

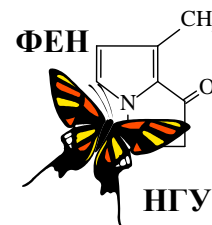


56-я Всесибирская открытая олимпиада школьников

Второй отборочный этап 2017-2018 уч. года

Задания по химии

10 класс



Дорогие ребята!

Вашему вниманию предлагается комплект заданий заочного тура Всесибирской олимпиады школьников по химии 2017-2018 года. В Вашем распоряжении целый месяц времени и все доступные методические ресурсы: библиотеки, книги, задачки, Интернет, школьная лаборатория и т.д. Единственное, о чем мы бы хотели Вас очень сильно попросить: постарайтесь выполнять задания максимально самостоятельно, не переписывая решения друг у друга.

Помните, что для того, чтобы попасть в число призеров, вовсе не обязательно правильно решить все задачи. Даже если Вам удастся найти частичное решение лишь к одному заданию, присылайте нам и его – для Вас это станет первым серьезным шагом на нелегком пути к познанию увлекательной и волшебной науки – химии. Мы, в свою очередь, будем знать о том, что где-то, может быть очень далеко от столицы Сибири, появился еще один любознательный школьник, интересы которого не ограничиваются дискотеками, развлекательными телепередачами, компьютерными играми и социальными сетями.

Для сокращения времени, затрачиваемого на проверку Ваших работ и процедуру подведения итогов, настоятельно просим Вас загружать Ваши решения на сайт и только в исключительных случаях посылать их нам по почте (но в этом случае Вы должны быть уверены, что мы получим их до 25.01.2018 г). Если у Вас нет возможности сканировать листы с решениями, попробуйте их сфотографировать, но обязательно затем проверьте, как они читаются на экране компьютера.

Успехов Вам во всех Ваших делах и начинаниях и с наступающим Новым годом!

С искренним уважением к Вам и Вашим педагогам и наставникам,

Методическая комиссия и жюри Всесибирской открытой олимпиады школьников по химии.

Задание 1. «С наступающим Новым годом!»

Мы предлагаем Вашему вниманию выдержку из очень симпатичного стихотворения, имеющего самое непосредственное отношение к предмету нашей олимпиады.

*В ... (1) по счёту группе
Периодической таблицы,
Пять ... (2) охраняют
Свои священные границы.
В своей молекулярной форме,
Они ... (3) атома включают,
Но никогда в свободном виде
Нигде их люди не встречают.
Вот ... (4) и ... (5) – по сути газы,
От них есть спец – противогазы,
... (6) – красно бурная бурда,
... (7) – кристаллический всегда.
... (4) очень мощный окислитель,
В тефлоне лучший заменитель
Жиров при выпечке блинов,
... (4) очень важен для зубов.
... (5) в наше время применяют
Для дезинфекции воды,
А ... (8) люди
Употребляют для еды.*



1. Внимательно прочитайте стихотворение и вставьте пропущенные слова (1-8). Ответы перепишите в свою работу в формате "номер - слово". Как Вы думаете, как называется это стихотворение?

Все вещества **A-L** на нашей новогодней елке содержат один из элементов, описанных в стихотворении. Известно, что вещество **A** (оно же **8**) люди издавна используют в пищу для улучшения вкуса еды, простое вещество **B** (оно же **5**) – газ желто-зеленого цвета, а массовая доля кислорода в веществе **D** составляет 39,2 %. Помимо этого известно, что уравнения реакций [1-2] описывают промышленный и лабораторный способы получения вещества **B** из вещества **A** в одну стадию, а одним из продуктов реакции [11] является бурый осадок простого вещества.

2. Назовите вещества **A-L** по традиционной химической номенклатуре.

3. Напишите уравнения реакций [1-11].

Элементы (4) и (5) (простые вещества – газы) образуют три бинарных (двухэлементных) вещества, в состав которых входят оба этих элемента.

4. Изобразите пространственное строение этих молекул в газовой фазе, укажите приблизительные значения валентных углов и назовите образуемые молекулами геометрические фигуры (поясните свои ответы). Напишите уравнения реакций этих соединений с холодным ($<0^{\circ}C$) водным раствором гидроксида калия.

Для обнаружения в водном растворе большинства анионов, образованных элементами из этого стихотворения, используют нитрат серебра.

5. Какого цвета осадки получатся в каждом случае для анионов элементов (4-7)? Ответ приведите в формате "формула – цвет". Если осадок не получится, то укажите это. Каким словом обычно характеризуют форму этих осадков? Напишите уравнения реакций растворения одного из этих осадков в концентрированной соляной кислоте, другого – в растворе аммиака, третьего – в растворе тиосульфата натрия.

6. Известно, что элемент (6) представлен в природе двумя стабильными изотопами. Массовые числа каждого из этих изотопов на единицу отличаются от его округленной атомной массы. Вычислите их природные доли в мольных и массовых %.

Один из элементов (4-7) встречается в природе в виде единственного изотопа (т. н. моноизотопный элемент). Тем не менее, известны несколько его радиоактивных изотопов, полученных искусственным путем. Например, при бомбардировке изотопночистого ${}^9\text{Be}$ ядрами азота-14 получается изотоп, который используется в медицине для исследований человека методом позитронно-эмиссионной томографии (ПЭТ). Для ПЭТ-исследований синтезируют глюкозу, в которой одна из ОН групп замещена на этот радиоактивный изотоп. Клетки опухоли интенсивнее остальных потребляют глюкозу, вследствие чего концентрация радиоизотопа в опухолевых клетках оказывается значительно выше, чем в здоровых. Стандартное время ожидания пациента от введения препарата до начала процедуры сканирования занимает 90 мин. За это время препарат успевает распределиться в тканях и органах.

7. Назовите этот моноизотопный элемент. Укажите причину, по которой атомная масса этого элемента оказалась меньше, чем массовое число его природного изотопа. Напишите уравнение описанной реакции искусственного получения его радиоактивного изотопа (второй продукт этой ядерной реакции - ядро ${}^5\text{He}$) и уравнение радиоактивного распада этого изотопа. Если у Вас возникли трудности с типом этого распада, внимательно перечитайте абзац с описанием свойств изотопа.

Радиоактивный распад является реакцией первого порядка (скорость реакции прямо пропорциональна концентрации реагента). Это означает, что концентрация распадающегося изотопа экспоненциально убывает в соответствии с уравнением $C(t) = C_0 \cdot e^{-kt}$, где $C(t)$ – концентрация распадающегося изотопа в момент времени t , C_0 – начальная концентрация этого изотопа, k – константа скорости распада.

8. Вычислите константу скорости распада изотопа, если известно, что период его полураспада составляет 1,83 часа. Оцените соотношение между количеством изотопа в организме в момент начала сканирования и количеством введенного изотопа.

Реакции ... (2)ирования органических соединений играют важную роль в процессах получения растворителей, полимеров и реагентов для химической промышленности. Этот процесс может быть осуществлен разными методами, но часто используют реакции, протекающие по механизму радикального замещения. При этом разные атомы водорода замещаются с разной скоростью. На количественный состав продуктов влияет как количество одинаковых атомов, так и скорость замещения атомов водорода при первичных, вторичных и третичных атомах углерода. В результате в реакции образуются изомерные алкилпроизводные в разных соотношениях. Известно, что скорости ... (5)ирования по первичным, вторичным и третичным атомам углерода относятся при 200°C как $1 : 3,9 : 5,1$, а при 600°C $1 : 1 : 1$. Таким образом, для пропана при 200°C получается два продукта ... (5)ирования 1-...пропан и 2-...пропан в соотношении $6:7.8$ или $43,5\%$ и $56,5\%$.

9. Изобразите структурные формулы моно... (5)производных 2-метилбутана и назовите их по номенклатуре ИУПАС. Используя данные о скоростях, оцените количественный (в %) состав продуктов моно... (5)ирования 2-метилбутана при разной температуре (200°C и 600°C).

10. Объясните, с чем может быть связан именно такой порядок изменения скоростей реакций замещения при различных атомах углерода (по третичным наибольшая, по первичным наименьшая). Поясните, почему при 600°C скорость замещения разных атомов одинакова.

11. Водный раствор простого вещества (6) является качественной реакцией на ненасыщенные углеводороды. Напишите уравнение реакции этого раствора с циклогексеном. Что изменится, если использовать не водный раствор вещества (6), а его раствор в CCl_4 (ответ подтвердите написанием уравнения химической реакции)? Укажите, какие именно геометрические изомеры продуктов будут получаться в обоих случаях. А какой продукт будет получаться при реакции вещества (6) с циклогексеном при высокой температуре?

Задание 2. «Три соли».

Для проведения качественного анализа вам выданы три одинаковых не подписанных пробирки с индивидуальными веществами (солями) белого цвета. Известно, что каждое из этих веществ в своем составе содержит только один катион и один анион, а общий список ионов, входящих в состав всех трех солей, таков: K^+ , NH_4^+ , Ca^{2+} , SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , Cl^- . Как, имея в наличии только штатив с пустыми пробирками, универсальную индикаторную бумагу (в кислой среде – красная, в нейтральной – желтая, в щелочной – синяя) и подписанные склянки с дистиллированной водой и раствором $\text{Ba}(\text{OH})_2$, установить состав каждой соли? Приведите подробную схему определения и уравнения соответствующих реакций. Постарайтесь, чтобы Ваша схема была мак-



симально рациональной, но при этом позволяла однозначно идентифицировать каждую соль независимо от того, в каких сочетаниях оказались в пробирках эти катионы и анионы. Имейте в виду, что в этой системе отличить малорастворимую соль от нерастворимой соли «на глаз» не получится.

Задание 3. «Тяжелая жидкость» *«Химия дает в общем два пути для определения природы составных частей какого-нибудь тела – ... и ...».*

А.Л. Лавуазье.



Простое вещество **X** при н.у. представляет собой тяжёлую подвижную жидкость, известную человечеству с древнейших времен. С простым газообразным веществом **Y**, 39,9 г которого при н.у. занимают объём 12,6 л, **X** образует два бинарных соединения: **A** (73,88 масс. % элемента **X**) и **B** (84,98 масс. % **X**), которые в Средневековье использовались в качестве лекарственных средств.

1. Попробуйте закончить фразу Лавуазье, вынесенную в качестве цитаты. Отметим, что оба предложенных великим ученым пути весьма актуальны и для современных химиков. Установите жидкость **X** и газ **Y**, вещества **A** и **B**; ответы подтвердите расчетом. Укажите способы получения веществ **A** и **B** в чистом виде (с условиями) и приведите их исторические названия. Почему современная медицина отказалась от их использования в качестве лекарственных средств?

Великий французский ученый Антуан Лоран Лавуазье еще более 230 лет назад провел следующие эксперименты, позволившие ему «произвести анализ атмосферного воздуха». Поместив 4,00 унции **X** в большую запаянную реторту, Лавуазье нагревал ее в печи в течение 12 дней. После того, как процесс прекратился, он взял 45 гранов образовавшегося на поверхности **X** красного вещества **C** и поместил их в маленькую открытую реторту, соединенную со специальным прибором для приема жидких и газообразных продуктов. «Зажегши огонь в печке, - писал Лавуазье, - я заметил, что по мере того как красное вещество нагревалось, его цвет становился все более интенсивным. Когда затем реторта стала накаляться, красное вещество начало мало-помалу уменьшаться в объеме и через несколько минут оно совершенно исчезло».

2. Установите вещество **C** и напишите уравнения реакций, проведенных Лавуазье. Сколько унций этого вещества (с точностью до сотых) он мог бы получить в своем опыте при максимальном выходе? Почему вещество «совершенно исчезло» из его маленькой реторты?

Современные химики работают с жидкостью **X** в специально оборудованных лабораториях, используя особые меры предосторожности. Случайно пролитую жидкость **X** посыпают порошком серы, затем порошок собирают и тщательно протирают поверхность ватой или тряпкой, пропитанной раствором хлорного железа. Все отходы, содержащие элемент **X**, собирают в специальные склянки и передают на утилизацию.

3. Каким физическим свойством жидкости **X** обусловлены «особые меры предосторожности» при работе с ней? Какой человеческий орган при отравлении **X** поражается в первую очередь и каковы признаки этого отравления? Напишите уравнения реакций, позволяющих избавиться от случайно разлитой жидкости **X**.

Химические свойства жидкости **X** и других соединений этого элемента в настоящее время хорошо известны. Нагревание **X** с концентрированной азотной кислотой приводит к образованию газа **D** и раствора соединения **E**. При взаимодействии полученного раствора с NaOH получается желтый осадок **F**, нагревание которого в «закрытой реторте» приводит к его покраснению без изменения массы. В реакции избытка **X** с разбавленной азотной кислотой образуется бесцветный газ **G** и раствор соединения **H**. Взаимодействие полученного раствора с NaOH приводит к образованию черно-коричневого осадка, являющегося смесью **F** и **X**.

4. Определите формулы веществ **D** – **H** и напишите уравнения реакций, характеризующих свойства жидкости **X** и других соединений этого элемента.

Весьма примечателен и необычен спектр веществ, образуемый соединениями **A**, **B**, **C** в реакциях с аммиаком. При длительном выдерживании **C** в концентрированном водном растворе аммиака образуется ярко-желтый дигидрат основания Миллона, содержащий 85,7 % **X** и 2,99 % **N**. Моногидрат хлорида этого основания может быть получен при кипячении **A** в разбавленном аммиаке. А вот при комнатной температуре **A** с разбавленным аммиаком дает белый неплавкий преципитат (79,6 % **X** и

5,56 % N), а с жидким аммиаком при повышенной температуре – плавкий белый преципитат (65,6 % X и 9,17 % N). Резкое почернение белого осадка **В** под действием раствора аммиака используется в качественном анализе для открытия катионов, входящих в состав **В**.

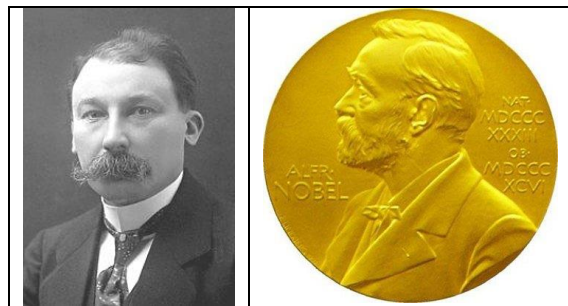
5. Установите формулы дигидрата основания Миллона, гидрата хлорида этого основания, плавкого и неплавкого белого преципитатов. Напишите уравнения описанных реакций **А**, **В**, **С** с аммиаком в разных условиях.

Задание 4. «Реактив Гриньяра».

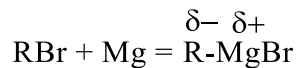
«За открытие так называемого реактива Гриньяра, в последние годы существенно способствовавшего развитию органической химии».

Нобелевская премия по химии 1912 г

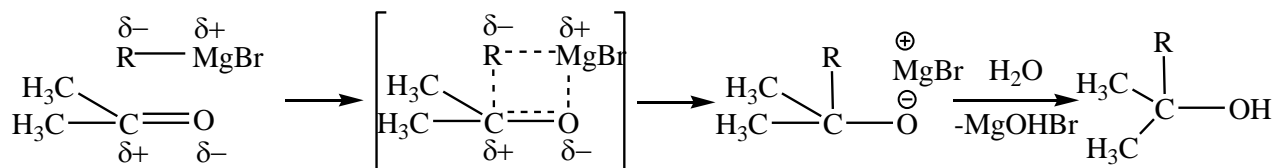
В 2017 году исполнилось 105 лет с момента вручения Нобелевской премии по химии двум выдающимся французским ученым Виктору Гриньяру и Полю Сабатье.



В 1900 г. Гриньяр и его учитель Барбье, используя аналогию с известной в то время реакцией йодистых алкилов с цинком, впервые получили магниорганические соединения. Гриньяр заменил цинк магнием и использовал в качестве растворителя тщательно обезвоженный диэтиловый эфир. В отличие от цинкорганических соединений, реактивы Гриньяра не самовоспламеняются на воздухе, поэтому более удобны в обращении. Для понимания того, как образуются, и как реагируют реактивы Гриньяра, достаточно следующего приближения:

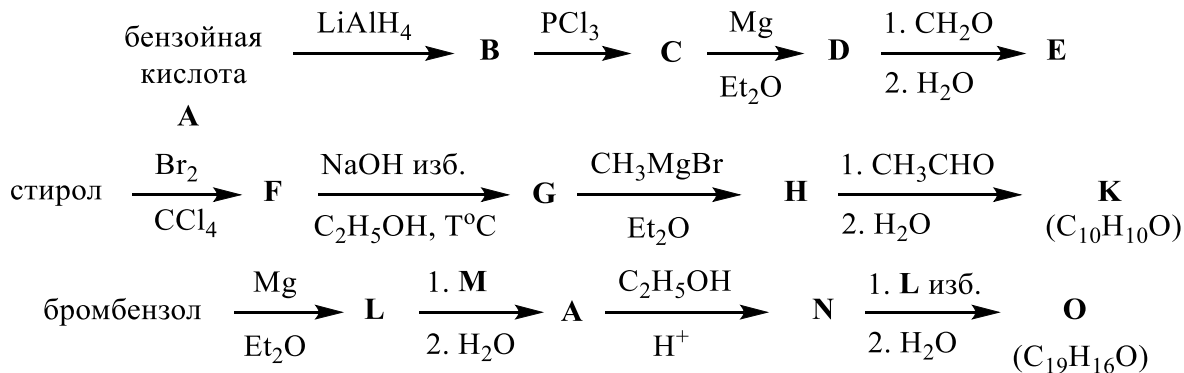


Поскольку на атоме углерода находится частичный отрицательный заряд, то алкильная группа легко присоединяется к электрон-дефицитным атомам в другой молекуле, т.е. проявляет нуклеофильные свойства:



Кроме нуклеофильных свойств, реактивы Гриньяра обладают и основными свойствами. Например, взаимодействие эфирного раствора метилмагнийбромида с водой приводит к образованию метана.

Вот уже более 100 лет реактивы Гриньяра активно применяются для получения различных классов органических соединений. На предлагаемых Вашему вниманию схемах приведены примеры такого применения. Если Вы внимательно прочитали условие задачи и немножко знаете органическую химию, то сможете ответить на наши вопросы и когда-нибудь (а вдруг?) использовать эти замечательные реактивы и в своих экспериментах.



1. Приведите структурные формулы бензойной кислоты, стирола и бромбензола.
2. Приведите структурные формулы соединений **В-О**, представленных на схемах:
3. Напишите уравнение реакции гидролиза метилмагнийбромида. Определите молярную концентрацию метилмагнийбромида в имеющемся эфирном растворе, если при добавлении избытка воды к 10,0 мл этого раствора выделилось 11,2 мл (н.у.) газа.