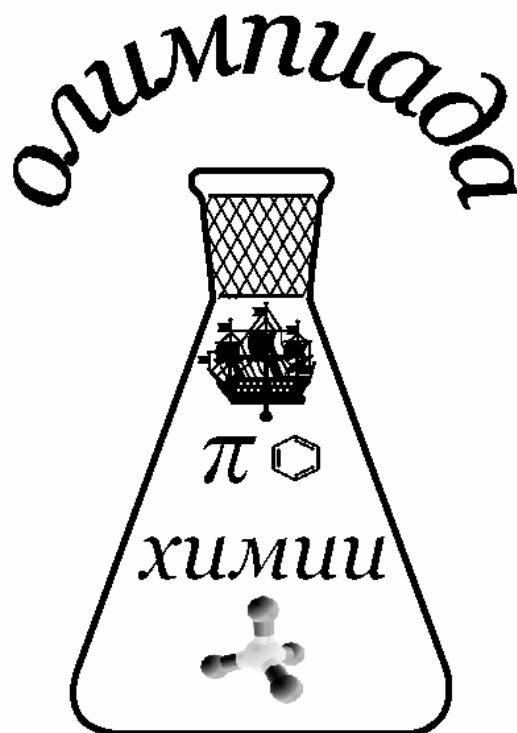


Комитет по образованию Санкт-Петербурга
Санкт-Петербургский городской дворец творчества юных
Санкт-Петербургский государственный университет
Российский государственный педагогический университет им. Герцена
Санкт-Петербургский университет технологии и дизайна



Задания

80-ой Санкт-Петербургской олимпиады школьников по химии

Санкт-Петербург
2014 г.

**Сборник задач районного и городского этапов
Санкт-Петербургской городской олимпиады школьников по химии
с решениями и указаниями к решению
(для учителей, методистов, педагогов системы дополнительного
образования школьников и учащихся 8-11 классов)**

Напечатано при поддержке ООО «Аквафор» - фильтры для воды

Составители: Байгозин Д.В., Бахманчук Е.Н., Башмаков В.Я.,
Бегельдиева С.М., Ванин А.А., Гусев И.М., Злотников Э.Г., Миссюль Б.В.,
Михайлов К.И., Мосягин И.П., Пошехонов И.С., Ростовский Н.В.,
Скрипкин М.Ю. (ответственный редактор), Хлебникова Л.А.

ИЗ ИСТОРИИ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОЙ ГОРОДСКОЙ ОЛИМПИАДЫ ШКОЛЬНИКОВ ПО ХИМИИ

В этом году проходила юбилейная, 80-я, Санкт-Петербургская (Ленинградская) олимпиада школьников по химии. Именно в нашем городе такие мероприятия стали проводиться впервые. В Москве олимпиады школьников по химии начали проводиться с 1938 года, а всесоюзные (всероссийские) соревнования химиков еще моложе – первое из них состоялось только в 1964 году (таким образом, для всероссийских олимпиад этот год также стал юбилейным – им исполнилось 50 лет).

Первые Ленинградские олимпиады школьников по химии проводились еще в довоенные годы, однако, к сожалению, ни информация об их организации, ни примеры заданий, ни списки победителей не сохранились. Наиболее старые из сохранившихся документов относятся к периоду блокады Ленинграда. В 1943 году Городским отделом народного образования была организована Олимпиада детского творчества, включавшая, в числе прочих, соревнования по химии. Понятно, что в то время нелегко было привлечь школьников к участию в данном мероприятии – свои работы (а тогда олимпиада проводилась в форме собеседования по докладам) представило только 20 человек.

С 1945 года форма проведения олимпиады была существенно изменена. С этого года участникам начали предлагать вопросы и задачи, решение которых требовало не только глубокого знания школьной программы, но и смекалки, способности к обобщению и прогнозированию, химической эрудиции. В 1946 году олимпиада впервые была проведена уже не в один, а в три этапа – школьный, районный и городской. Такой порядок проведения сохраняется до настоящего времени.

В организации и проведении Санкт-Петербургской (Ленинградской) олимпиады школьников по химии активное участие принимали учителя химии школ города, районные методисты, сотрудники Санкт-Петербургского (Ленинградского) государственного университета, Российского педагогического университета имени А. И. Герцена (ранее – Ленинградский педагогический институт), Санкт-Петербургского (Ленинградского) технологического института, Санкт-Петербургской академии постдипломного педагогического образования (ранее – Ленинградский институт усовершенствования учителей), Санкт-Петербургского Дворца Творчества Юных (ранее – Ленинградский Дворец Пионеров). Особо хотелось бы выделить вклад представителей Ленинградского педагогического института А.Д. Смирнова и В.П. Гаркунова, преподавателей ЛГУ (СПбГУ) А.В. Суворова, А.С. Днепровского, А.А. Потехина, В.В. Соколова, учителя химии В.И. Недосекина, сотрудника НИИЭМ РАМН Б.В. Миссюля. С 1970 года представителем Педагогического института в оргкомитете олимпиады становится Э.Г. Злотников, с 1991 г. А.В. Суворов привлекает к проведению олимпиады М.Ю. Скрипкина, с 2009 г. куратором проведения олимпиады для учащихся 11-х классов становится Д.В.Байгозин, а для 8-х классов – С.М. Бегельдиева. В

таком составе кураторы проведения олимпиады по параллелям работают до сегодняшнего дня. Что же касается непосредственно организационной работы, то ее осуществляли представители отдела науки и техники Ленинградского Дворца пионеров (сейчас СПбГДТЮ), среди которых наибольший вклад внесли В.Я. Григошин и Е.Л. Золотухина. Высокий творческий уровень заданий, успехи участников на заключительном этапе Всесоюзной олимпиады – все это определило придание Санкт-Петербургской (Ленинградской) городской олимпиаде школьников по химии статуса регионального отборочного этапа, т.е., победители олимпиады непосредственно, без дополнительного отбора, становились участниками заключительного этапа. При этом следует отметить, что в отличие от других региональных этапов (за исключением Московской городской олимпиады) Санкт-Петербургская (Ленинградская) олимпиада школьников проводилась не по заданиям, составленным Центральной методической комиссией, а по своим собственным вариантам, авторами которых были представители ведущих вузов города.

С 2009/2010 года Санкт-Петербургская олимпиада школьников по химии стала отдельным мероприятием, не связанным с Всероссийской олимпиадой школьников по химии. Она входит в число мероприятий, проводимых Российским советом олимпиад школьников (РСОШ), имеет высокий второй уровень. Организаторами олимпиады в нашем городе являются Санкт-Петербургский государственный университет, Российский педагогический университет имени А.И.Герцена, Комитет по образованию Правительства Санкт-Петербурга. С 2009/2010 года олимпиада стала открытой – в ней могут принимать участие представители любого региона страны. В этом году в олимпиаде приняло участие 15 регионов Российской Федерации, отборочный этап проходил на 22 региональных площадках.

Авторами заданий являются сотрудники вузов Санкт-Петербурга, студенты, в недавнем прошлом сами являвшиеся постоянными участниками олимпиады, учителя школ города и педагоги системы дополнительного образования школьников. Сведения об авторах заданий олимпиады 2013/2014 года приведены в конце этого сборника.

ПРЕДИСЛОВИЕ ДЛЯ УЧАСТНИКА ОЛИМПИАДЫ

Дорогой друг!

Мы очень рады, что Вас интересует наша общая любимая наука – ХИМИЯ. Надеемся, что данный сборник будет небесполезен для Вас в период подготовки к олимпиаде. В нем приведены задания отборочного и заключительного этапов Санкт-Петербургской городской олимпиады школьников по химии 2013/2014 года и развернутые решения задач. Попробуйте свои силы в работе с ними! Помните, что задания отборочного (районного) тура составлены большей частью в рамках школьной программы. Да, они могут несколько выходить за ее пределы, но если Вам не только известны частные, конкретные факты, а Вы понимаете общие закономерности, выработали логику химического мышления – никаких проблем задания

создавать не должны. Конечно, в настоящее время существует достаточно много различных программ, различающихся, в частности, порядком изложения тех или иных тем. Однако составители всегда стараются учесть этот момент и дать задания, не требующие сильного опережения какой-либо программы. Некоторое исключение составляет, вероятно, 8 класс – здесь объем пройденного к концу ноября – началу декабря материала настолько незначителен, что составители вынуждены немного забежать вперед, а участникам можно пожелать почитать учебник – ведь разобраться самому всегда так интересно... Да и полезно – приучает к самостоятельной работе...

В 10-11 классе задания отборочного тура олимпиады, конечно же, становятся существенно сложнее. Ведь в старшей школе у Вас появляются возможности для профильного обучения – во всех районах есть школы с профильными классами, существуют и возможности дополнительного образования по химии. Поэтому составители заданий ориентируются уже на тех, кто действительно так или иначе связывает с химией свое будущее. Впрочем, это не мешает добиваться успеха и будущим математикам, физикам, биологам, филологам...

Участники, взявшие не менее 50% баллов на отборочном этапе, приглашаются на заключительный этап олимпиады. Как Вы понимаете, эта планка не столь уж и высока. Отношение к участникам, прошедшим на заключительный этап, меняется. Ведь пройдя столь далеко, Вы уже доказали, что являетесь в известной степени профессионалом в выбранной области. Поэтому задания заключительного этапа могут довольно существенно выходить за рамки стандартной школьной программы. Как и на региональном и заключительном этапах Всероссийской олимпиады школьников, на заключительном этапе Санкт-Петербургской олимпиады постоянно затрагиваются такие темы, как «Координационная химия», «Физико-химические методы анализа» и так далее. Таким образом, для успешного выступления необходима не только химическая логика, но и химическая эрудиция, а желательно, и химическая интуиция. Не забывайте изучать литературу по химии, а также заглядывать за новой информацией на сайт олимпиады <http://chemspb.3dn.ru>. Из книг можем посоветовать такие издания, как «Общая химия» Н.Л.Глинки; «Общая химия» А.В.Суворова и А.Б.Никольского; «Основы общей химии» Б.В.Некрасова (в 2-х или 3-х томах); «Курс неорганической химии» Г.Реми (в 2-х томах); «Химия элементов» Н.Гринвуда и А.Эрншо (в 2-х томах); «Органическая химия» Р.Моррисона и Р.Бойда; «Начала органической химии» А.Н. и Н.А. Несмеяновых (в 2-х томах), есть и много других книг. Первые две книги пригодятся, в основном, учащимся 8 и 9 классов, остальные – старшеклассникам. Полезен может оказаться и сайт <http://www.chem.msu.ru/rus/olimp>.

Несколько слов и о структуре настоящего сборника. В первой части его приведены задания олимпиады 2013/2014 года. Попробуйте справиться с ними самостоятельно. Если у Вас возникнут какие-то затруднения, не торопитесь заглядывать в ответ – сначала попробуйте воспользоваться «Указаниями к

решению задач» (второй раздел сборника). Ну, а затем можно будет и сверить свой ответ с «официальным».

ИТАК, УСПЕХОВ!!!

ПРЕДИСЛОВИЕ ДЛЯ УЧИТЕЛЕЙ

Уважаемые коллеги,

Спасибо Вам за Вашу работу и Ваших талантливых учеников.

Организаторы Санкт-Петербургской олимпиады школьников по химии надеются, что количество талантливых химиков в нашем городе будет постоянно расти, в первую очередь, благодаря Вашей работе. Может быть, данный сборник в чем-то окажется Вам полезен – ведь предметные олимпиады всегда были и остаются одной из важнейших форм внеучебной работы со школьниками. Надеемся, он поможет Вам лучше понять логику олимпиадных заданий, те требования, которые предъявляются к участникам. Вкратце напомним Вам «стратегию» проведения олимпиады. Первый, школьный, этап организуется на базе школы или района и проводится по заданиям, составленным методическим объединением учителей химии и/или районными методистами. Основная задача данного этапа – выявление заинтересованных учеников, тех, для кого химия – это не просто еще один школьный предмет, а нечто большее, отличное от других предметов.

Следующим этапом становится отборочный (районный) этап олимпиады, задания для которого предлагаются методической комиссией по проведению Санкт-Петербургской городской олимпиады школьников по химии. Эти задачи составлены большей частью в рамках школьной программы. Да, они могут несколько выходить за ее пределы, но если участнику не просто известны частные, конкретные факты, а он понимает общие закономерности, обладает логикой химического мышления – никаких проблем для него задания создавать не должны. Конечно, в настоящее время существует достаточно много различных программ, различающихся, в частности, порядком изложения тех или иных тем. Однако составители всегда стараются учесть этот момент и дать задания, не требующие сильного забега вперед по какой-либо программе. Некоторое исключение составляет, вероятно, 8 класс – здесь объем пройденного к концу ноября – началу декабря материала настолько незначителен, что составители вынуждены немного забежать вперед, а участникам можно пожелать почитать учебник – ведь разбираться самому всегда так интересно... Да и полезно – приучает к самостоятельной работе...

В 10-11 классе задания отборочного этапа олимпиады, конечно же, становятся существенно сложнее. Ведь в старшей школе у школьников появляются возможности для профильного обучения – во всех районах есть школы с профильными классами, существуют и возможности дополнительного образования по химии. Поэтому составители заданий ориентируются уже на тех, кто действительно так или иначе связывает с химией свое будущее. Впрочем, это не мешает добиваться успеха и будущим математикам, физикам, биологам, филологам...

1. ЗАДАНИЯ ОЛИМПИАДЫ

1.1. Отборочный (районный) этап

10 класс

*Авторы задач – Скрипкин М.Ю. (№№ 1, 3, 7), Ванин А.А (№ 2),
Башмаков В.Я. и Гусев И.М. (№ 4), Ростовский Н.В. (№№ 5, 6)*

1-1. Предложите 10 веществ, которые могут быть синтезированы в одну или несколько стадий с использованием в качестве исходных соединений **только** малахита и мела. Приведите уравнения соответствующих реакций, укажите условия их осуществления. Набор оборудования считайте неограниченным (кроме необходимого для проведения ядерных превращений).

1-2. Предложите 10 веществ, которые могут быть синтезированы в одну или несколько стадий с использованием в качестве исходных соединений **только** каменной соли и бурого железняка (он же *болотная руда*). Приведите уравнения соответствующих реакций, укажите условия их осуществления. Набор оборудования считайте неограниченным (кроме необходимого для проведения ядерных превращений).

2-1. Теплота сгорания одного моля водорода Q_1 равна 242 кДж, угарного газа (Q_2) – 338 кДж, паров метанола (Q_3) – 129 кДж. В какую сторону будет сдвигаться равновесие синтеза метанола из синтез-газа, если при неизменном давлении охлаждать реакционную смесь? Ответ подтвердите расчетами.

2-2. Теплота сгорания одного моля водорода Q_1 равна 242 кДж, угарного газа (Q_2) – 338 кДж, метана (Q_3) – 802 кДж. В какую сторону будет сдвигаться равновесие конверсии* метана водяным паром в синтез-газ, если при неизменном давлении охлаждать реакционную смесь? Ответ подтвердите расчетами. * Конверсия - превращение, преобразование.

3-1. Навеску биметаллического сплава массой 5,00 г обработали избытком 5% водного раствора бромоводорода. При этом выделилось 0,27 л газа (в пересчете на н.у.). Нерастворившийся остаток, масса которого составила 95,66% от первоначального, обработали при нагревании избытком концентрированной азотной кислоты. Полученный раствор осторожно упарили, сухой остаток прокалили при 400 °С. При этом получили только газообразные продукты с относительной плотностью по неону равной 3,425.

1) Определите состав сплава (в массовых долях). Как называется этот сплав?

2) Напишите уравнения всех описанных в тексте задачи реакций.

3-2. Навеску биметаллического сплава массой 10,0 г обработали избытком 5% водного раствора хлороводорода. При этом выделилось 0,23 л газа (в пересчете на н.у.). Нерастворившийся остаток, масса которого составила 93,29% от первоначального, обработали при нагревании избытком концентрированной азотной кислоты. Полученный раствор осторожно упарили, сухой остаток прокалили при 400 °С. При этом получили только газообразные продукты с относительной плотностью по неону равной 3,425.

1) Определите состав сплава (в массовых долях). Как называется этот сплав?

2) Напишите уравнения всех описанных в тексте задачи реакций.

4-1. Навеску минерала пирита массой 1,1 г подвергли обжигу. Образовавшийся огарок прокалили в токе водорода. Полученное вещество обработали избытком соляной кислоты, отфильтровали нерастворившийся остаток, в фильтрат добавили перекись водорода и насытили аммиаком. Выделившийся осадок количественно отделили и растворили в соляной кислоте, добавили избыток иодида калия. Для обесцвечивания полученного раствора израсходовано 50 мл раствора тиосульфата натрия с концентрацией 0,1 моль/л. Напишите уравнения всех реакций, рассчитайте содержание пустой породы в пирите, учитывая, что все реакции протекают количественно.

4-2. Навеску минерала халькопирита (CuFeS_2) массой 2,5 г подвергли обжигу. Образовавшийся огарок прокалили в токе водорода. Полученное вещество обработали избытком соляной кислоты, отфильтровали. Затем к фильтрату добавили перекись водорода и насытили аммиаком. Выделившийся осадок количественно отделили и растворили в соляной кислоте, добавили избыток иодида калия. Для обесцвечивания полученного раствора израсходовано 50 мл раствора тиосульфата натрия с концентрацией 0,2 моль/л. Напишите уравнения всех реакций, рассчитайте содержание пустой породы в халькопирите, учитывая, что все реакции протекают количественно.

5-1. При свободнорадикальном галогенировании алканов соотношение продуктов зависит от числа атомов водорода, способных замещаться на атом

галогена (*статистический фактор*), и констант скорости замещения атома водорода при первичном, вторичном и третичном атоме углерода. Константы скорости процесса замещения водорода в реакции *хлорирования* относятся как $k_1 : k_2 : k_3 = 1:4:5$, а в реакции *бромирования* – как $k_1 : k_2 : k_3 = 1:80: 1600$.

Рассчитайте соотношение продуктов, которые образуются из бутана:

1) при радикальном хлорировании;

2) при радикальном бромировании;

3) предположите, какие продукты и в каком соотношении могут образоваться при действии на бутан эквимолярной смеси хлора и брома на свету. Для ответа на этот вопрос рассмотрите механизм реакции радикального галогенирования.

5-2. При свободнорадикальном галогенировании алканов соотношение продуктов зависит от числа атомов водорода, способных замещаться на атом галогена (*статистический фактор*), и констант скорости замещения атома водорода при первичном, вторичном и третичном атоме углерода. Константы скорости процесса замещения водорода в реакции *хлорирования* относятся как $k_1 : k_2 : k_3 = 1:4:5$, а в реакции *бромирования* – как $k_1 : k_2 : k_3 = 1:80: 1600$.

Рассчитайте соотношение продуктов, которые образуются из 2-метилпропана:

1) при радикальном хлорировании;

2) при радикальном бромировании;

3) предположите, какие продукты и в каком соотношении могут образоваться при действии на 2-метилпропан эквимолярной смеси хлора и брома на свету. Для ответа на этот вопрос рассмотрите механизм реакции радикального галогенирования.

6-1. Плотность паров углеводорода **X** при температуре 27 °С и давлении 1 атм составляет 2,276 г/л. Определите брутто-формулу углеводорода **X**, изобразите все возможные его изомеры и назовите их по номенклатуре ИЮПАК. Для наименее замещённого алкена напишите уравнение реакции с бромоводородом.

6-2. Плотность паров углеводорода **X** при температуре 37 °С и давлении 1 бар составляет 2,174 кг/м³. Определите брутто-формулу углеводорода **X**, изобразите все возможные его изомеры и назовите их по номенклатуре ИЮПАК. Для наименее замещённого алкена напишите уравнение реакции с хлороводородом.

7-1 (экспериментальная задача; в оригинале была представлена в виде слайд-шоу). Навеску бесцветных кристаллов вещества **X** растворили в дистиллированной воде. К полученному голубому раствору добавили раствор гидроксида натрия – выпал синий студенистый осадок. Осадок разделили на две части. К одной добавили соляную кислоту – осадок растворился. К другой прилили раствор аммиака – осадок растворился, получился ярко-синий раствор. К еще одной порции исходного голубого раствора добавили раствор иодида калия и серную кислоту – раствор приобрел бурую окраску, выпал осадок. Если к исходному голубому раствору добавить раствор хлорида бария, выпадает белый мелкокристаллический осадок.

- 1) Определите вещество X ;
- 2) Объясните результаты наблюдения, ответ подтвердите уравнениями соответствующих реакций;
- 3) Почему вещество X хранят в бьюксе, закрытом фторопластовой лентой?
- 4) Какие правила техники безопасности необходимо соблюдать при проведении описанных экспериментов?

7-2 (экспериментальная задача; в оригинале была представлена в виде слайд-шоу). Навеску розовых кристаллов вещества Y растворили в дистиллированной воде. К полученному желтому раствору добавили 10% раствор гидроксида натрия – выпал бурый студенистый осадок. Осадок разделили на две части. К одной части добавили соляную кислоту – осадок растворился. К другой прилили раствор едкого натра – никаких изменений при этом не наблюдалось. К еще одной порции исходного желтого раствора добавили раствор иодида калия и серную кислоту – раствор приобрел бурую окраску, выпал осадок. Если к раствору исходных кристаллов добавить раствор роданида (тиоцианата) калия, раствор приобретает кроваво-красную окраску. В заключительном опыте к раствору исходных кристаллов добавили концентрированную серную кислоту, поместили в раствор медную проволоку и нагрели – выделился бурый газ.

- 1) Определите вещество Y ;
- 2) Объясните результаты наблюдения, ответ подтвердите уравнениями соответствующих реакций;
- 3) Почему вещество Y хранят в бьюксе, закрытом фторопластовой лентой?
- 4) Какие правила техники безопасности необходимо соблюдать при проведении описанных экспериментов?