$  получают бинарное соединение **M**, проявляющее окислительно-восстановительную двойственность;
- 10) простые вещества элементов **B** и **Г** между собой напрямую не реагируют, хотя бинарные соединения этих элементов известны, например, вещество **H** с массовой долей элемента **B** около 70 %.

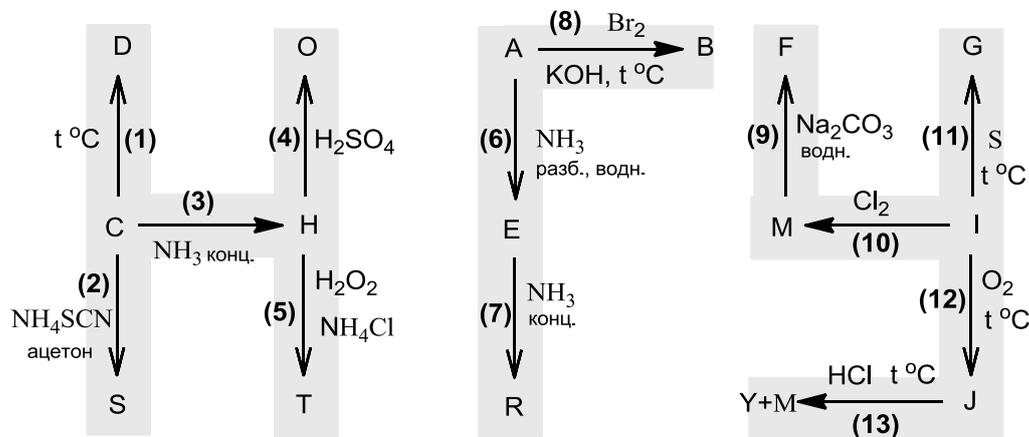
#### **Вопросы:**

1. Установите элементы **A**, **B**, **B**, **Г**, о которых идёт речь в задаче.
2. Для любых двух названных элементов укажите по 2 аллотропные модификации простых веществ.
3. Определите формулы бинарных веществ **D–H** и напишите уравнения реакций их образования, упомянутые в пп. 5–9 (всего 8 уравнений). С помощью уравнения реакции в ионной форме и необходимых комментариев объясните, почему водный раствор **И** имеет сильно щелочную среду.
4. Установите формулу бинарного вещества **H**, которое не образуется в прямой реакции между простыми веществами элементов **B** и **Г**. Как можно его получить? Приведите уравнение реакции.
5. Продемонстрируйте окислительно-восстановительную двойственность соединения **M** в реакции с типичным окислителем и типичным восстановителем. Приведите уравнения этих двух реакций.

**Задание 1.** «НГУ и химия».*«Мы не сделаем вас умнее, мы научим вас думать!»*

Девиз Новосибирского государственного университета (НГУ)

Вашему вниманию предложена схема, в которой показаны взаимопревращения соединений трех элементов Периодической системы (ПС). В каждой из трех больших русских букв латинскими буквами зашифрованы соединения одного из этих трех элементов. Про сами элементы известно, что они входят в одну



группу ПС и составляют триаду широко известных металлов. Отметим, что количество протонов в ядре атома металла, соединения которого представлены в большой букве «Н», на единицу больше, чем в металле из буквы «У», но на единицу меньше, чем в металле из буквы «Г».

Один из металлов (на схеме он обозначен буквой **I**) известен человеку с древних времен и даже дал название условному «веку», продолжавшемуся с 1200 г до н.э. по 340 г н.э. Более того, этот металл настолько интенсивно нами используется, что для многих людей его название и слово «металл» стали практически синонимами. Соединения второго металла ещё в древнем Египте использовались для изготовления эмали, краски и стекла. Третий же металл был получен в чистом виде лишь в 18 веке, но имеются данные, что его соединения с давних пор применялись в стекловарении для придания стеклу зеленого цвета.

Известно, что вещество **J** получается при горении металла **I** в кислороде (**реакция 13**), а вещество **Y** также может быть получено взаимодействием металла **I** с соляной кислотой (**реакция 14**). Водный раствор вещества **M** имеет желто-коричневый цвет и реагирует с водным раствором карбоната натрия (**реакция 9**) с образованием бурого осадка гидроксида металла **F** и выделением углекислого газа. Вещество **G** получается при нагревании смеси порошков серы и металла **I** (**реакция 11**).

Про вещество **C** известно, что оно является кристаллогидратом соли **D**, обладает розовой окраской и реагирует с раствором нитрата серебра (**реакция 15**) с образованием белого творожистого осадка. При нагревании соединение **C** теряет 45,4 % своей массы и превращается в безводную двухэлементную соль **D** синего цвета с массовой долей металла 45,4 %. Вещества **S**, **H** и **T** являются комплексными соединениями, причем координационное число металла в **S** равно четырем (к иону металла присоединены 4 аниона  $\text{SCN}^-$ ), а в **H** и **T** – шести (в обоих случаях к иону металла присоединены 6 молекул  $\text{NH}_3$ ). В веществе **S** массовая доля металла составляет 18,00 %, а в веществах **H** и **T**, имеющих одинаковое строение и очень близкий состав, но отличающихся степенью окисления металла, – 25,40 и 22,03 %. Вещество **O** относится к классу обычных солей серной кислоты.

Также известно, что раствор соли **A** зеленого цвета реагирует с раствором нитрата бария (**реакция 16**) с образованием белого осадка, не реагирующего с соляной кислотой. Массовая доля металла в безводной соли **A**, имеющей бледно-желтый цвет, составляет 37,94 %. В реакции водного раствора **A** с недостатком или разбавленным водным раствором аммиака (**реакция 6**) образуется зеленый осадок **E**, растворяющийся в избытке или в концентрированном растворе аммиака (**реакция 7**) с образованием комплексного соединения **R** с массовой долей металла 30,12 %. Вещества **E** и **B** относятся к одному и тому же классу соединений (к такому же, как и вещество **F** из буквы **У**) и отличаются только степенью окисления металла.

1. Установите три неизвестных металла. В какой группе периодической системы они находятся? Укажите, в какой из русских букв зашифрованы соединения каждого из металлов.
2. Расшифруйте схемы превращений (напишите формулы и названия неизвестных веществ).
3. Напишите уравнения реакций, приведенных на схеме (1-13) и описанных в условии задачи (14-16).
4. Из приведенных на схеме латинских букв можно составить фразу из двух слов на английском языке (для неё не надо использовать все буквы). Приведите зашифрованную фразу, зная, что она имеет непосредственное отношение к химии.

**Задание 2.** «Макро- и микроэлементы».

Вашему вниманию предлагается кроссворд, в котором зашифрованы названия различных макро- и микроэлементов живого мира. В тексте описаны некоторые свойства этих элементов и образуемых ими простых веществ.

1. Около 2/3 от общего содержания этого элемента в человеческом организме входит в состав гемоглобина – сложного белка крови, обеспечивающего доставку кислорода к тканям.

2. Этот элемент VIВ группы ПС усиливает синтез аминокислот, делает более эффективной работу антиоксидантов, в том числе витамина С.

3. Этот макроэлемент входит в состав многих липидов, белков и других важнейших для нашего организма соединений (АТФ, ДНК), но больше всего при его недостатке страдают кости и зубы.

4. А этот микроэлемент, являющийся электронным аналогом серы, входит в активный центр ферментов системы антиоксидантно-антирадикальной защиты организма.

5. Простое вещество, образованное этим элементом, – основа процессов дыхания, горения и гниения.

6. Растворы солей этого неметалла применяют в медицине как успокаивающие средства, в то время, как простое вещество, обладающее отвратительным запахом, является сильным ядом.

7. Недостаток этого микроэлемента в пище приводит к настолько неприятным последствиям (зоб, кретинизм), что его соединения для профилактики добавляют в поваренную соль и питьевую воду.

8. Этот элемент является основой для всего органического мира.

9. А соли этого неметалла добавляют в зубную пасту для профилактики кариеса.

10. Еще один неметалл. Его соединение с водородом в большом количестве содержится в желудочном соке и обеспечивает его кислую среду.

11. Этот элемент входит в состав подавляющего большинства органических веществ, но все-таки не всех.

12 (вправо). Соединения этого красного металла считаются токсичными (ядовитыми), однако риск от его недостатка в организме выше, чем риск от его избытка.

12 (вниз). Этот микроэлемент тоже является металлом. Вам должен быть хорошо знаком фиолетовый (разбавленный – розовый) раствор черно-фиолетовых кристаллов его соединения, входящих в состав аптечки. Этот раствор обычно используют для обработки порезов, ран и ожогов, а также для промывания желудка.

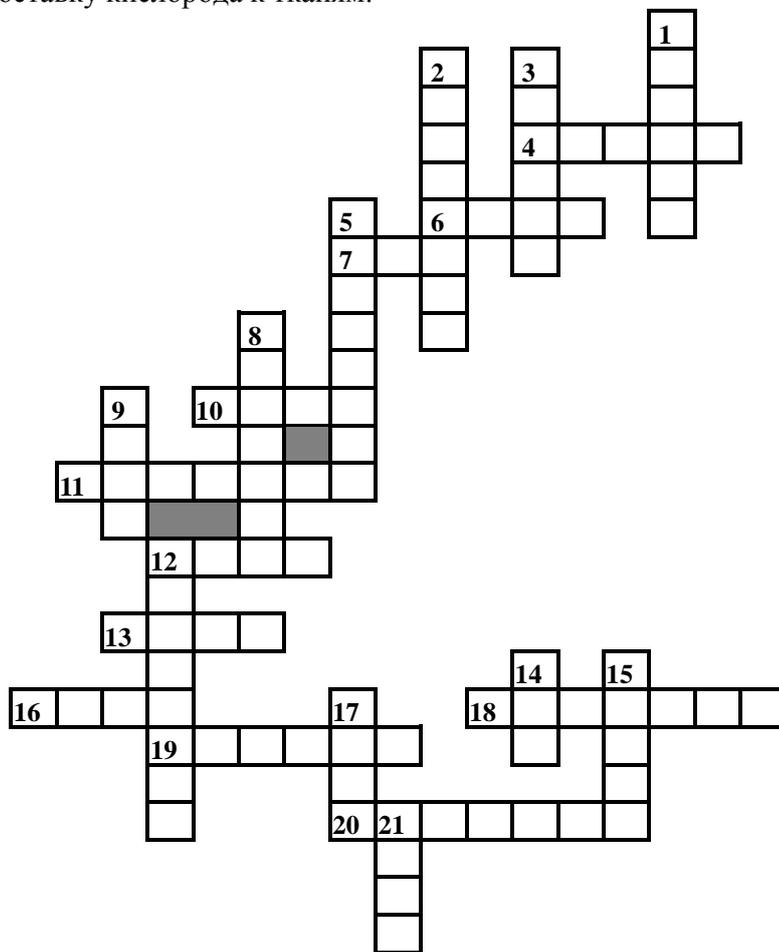
13. Снижение содержания этого микроэлемента в пище приводит к уменьшению скорости роста и увеличению количества холестерина в крови. Тем не менее большинство соединений этого твердого металла являются токсичными, особенно в степени окисления +6.

14. Недостаток этого элемента останавливает развитие растений, поэтому при его дефиците в сельском хозяйстве применяют различные микроудобрения, самым известным из которых является бора.

15. Этот макроэлемент в организме создает условия для мышечных и сердечных сокращений, а в виде простого вещества является очень активным металлом.

16. А этот макроэлемент входит в состав некоторых аминокислот, витаминов, ферментов и ответственен за отвратительный запах протухших яиц.

17. Этот микроэлемент входит в состав ферментов



карбоангидразы и более известной в народе алкогольдегидрогеназы. В виде простого вещества представляет собой активный металл  $\text{IV}$  группы ПС. 18. Этот металл  $\text{VIII}$  группы входит в состав витамина  $\text{B}_{12}$ , который называется кобаламин. 19. Этот макроэлемент содержится практически во всех продуктах, хотя большую его часть организм получает из поваренной соли. 20. В организме человека этот элемент в основном находится в скелете и зубах, поэтому при его дефиците увеличивается риск развития остеопороза (непрочность костей). Не забывайте, что главным источником этого элемента для нас являются молочные продукты. 21. Этот элемент занимает 4 место среди других макроэлементов по содержанию его в живых клетках. Он входит в состав белков, аминокислот, хлорофилла, гемоглобина и т.д. и т.п.

1. Разгадайте этот кроссворд. Ответы перепишите в рабочую тетрадь в формате «номер – слово».

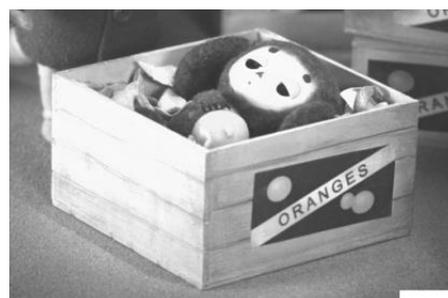
Один из важнейших макроэлементов, находящийся в группе  $\text{IIA}$  ПС, не «вписался» в пределы нашего кроссворда. Он является «главным» атомом в составе хлорофилла, обеспечивающего процесс фотосинтеза в растениях, а в нашем организме, в частности, он необходим для превращения креатинфосфата в АТФ, являющийся поставщиком энергии для живых клеток.

2. Напишите название этого элемента. Какой цвет имеет хлорофилл и какое отношение он имеет к хлору?

3. Напишите уравнения реакций между избытком устойчивого простого вещества, составленного из атомов элемента, расположившегося в нашем кроссворде под № 5 и следующими простыми веществами с номерами из кроссворда: а) № 3; б) № 8; в) № 11; г) № 12 (вправо); д) № 13; е) № 14; ж) № 17; з) № 19; и) № 20.

### Задание 3. «Необычное лекарство».

Всем известно, что если долго находиться в холодном помещении, то можно сильно простудиться. Всем, кроме Чебурашки, который однажды решил полакомиться апельсинами в холодном подвале. Вскоре у него поднялась температура, и начался жуткий кашель. Крокодил Гена не замешкался и принес Чебурашке много разных лекарственных препаратов, самым странным из которых оказался жёлтый порошок (вещество **A**), который необходимо было есть, насыпая его на хлеб. Выздоровев, наш любознательный герой решил узнать, что же это был за порошок. По дороге в библиотеку он встретил старуху Шапокляк, которая дала ему баночку с другим порошком (серым) и посоветовала смешать его со странным лекарством и поджечь. Поскольку читал Чебурашка с трудом, совет старухи ему понравился больше, чем перспектива сидеть в библиотеке несколько часов. Он пришел домой, смешал оба порошка и поджег. Смесь резко вспыхнула и опалила Чебурашке уши. Оправившись от шока, Чебурашка решил посмотреть, что написано на той баночке, что ему дала Шапокляк. Банка была старой и этикетка почти слезла, удалось разглядеть только первые и последние буквы: «ал...ий» (вещество **B**). Чебурашка заглянул в Периодическую систему и быстро нашел там такой элемент. После этого он взвесил твердое вещество, которое получилось после сжигания смеси (вещество **P**), и вычислил состав желтого порошка.



1. Чебурашка легко нашел элемент, название которого совпало с названием серого порошка. Напишите и Вы символическое обозначение элемента **Y**, из атомов которого состоит вещество **B**, и его название.

2. Установите элемент **X**, из которого состоит желтый порошок **A**, зная, что и этот порошок является простым веществом. Дополнительно известно, что Чебурашка приготовил смесь из 5 г серого порошка и 9 г желтого порошка, а масса вещества **P**, полученного после сгорания, составила 13,89 г. Можно считать, что серый порошок полностью вошел в состав вещества **P**, которое является индивидуальным и не содержит примесей. Ответ подтвердите расчетом.

3. Напишите уравнение реакции образования вещества **P** (реакция 1).

После установления состава желтого порошка Чебурашка заинтересовался другими лечебными свойствами соединений элемента **X**. Гена рассказал, что если погреть вещество **A** в водороде, то получится соединение **C**, являющееся основным действующим компонентом серных вод, которые обладают известными лечебными свойствами при лечении заболеваний сердца. В библиотеке Чебурашка нашел простую методику получения водорода, но Гена запретил ему проводить эксперименты с этим газом. Свое решение Гена объяснил тем, что водород с одним из компонентов воздуха образует «гремучую смесь», которая очень взрывоопасна. Кроме того, вещество **C** Чебурашка может легко получить, подействовав водой на уже полученное им вещество **P**.

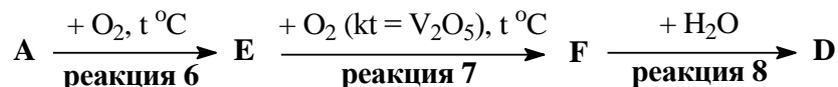
4. Напишите уравнения реакций взаимодействия вещества **A** с водородом (реакция 2) и вещества **P** с водой (реакция 3).

5. Приведите один известный Вам лабораторный метод получения водорода (**реакция 4**). Какие компоненты, и в каком соотношении входят в «гремучую смесь»? Напишите уравнение реакции, происходящей при взрыве этой смеси (**реакция 5**).

В книгах наш сказочный экспериментатор нашёл, что элемент **X** является одним из компонентов, входящих в состав соединения **D**, которое часто называют «кровью химии».

6. Установите состав соединения **D**, если известно, что оно содержит 33 % элемента **X**, 65 % кислорода и 2 % водорода по массе.

Ниже приведена схема синтеза соединения **D** из простого вещества **A**.



7. Установите молекулярные формулы веществ **E** и **F**. Напишите уравнения реакций, представленных на схеме (**реакции 6-8**).

#### **Задание 4.** «Загадочные элементы».

В Периодической системе имеются 4 элемента **A**, **B**, **B**, **Г** про которые попарно известно, что

- 1) простые вещества элементов **A** и **B** при н.у. твёрдые (в любой аллотропной модификации);
- 2) простые вещества элементов **B** и **Г** при н.у. газообразные;
- 3) элементы **B** и **Г** принадлежат одной группе Периодической системы (ПС);
- 4) элементы **B** и **Г** находятся во втором периоде ПС;
- 5) простые вещества элементов **A** и **B** могут реагировать между собой, образуя плохо растворимое в воде соединение **D**, в котором массовая доля элемента **A** 78,3 %;
- 6) простые вещества элементов **B** и **Г** реагируют друг с другом при нагревании с образованием бинарного соединения **E** с массовыми долями элементов по  $\frac{1}{2}$ , а с помощью каталитического процесса из **E** и простого вещества элемента **Г** можно получить бинарное соединение **Ж**.
- 7) элементы **B** и **B** образуют 5 бинарных соединений, но в реакции простых веществ этих элементов в основном образуется газообразное при н. у. бинарное соединение **З** с плотностью по водороду  $\rho(\text{H}_2) = 73$  и массовой долей **B**  $\omega(\text{B}) = 78,0\%$ ;
- 8) простые вещества элементов **A** и **B** при нагревании реагируют между собой, образуя растворимую соль **И** ( $\omega(\text{A}) = 81,0\%$ ), водный раствор которой имеет сильно щелочную среду;
- 9) простое вещество элемента **A** легко вступает в реакцию с простым веществом элемента **Г**, образуя бинарное соединение **К**, растворяющееся в воде с выделением большого количества теплоты. А в избытке простого вещества элемента **Г** и при нагревании до  $500^\circ\text{C}$  из **A** образуется нерастворимое в воде бинарное соединение **Л**, из которого действием раствора  $\text{H}_2\text{SO}_4$  получают бинарное соединение **М** ( $\omega(\text{Г}) = 94,1\%$ ). Соединение **М** проявляет окислительно-восстановительную двойственность, например, в реакции соединения **М** с раствором перманганата калия степень окисления **Г** увеличивается, а в реакции **М** с раствором сульфита натрия – уменьшается;
- 10) простые вещества элементов **B** и **Г** между собой напрямую не реагируют, хотя бинарные соединения этих элементов известны – в таких соединениях элемент **Г** находится в необычной для него степени окисления. Например, существует вещество **Н** с массовой долей элемента **B** около 70 %.

1. Установите элементы **A**, **B**, **B**, **Г**, о которых идёт речь в задаче.

2. Для любых двух названных элементов укажите по 2 аллотропные модификации простых веществ.

3. Определите формулы бинарных веществ **D–H** и напишите уравнения реакций их образования, упомянутые в пп. 5–9 (всего 8 уравнений). С помощью уравнения реакции в ионной форме и необходимых комментариев объясните, почему водный раствор **И** имеет сильно щелочную среду.

4. Установите формулу бинарного вещества **Н**, которое не образуется в прямой реакции между простыми веществами элементов **B** и **Г**. Определите степень окисления **Г** в этом соединении. Почему она необычна: какие степени окисления наиболее характерны для соединений **Г**?

5. Напишите уравнения реакций вещества **М** с растворами перманганата калия и сульфита натрия. Укажите, как изменяется степень окисления **Г** в этих реакциях: в какой реакции **М** выступает в роли окислителя, а в какой – в роли восстановителя?