

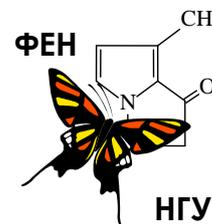


54-я Всесибирская открытая олимпиада школьников

Второй отборочный этап 2015-2016 уч. года

Задания по химии

11 класс



*Дорогие ребята!*

*Вашему вниманию предлагается комплект заданий заочного тура Всесибирской олимпиады школьников по химии 2015-2016 года. В Вашем распоряжении почти полтора месяца 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 25.01.2016 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,*

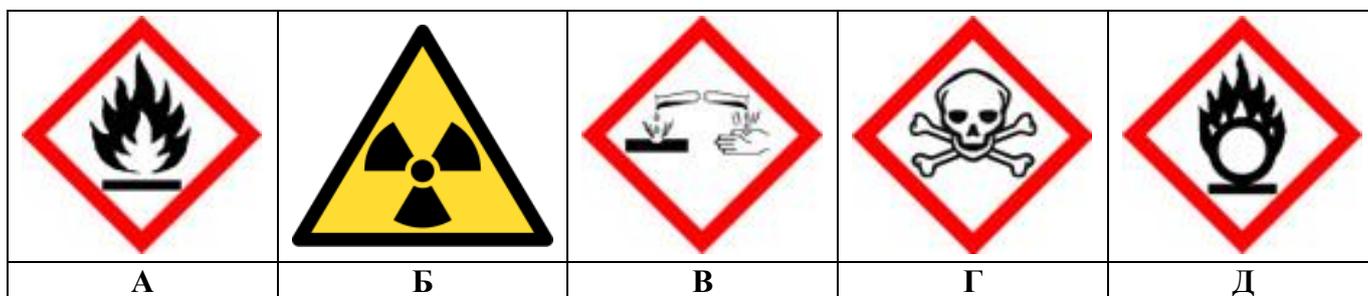
*Методическая комиссия и жюри Всесибирской открытой олимпиады школьников.*

## Задание 1. «Техника безопасности».

«Чувство страха и чувство опасности относится к разным сферам. Первое к сфере инстинктов. Второе к сфере рассудка. Первое надо подавлять, второе развивать.

И. Шевелев

Знания техники безопасности спасли не одного химика от тяжелых увечий или даже гибели. Свод правил поведения в лаборатории при работе с химическими приборами, оборудованием и химическими реактивами в прямом смысле написан кровью. Строгое соблюдение этих правил, применение специальной одежды и специальных средств защиты позволяет безопасно работать в химических лабораториях и на производствах, использующих химические вещества. Для правильного обращения с химическими веществами используется специальная маркировка на таре, которая позволяет определить с какой степенью осторожности следует работать с реактивом, и какие средства защиты надо при этом применять. Ниже приведены некоторые типы таких маркировок.



1. Кратко (1-3 слова) поясните, о каких опасных свойствах вещества предупреждает каждый из представленных видов маркировки.

Алхимику необходимо было приготовить 1 л 20 % раствора серной кислоты (его плотность 1,26 г/мл) в воде (плотность 1 г/мл). Он правильно рассчитал необходимые количества концентрированной серной кислоты (массовая доля 98 %, плотность 1,84 г/мл) и воды. Затем он отмерил с помощью мерного цилиндра серную кислоту, перелил ее в литровый стакан и начал медленно добавлять к ней отмеренный объем воды. Однако смесь очень быстро забулькала, и ее брызги попали прямо на пальцы алхимика.

2. Какой объем концентрированной серной кислоты и воды отмерил алхимик (приведите необходимые расчеты)? Какие два основных правила техники безопасности, которые надо соблюдать при приготовлении раствора серной кислоты, нарушил этот алхимик? Какие действия необходимо предпринять, если кислота все-таки попадет на кожу? При необходимости напишите уравнение реакции.

Практически во всех школах проводятся лабораторные работы по химии. При этом учитель всегда подробно рассказывает учащимся о правилах техники безопасности при работе с химическими веществами и оборудованием. Однако, как только в руках оказываются колбы, пробирки и стаканы с настоящими веществами, многие забывают про эти правила и подвергают себя опасности.

3. Как называется процедура знакомства с правилами техники безопасности и чем она обязательно должна заканчиваться для человека, с этими правилами ознакомившегося?

Для того чтобы напомнить Вам об основных нарушениях техники безопасности, которые совершаются школьниками в лаборатории, нам пришлось самим нарушить все мыслимые и немыслимые запреты. На фотографии, сделанной в химической лаборатории кафедры химии СУНЦ НГУ, можно увидеть не менее 15 нарушений правил техники безопасности. Чтобы Вам было удобнее отмечать эти нарушения, фото разделено на прямоугольники (по вертикали буква, по горизонтали цифра).



4. Внимательно рассмотрите фотографию и установите, какие нарушения правил техники безопасности есть на этом фото. Для удобства проверки в своем решении приведите номер прямоугольника, в котором есть нарушение, и кратко поясните, в чем оно заключается, или что именно должен был сделать химик, чтобы не нарушать технику безопасности. Например:

В14	При перегонке жидкостей в колбу необходимо помещать «кипелки» или магнитный якорек (если жидкость нагревается на магнитной мешалке)
-----	---

## **Задание 2. «Мертвое море».**

*«Это было забавное купанье! Мы не могли утонуть. Здесь можно вытянуться на воде во всю длину, лежа на спине и сложив руки на груди, причем большая часть тела будет оставаться над водой. При этом можно совсем поднять голову... Вы можете лежать очень удобно на спине, подняв колени к подбородку и охватив их руками, — но вскоре перевернетесь, так как голова перевешивает. Вы можете встать на голову — и от середины груди до конца ног будете оставаться вне воды, но вы не сможете долго сохранять такое положение. Вы не можете плыть на спине, подвигаясь сколько-нибудь заметно, так как ноги ваши торчат из воды и вам приходится отталкиваться только пятками. Если же вы плывете лицом вниз, то двигаетесь не вперед, а назад. Лошадь так неустойчива, что не может ни плавать, ни стоять в Мертвом море, — она тотчас же ложится на бок».*

Цитата из Марка Твена, приведенная в «Занимательной физике» Якова Перельмана

Солёные озёра – удивительное природное явление. Большое содержание минеральных солей обеспечивает такую высокую плотность воде, что человек может лежать на её поверхности.

Такие озёра есть на всех материках, даже в Антарктиде. Одним из самых крупных и популярных солёных озер является находящееся на границе Израиля, Палестины и Иордании Мёртвое море, воды которого знамениты своими целебными свойствами. Известно, что солёность воде Мёртвого моря в основном обеспечивают хлориды натрия, калия, магния и кальция.

1. Почему израильское солёное море-озеро называют Мёртвым?

Для анализа содержания солей в этом море-озере провели серию экспериментов:

1) 10 мл озёрной воды (плотность 1,19 г/мл) упарили досуха, а твердый остаток прокалили до полного удаления кристаллизационной воды. Масса остатка после упаривания составила 5,521 г, после прокаливания – 3,213 г.

2) К 10 мл озёрной воды добавляли раствор нитрата серебра с массовой долей 10 % (плотность 1,09 г/мл) до окончания реакции, истратив при этом 95,65 мл раствора нитрата серебра.

3) К 10 мл озёрной воды добавляли раствор карбоната натрия с массовой долей 5 % (плотность 1,05 г/мл) до окончания реакции, истратив при этом 43,15 мл карбоната натрия. Получившийся при этом осадок отфильтровали. Прозрачный раствор, полученный после отделения осадка (его называют маточным раствором), выпарили и высушили. Масса твёрдого остатка, полученного после испарения раствора, составила 3,618 г.

2. Вычислите общую солёность воды Мертвого моря (массовую долю суммы солей). Оцените суммарные запасы минеральных солей в Мёртвом море (в тоннах). Для простоты будем считать это море параллелепипедом с длиной 67 км, шириной 18 км, глубиной 306 м.

3. Напишите уравнения реакций, осуществленных в экспериментах 2) и 3).

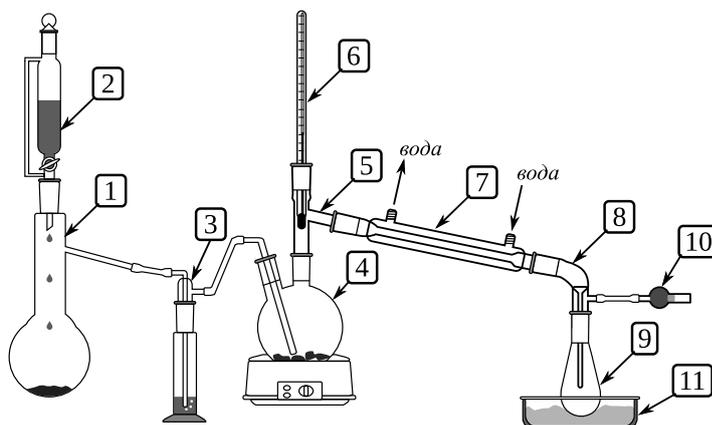
4. Рассчитайте массовую долю каждого из хлоридов (Na, K, Mg и Ca) в воде Мёртвого моря.

5. Вычислите мольную долю каждого из компонентов в остатке после упаривания в первом эксперименте (воду считать за отдельный компонент).

### Задание 3. «Химический практикум».

Студенты 1 курса факультета естественных наук Новосибирского госуниверситета Дима и Алина на практикуме по неорганической химии собрали одинаковые установки для синтеза различных неорганических соединений (см. рис.).

В ходе выполнения практикума Дима сделал следующие записи в своём лабораторном журнале (цифры совпадают с обозначениями на рис., а на месте многоточий пропущены названия веществ):



«В **1** поместил порошок ..., в **2** залил ..., в **4** положил 5,00 г желтовато-белых кусочков ....

**3** заполнил ... таким образом, чтобы трубка погрузилась в жидкость на ~1 см. **10** заполнил ....

Взвесил **9** вместе со стеклянной пробкой,  $m = 148,34$  г. Поместил ее в **11** со смесью ... и ....

Слегка приоткрыл краник на **2**, чтобы обеспечить равномерный ток газа (1–2 пузырька в **3** в секунду). Газ пропускал в **4**, периодически встряхивая её. Для ускорения реакции подогревал **4** с помощью колбонагревателя.

После того, как в **4** не осталось твёрдого вещества, закрыл краник на **2**, поместил в **4** «кипелки» и заменил газоподводящую трубку на пробку. При температуре 76 °С перегонялась фракция А, которую собирал в **9**. Затем отсоединил **9**, закрыл ее пробкой и взвесил. Масса **9** с А 150,22 г.

В **4** осталась бесцветная жидкость Б».

Алина в свою очередь сделала следующие записи:

«В **1** поместила ..., в **2** — ....

**3** заполнила ... таким образом, чтобы трубка погрузилась в жидкость на ~1 см.

На дно **4** поместила 2,98 г гранул металлического .... Присоединила к **4** газоподводящую трубку и **5**, снабжённую **6** и **7**. К **7** с помощью **8** присоединила **9**, которую погрузила в **11** со смесью ... и .... К боковому отводу **8** присоединила **10** с ....

Ток газа из **1** равномерно пропускала через установку в течение 1–2 мин, а затем начала нагревание **4** с помощью колбонагревателя. Нагревание и пропускание газа продолжала в течение 2 часов. При этом в **9** собралась жидкость **В**».

Лаборант в своём журнале отметил, что для проведения работ ребятам нужно выдать следующие реактивы:  $\text{KMnO}_4$ ,  $\text{CaCl}_2$  безводн.,  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{PCl}_5$ ,  $\text{Sn}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  конц. ( $\omega = 98\%$ ,  $\rho = 1,84$  г/мл),  $\text{HCl}$  конц. ( $\omega = 36,5\%$ ,  $\rho = 1,18$  г/мл). Кроме того, в распоряжении студентов в свободном доступе колотый лёд, дистиллированная вода и некоторые вещества для качественных реакций: раствор аммиака, натриевая щелочь, хлорид аммония, молибдат аммония и др.

1. Приведите названия частей установки, обозначенных цифрами **1**–**11** на рисунке.
2. Приведите уравнения реакций, с помощью которых из представленного набора реактивов для проведения работ в сосуде **1** можно получить газообразные вещества. Какие из этих реакций не имеет смысла использовать в представленной установке? Объясните, почему.
3. Какие вещества каждый из студентов поместил в **1**, **2**, **3**, **4**, **10**, **11**?

Полученные студентами жидкости **А**, **Б** и **В** очень летучи и дымят на воздухе, поэтому дальнейшие действия с ними студенты проводили очень осторожно.

Дима взял по несколько капель **А** и **Б** и накапал их в стаканы с ледяной водой, получив два прозрачных бесцветных раствора. К первому из них он добавил раствор перманганата калия, который обесцветился. Ко второму Дима добавил раствор молибдата аммония и наблюдал образование жёлтого осадка.

Алина в свою очередь разделила жидкость **В** на 2 равные части. Одну из них она вылила в раствор хлорида аммония в концентрированной соляной кислоте, получив белый осадок массой 2,26 г. В растворе при этом остались только избыточные кислота и хлорид аммония. Другую часть Алина добавила в разбавленный раствор аммиака — при этом выпал белый осадок, который Алина смогла растворить как в растворе серной кислоты, так и в растворе натриевой щёлочи. Однако после нагревания белого осадка в течение 15–20 минут в пламени спиртовки он утратил способность растворяться как в кислотах, так и в щелочах.

4. Установите вещества **А**, **Б** и **В**, напишите уравнения всех реакций, проведенных студентами как в ходе выполнения синтезов, так и по их окончании.
5. Вычислите минимальные массы сухих веществ и минимальные объемы жидкостей, которые студенты должны были поместить в **1** и **2** для количественного (100 %) превращения помещенных в **4** веществ в желаемые продукты **А** и **В**.
6. Рассчитайте выходы веществ **А** и **В** (отношение массы полученного вещества к максимально возможной массе) в ходе экспериментов, проведенных студентами.

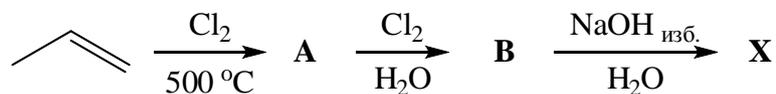
#### **Задание 4.** «Сладкая жизнь».

*«Сахар и пряности – и  
будет много радости»  
Народная мудрость.*

Несколько веков назад сахар, как и пряности, был доступен только богачам. А ведь если бы люди не ели сахар, то мир был бы другим. Все потому, что несколько веков назад большой спрос на сахар стимулировал использование труда невольников и послужил толчком для насильственной миграции миллионов африканцев в Новый Свет. Более того, торговля сахаром в XVIII веке ускорила экономический подъем в Европе.

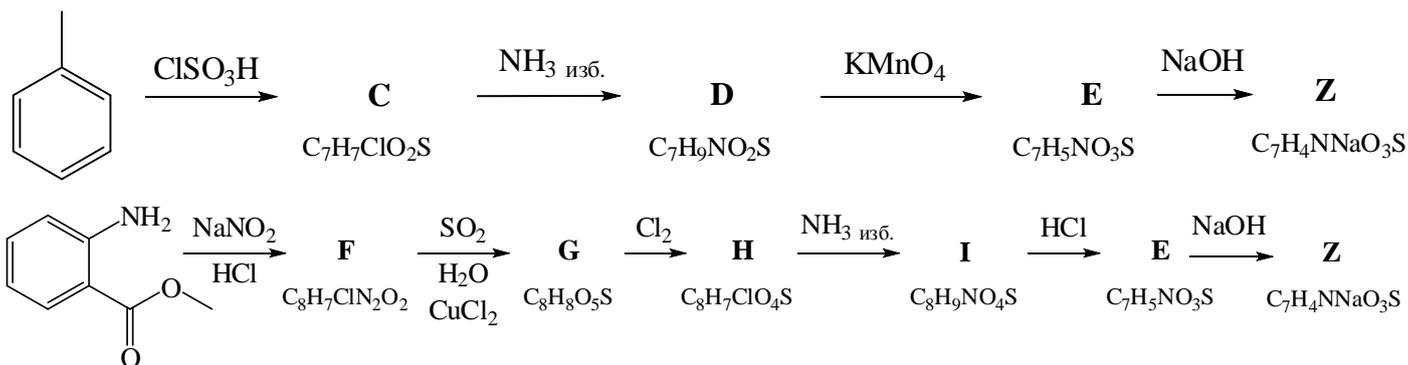
Существует множество веществ со сладким вкусом. Пример такого соединения со сладким вкусом – вещество **Х**. Оно применяется в качестве эмульгатора в пищевой промышленности. Его можно получить по следующей схеме.





Несмотря на то, что сладкий вкус привлекает людей, существуют множество ядовитых веществ, имеющих сладкий вкус. Вещество **Y** очень сходно с веществом **X** и тоже обладает сладковатым вкусом, однако является довольно ядовитым. Попадая в организм человека, вещество **Y** под действием ферментов окисляется, в частности, до щавелевой кислоты. Щавелевая кислота вызывает повреждение почечной ткани, а также, взаимодействуя, например, с ионами  $\text{Ca}^{2+}$ , образует почечные камни (нерастворимые соли щавелевой кислоты).

Избыточное потребление сахара приводит к возникновению болезни, которая называется «сахарный диабет». В связи с нарушением работы эндокринной системы организм вырабатывает мало инсулина и человек может умереть даже от небольшого количества съеденного сахара. Для таких людей лучший совет – умеренность в употреблении сахара. Для того чтобы больные сахарным диабетом тоже могли есть сладкое, были синтезированы специальные вещества - сахарозаменители, которые обладают сладким вкусом. Одним из таких заменителей является вещество **Z**. Его можно получить по приведенным ниже схемам.



1. Как мы знаем, сахар (сахароза) – это дисахарид, который состоит из остатков двух моносахаридов. Приведите молекулярную формулу сахарозы. Из каких двух остатков моносахаридов состоит сахароза? Назовите эти два моносахарида, приведите их молекулярные формулы и нарисуйте их структурные формулы в проекции Фишера.

2. Приведите структурные формулы веществ **A-B** и **X**.

3. Известно, что на сжигание 0,1 моль вещества **Y** расходуется 5,6 л кислорода (измерено при н.у.), а образуется при этом 4,48 л углекислого газа (н.у.) и 5,4 г воды. Определите молекулярную формулу вещества **Y** (ответ подтвердите расчетом), назовите его и нарисуйте структурную формулу. Как называются соли щавелевой кислоты?

4. Приведите структурные формулы веществ **C-I** и **Z**, если известно, что в соединении **C** все ароматические атомы водорода являют неэквивалентными.