**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».

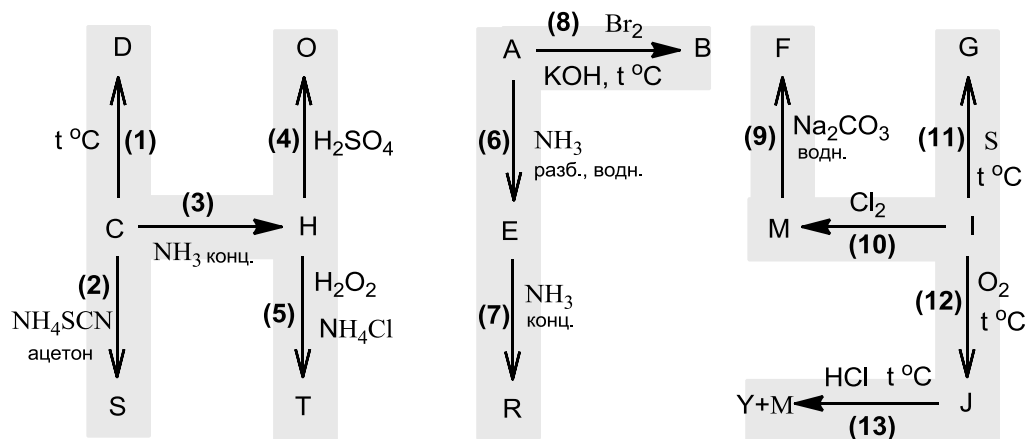
Один из металлов (на схеме он обозначен буквой **I**) известен человеку с древних времен и даже дал название условному «веку», продолжавшемуся с 1200 г до н.э. по 340 г н.э. Более того, этот металл настолько интенсивно нами используется, что для многих людей его название и слово «металл» стали практически 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 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.



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.

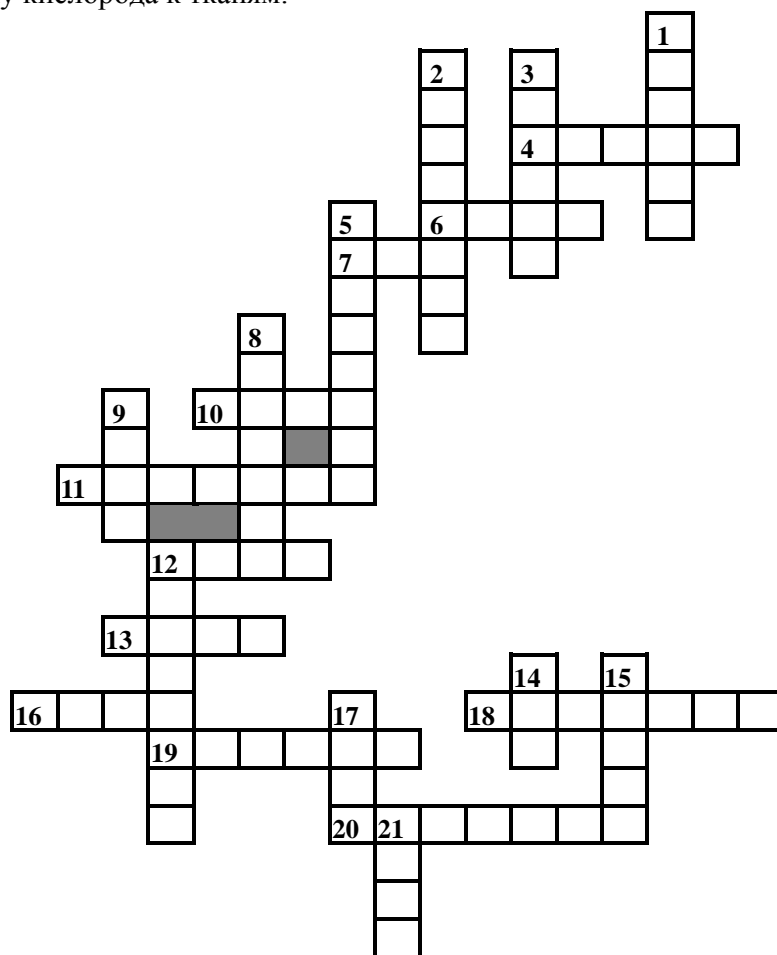
Задание 2. «Макро- и микроэлементы».

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 В₁₂, 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 В₁₂, 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.

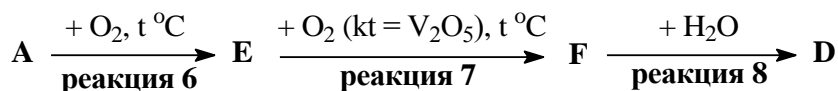
3. Напишите уравнение реакции образования вещества **Р** (реакция 1).

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**, **V**, **Г** такие, что

- 1) простые вещества элементов **A** и **B** при н.у. твёрдые (в любой аллотропной модификации);
- 2) простые вещества элементов **V** и **Г** при н.у. газообразные;
- 3) элементы **B** и **Г** принадлежат одной группе Периодической системы;
- 4) элементы **V** и **Г** принадлежат одному периоду;
- 5) простые вещества элементов **A** и **V** 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 **V** 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 **V** $\omega(\text{V}) = 78,0\%$;
- 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°C из **A** образуется нерастворимое в воде бинарное соединение **Л**, из которого действием раствора H_2SO_4 получают бинарное соединение **M**, проявляющее окислительно-восстановительную двойственность;
- 10) простые вещества элементов **V** и **Г** между собой напрямую не реагируют, хотя бинарные соединения этих элементов известны, например, вещество **H** с массовой долей элемента **V** около 70 %.

Вопросы:

1. Установите элементы **A**, **B**, **V**, **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 **V** 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.