

Олимпиада "Ломоносов" по химии

В.В.Еремин

1. Общая информация об олимпиаде
2. Заочный тур
3. Очный тур
4. Интернет-ресурсы
5. Вопросы и задачи для контроля
6. Приложение. Вариант самой первой олимпиады «Ломоносов» по химии

1. Общая информация об олимпиаде

Олимпиада «Ломоносов» придумана в Московском университете, это – главная олимпиада, которую организует крупнейший российский вуз. В 2016/2017 учебном году она проходила по 23 предметам, включая как классические дисциплины (химия, физика, математика, история, литература), так и новые, например робототехника и история Российской государственности. По большинству предметов, в том числе и по химии, олимпиада «Ломоносов» имеет первый уровень в перечне РСОШ, хотя есть предметы 2-го (физика) и даже 3-го уровня (инженерные науки). Дальше мы будем говорить только об олимпиаде по химии.

Впервые олимпиада «Ломоносов» по химии была проведена в 2005 году. История ее создания такова. В середине 1990-х годов химический факультет МГУ, а за ним и другие факультеты с целью привлечения талантливых абитуриентов в МГУ придумали систему досрочных вступительных экзаменов, так называемый «заочно-очный прием». Это было сделано, в первую очередь, для того, чтобы дать дополнительную попытку для поступления в МГУ в первую очередь иногородним школьникам. Прием проводился в два этапа: заочный тур с октября по март и очный экзамен в мае по двум ключевым предметам – химии и математике. В результате поступить на химический факультет МГУ можно было уже в мае, причем всего по двум экзаменам. Такая система позволила резко повысить конкурс и привела к тому, что уровень абитуриентов резко вырос за счет сильных иногородних абитуриентов.

Эту систему, удобную как для МГУ, так и для школьников, уничтожила политика. «Вертикаль власти» добралась до вступительных экзаменов в МГУ в 2004 году, когда Счетная палата, проведя проверку, объявила, что заочно-очный прием с досрочным поступлением нарушает права многих абитуриентов и противоречит принципу равнодоступности образования. Пришлось назвать досрочные экзамены олимпиадой по химии, которая в 2005 году получила название «Ломоносов». Вариант самой первой олимпиады приведен в приложении. Если сравнить его с современными заданиями для 10-11 классов, будет видно, что ни формат, ни содержание практически не изменились. Эта олимпиада достаточно консервативна, по сути она сохранила смысл досрочных вступительных экзаменов в МГУ, хотя формально, конечно, таковыми не является.

Современная олимпиада «Ломоносов» состоит из двух туров – заочного и очного и проводится отдельно для школьников 7-9 и 10-11 классов. Заочный тур проходит дистанционно в ноябре-декабре на портале олимпиады. Примерно треть его участников, набравших наибольшее количество баллов, а это почти 1000 человек, приглашаются на очный тур, который проходит в середине марта. Без заочного отбора на очный тур допускаются также победители и призеры олимпиады прошлого года, если они еще не закончили обучение в школе.

Основной площадкой проведения очного тура по химии служит Московский университет – главный организатор олимпиады, региональные площадки организованы в

Астане (Казахстан), Барнауле, Владивостоке, Екатеринбурге, Красноярске, Курске и Санкт-Петербурге на базе региональных университетов.

В каждом туре участник решает один вариант из 10 задач, на заочный тур отводятся одни сутки, очный тур занимает 4 часа. Оба тура – чисто теоретические. Содержание вариантов, основные типы задач и уровень их сложности мы рассмотрим далее.

2. Заочный тур

Заочный тур олимпиады «Ломоносов» по химии заметно отличается от других олимпиад по формату. Прежде всего, он проходит в два этапа, каждый продолжительностью по 4 суток – один в ноябре и один в декабре. Каждый школьник может участвовать в любом из них или в обоих. Но в последнем случае ему засчитывается не лучшая из двух попыток, а последняя. Во время любой попытки у участника есть 24 часа на решение варианта и загрузку решений в компьютерную систему.

Самая интересная особенность заочного тура – в том, что каждый участник олимпиады получает индивидуальный вариант, состоящий из 10 задач. Для этого в компьютерную систему загружается по несколько задач каждого типа, а потом компьютер генерирует каждому свой набор задач. Тем самым организаторы пытаются избежать списывания и клонирования решений.

Отметим также, что заочный тур проходит в двух категориях – отдельно для основной школы (7-9 классы) и средней школы (10-11 классы). Все младшие школьники решают один и тот же вариант, здесь система компьютерной генерации не используется.

Главная задача заочного тура для младших – привлечь внимание детей к олимпиаде, дать им возможность порешать интересные, но несложные задачи, показать разные аспекты химии на уровне, доступном к середине 9-го класса. Считается, что к этому времени дети прошли темы «Строение атома и химическая связь», «Реакции ионного обмена» и «Окислительно-восстановительные реакции», умеют проводить простые расчеты по химическим формулам и уравнениям. Расчетных задач в заочном варианте мало, «угадайки» имеют качественный характер. При этом все задачи – оригинальные, они не сводятся к стандартным действиям, а требуют минимальных рассуждений и некоторой химической грамотности. Приведем по одному примеру на каждую тему, чтобы можно было судить об уровне сложности.

Пример 1. «Строение атома».

В атоме некоторого элемента число электронов на внешнем уровне в 5 раз меньше общего числа внутренних электронов. Определите атомный номер элемента.

Химическая идея. Конфигурация внутренней оболочки совпадает с конфигурацией инертного газа, следовательно число электронов в последней должно делиться на 5. Это – оболочка неона.

Ответ. 12.

Пример 2. «Химическая связь».

Расположите молекулы O_2 , O_3 , H_2O_2 в ряд по увеличению длины связи между атомами кислорода. Объясните ваш выбор.

Химическая идея. Чем больше кратность связи, тем она короче. В задаче приведены молекулы с одинарной, полуторной и двойной связью между атомами кислорода.

Ответ. $O_2 < O_3 < H_2O_2$.

Пример 3. «Реакции ионного обмена»

Дана схема превращений, характеризующая генетическую связь соединений бария:





Вещества **X** и **Y** содержат, кроме бария, еще один общий элемент. Определите вещества **X** и **Y** и напишите уравнения реакций. (Электролиз не используйте)

Олимпиадная идея. Цепочка состоит из трех превращений, которые, используя разные реагенты, можно провести как в прямую, так и в обратную сторону. Ключ к решению – последняя реакция (получение бария).

Ответ. **X** – BaO или BaCl₂, **Y** – BaCO₃ или BaSO₃.

Пример 4. «Окислительно-восстановительные реакции».

Найдите коэффициенты в уравнении окислительно-восстановительной реакции:



Химическая идея. В этой реакции – два восстановителя (Fe⁺² и C⁺³), между которыми есть стехиометрическое соотношение: Fe⁺² / C⁺³ = 1/6. Это соотношение необходимо учесть в электронном балансе.

Ответ. 10K₄[Fe(C₂O₄)₃] + 14KMnO₄ + 56H₂SO₄ → 60CO₂ + 27K₂SO₄ + 5Fe₂(SO₄)₃ + 14MnSO₄ + 56H₂O.

В заочном туре для 10-11 классов ограничений по темам нет. Основная задача здесь – отобрать участников очного тура. Поэтому задания составляют относительно сложные. Вариант содержит 10 вопросов и задач и в обязательном порядке включает одну задачу по физхимии (как правило, на расчет равновесий в растворе или газовой фазе), две цепочки превращений и две расчетные задачи, требующие химической грамотности и выполнения большого числа стандартных действий. Приведем характерные примеры.

Пример 5. Равновесие гидролиза.

Навеску кристаллогидрата карбоната натрия массой 50.00 г растворили в воде и объём раствора довели до 1.000 л. В полученном растворе pH = 11.82. Определите формулу кристаллогидрата. Константа диссоциации угольной кислоты по второй ступени: K_a(HCO₃⁻) = 4.8·10⁻¹¹.

Ход решения. Записать равновесие гидролиза, рассчитать его константу, затем по константе и pH найти концентрацию карбоната и определить молярную массу кристаллогидрата.

Ответ. Na₂CO₃·7H₂O.

Пример 6. Равновесие в газовой фазе.

В реакции **A** ⇌ **B** + **C**, протекающей в идеальной газовой смеси при температуре 600 К и общем давлении 2 атм, установилось равновесие. Равновесные количества веществ **A**, **B** и **C** оказались равны 1.00 моль, 2.00 моль и 3.00 моль соответственно. При изменении общего давления в системе до 3 атм при постоянной температуре в системе снова установилось равновесие. Рассчитайте равновесные количества веществ **A**, **B** и **C**.

Химическая идея. Константа равновесия не зависит от давления в газовой фазе, однако выход реакции и равновесные количества веществ от давления зависят – в том случае, когда число молекул газа в реакции меняется.

Ответ. 1.253 моль **A**, 1.747 моль **B**, 2.747 моль **C**.

Пример 7. Длинная расчетная задача по неорганической химии

Сульфид серебра массой 24.8 г растворили при нагревании в 79.7 мл 63%-ной азотной кислоты (плотность 1.38 г/мл). К полученному раствору добавили 500 г воды и подвергли его электролизу. Электролиз продолжали до выделения на аноде 1.68 л газа (20°C, 1 атм). Определите массу серебра, выделившегося на катоде, и массовые доли веществ, оставшихся

в растворе после электролиза. Рассчитайте pH этого раствора (плотность 1.01 г/мл), считая, что второй ступенью диссоциации сильной кислоты можно пренебречь.

Химическая идея. Сопоставляя количество серебра и газа, выделившегося на аноде, можно увидеть, что электролиз здесь происходит в два этапа – сначала на катоде восстанавливаются ионы серебра, а затем молекулы воды.

Ответ. 3.29% HNO_3 , 1.71% H_2SO_4 , pH = 0.15.

Пример 8. Расчетная задача по органической химии (биохимии)

При нагревании 19.65 г неизвестной природной α -аминокислоты до 180°C образовалось циклическое органическое соединение и выделилось 5.58 л газа (измерено при 180 °C и нормальном давлении). Определите строение неизвестной аминокислоты и продукта реакции.

Химическая идея. При нагревании α -аминокислот происходит межмолекулярная конденсация и образуются циклические дипептиды – дикетопиперазины. Выделяющийся газ – вода.

Ответ. Лейцин или изолейцин.

Надо отметить, что и в 10-11 классах все задачи заочного тура – оригинальные, хотя интересных химических идей здесь меньше, чем для младших школьников. Это связано с тем, что задача привлечь старших школьников к олимпиаде уже не стоит – здесь основную роль играет мотивация к поступлению в МГУ.

В заключение рассмотрим систему оценивания и результаты заочного тура 2016/2017 учебного года. Каждая из 10 задач оценивается в разное число баллов – от 4 до 16, максимальная оценка за 10 задач – 100 баллов. Во всех задачах предусмотрены частичные оценки за правильно выполненные фрагменты задачи или отдельные правильные уравнения реакций.

В заочном туре, как и в очном, определяют победителей и призеров – только они попадают на очный тур. У младших школьников победителями стали те, кто набрал 90 и выше баллов, призерами объявили тех, кто получил от 75 до 89 баллов. У 10-11 классов планка оказалась чуть ниже: победители также набрали 90 и выше баллов, а оценка призеров начиналась с 68 баллов.

Отметим также, что в заочном туре апелляция, показ и сканирование работ не предусмотрены ввиду большого числа участников (больше 3000). Для того, чтобы избежать ошибок, связанных с компьютерным вводом решений и оцениванием, участникам заочного тура и даются две попытки.

3. Очный тур

Как и заочный, очный тур олимпиады «Ломоносов» проходит отдельно для 7-9 и 10-11 классов. У младших классов вариант – единственный, старшим школьникам готовят два эквивалентных варианта. Все варианты содержат по 10 вопросов и задач и оцениваются суммарно в 100 баллов. На решение отводится 4 часа.

Главная задача очного тура – определение призеров и победителей, поэтому задания могут показаться даже более сложными, чем в заочном туре. В частности, в варианте для младших школьников увеличено число расчетных задач, причем расчеты используются, в первую очередь для установления формулы неизвестного вещества. Приведем два примера – простой и сложный – из варианта 2017 года.

Пример 1. Простая задача на определение формулы вещества

В 100 г воды растворили 12.2 г белого порошка и получили 9.27%-й раствор хлорида бария. Установите формулу порошка. Ответ подтвердите расчётом.

Ход решения. Белый порошок – кристаллогидрат хлорида бария. Для установления его формулы надо определить массу безводной соли, зная ее массовую долю (из условия) и массу раствора.

Ответ. $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

Пример 2. Сложная задача на установление формулы вещества.

Неизвестное вещество X представляет собой бесцветные кристаллы, хорошо растворимые в воде. Оно реагирует как с серной кислотой, так и с гидроксидом натрия, причем в обоих случаях выделяются равные объемы газа. Известно, что из 9.9 г X при действии щелочи удается получить 2.24 л (н.у.) газа Y с резким запахом. Водный раствор X обесцвечивает подкисленный водный раствор перманганата калия и бромную воду, взаимодействует с аммиачной водой. Определите неизвестные вещества и запишите уравнения всех описанных реакций.

Химическая идея. Под действием щелочи газ выделяется только из растворов солей аммония. Выделение газа под действием серной кислоты свидетельствует о том, что соль образована слабой кислотой – сернистой или сероводородной, судя по тому, что газ обесцвечивает бромную воду. Еще надо предусмотреть возможность того, что соль – кислая.

Ответ. NH_4HSO_3 .

Как правило, вариант для 7-9 классов включает задачи или простые вопросы на газовые законы, строение атомов и молекул и растворы; элементы физической химии представлены задачами на тепловые эффекты.

Пример 3. Задача на строение молекул.

Молекулы двух веществ содержат по 14 электронов. Напишите молекулярные и структурные формулы этих веществ. Предложите, как можно отличить эти вещества друг от друга, и составьте уравнение соответствующей реакции. Напишите формулу иона, который также содержит 14 электронов.

Химическая идея. Существуют изоэлектронные молекулы и ионы, обладающие схожим электронным строением. Химические свойства при этом могут быть разными, что объясняется разной полярностью связи.

Ответ. N_2 , CO , CN^- .

Закономерности реакций ионного обмена и окислительно-восстановительных превращений, а также свойства отдельных элементов и их соединений рассматриваются в цепочках превращений и задачах на анализ попарных реакций. Здесь проверяются как умение применять общие закономерности, так и предметные знания химии элементов.

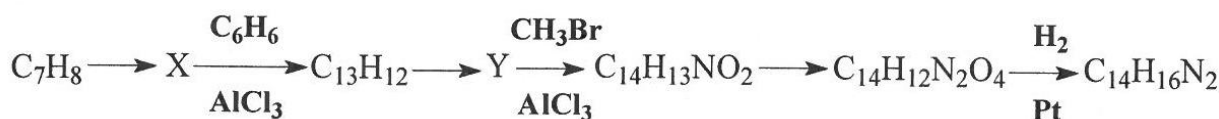
Пример 4. Попарные реакции.

Даны водные растворы веществ: FeCl_3 , Br_2 , Na_2CO_3 , H_2S , SO_2 . Составьте уравнения 6-ти реакций, которые могут протекать попарно между указанными растворами. В каждой паре допускается не больше одного уравнения.

Химическая идея. Анализ возможности взаимодействия веществ в растворе начинается с изучения окислительных и восстановительных свойств. Во вторую очередь рассматривается возможность реакций ионного обмена. Если реакций возможно больше, чем требуется, лучше выбирать наиболее простые и надежные (однозначные).

Ответ. 6 возможных реакции:

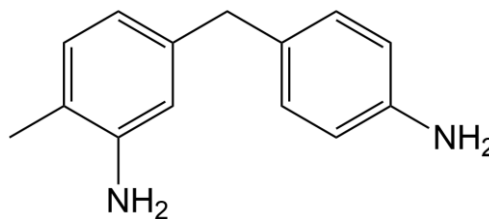
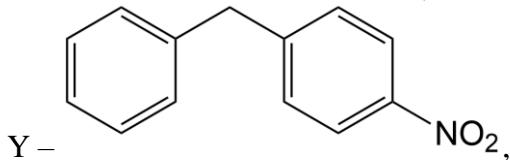
- 1) $2\text{FeCl}_3 + 3\text{Na}_2\text{CO}_3 + 3\text{H}_2\text{O} = 2\text{Fe}(\text{OH})_3\downarrow + 3\text{CO}_2\uparrow + 6\text{NaCl}$
- 2) $2\text{FeCl}_3 + \text{H}_2\text{S} = 2\text{FeCl}_2 + \text{S} + 2\text{HCl}$
- 3) $\text{Br}_2 + \text{H}_2\text{S} = \text{S} + 2\text{HBr}$
- 4) $\text{Br}_2 + \text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{HBr}$
- 5) $2\text{H}_2\text{S} + \text{SO}_2 = 3\text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$



В уравнениях приведите структурные формулы веществ.

Химическая идея. В задаче рассматриваются несимметричные молекулы с двумя бензольными кольцами. При анализе каждого превращения надо учитывать заместители в этих кольцах, которые определяют, во-первых, активность кольца в реакциях электрофильного замещения, а, во-вторых, направление замещения.

Ответ. X – $C_6H_5CH_2Cl$,



заключительное вещество в цепочке, $C_{14}H_{16}N_2$ –

Расчетные задачи по органической и неорганической химии довольно разнообразны по объектам и реакциям, но химия в них обычно – несложная, что компенсируется большим числом простых технических действий, которые надо правильно сделать, чтобы полностью решить задачу.

Пример 8. Расчетная задача по неорганической химии

В смеси находятся эквимольные количества белого фосфора (P_4) и простого вещества А, а также некоторое количество кремния. При обработке этой смеси избытком горячего концентрированного раствора гидроксида калия выделилось 17.92 л газа (н.у.) с плотностью по воздуху 0.4828. Масса твердого остатка после реакции составила 3.6 г. Определите вещество А и найдите массы каждого из веществ в исходной смеси. Какой минимальный объем 20%-го раствора гидроксида натрия (плотность 1.220 г/мл) понадобится для поглощения газов, выделившихся при обработке такого же количества исходной смеси избытком горячей концентрированной серной кислоты?

Тема. Химия неметаллов, свойства простых веществ.

Ход решения. 1) Записать уравнения реакций неметаллов со щелочью. 2) По объему и относительной плотности определить состав газовой смеси в молях. 3) По уравнениям реакций найти количества неметаллов в исходной смеси и определить молярную массу вещества А. 4) Записать уравнения реакций неметаллов с серной кислотой и определить количества выделившихся газов. 5) Записать уравнения реакций сернистого и углекислого газа со щелочью с образованием кислой соли (количество щелочи – минимально!) и рассчитать объем раствора щелочи.

Уравнения реакций – хорошо известные, а вот число действий довольно велико.

Ответ. А – углерод. Исходная смесь: 3.6 г С, 37.2 г P_4 , 7.0 г Si. Объем раствора – 639 мл.

Расчетные задачи по органической химии обычно – более простые и интересные, чем неорганические. В них меньше реакций, но зато требуется понимание механизмов и направления этих реакций.

Пример 9. Расчетная задача по органической химии.

При нагревании 2,4,5-триметилгептана до 450°C в присутствии оксида хрома(III) получили 20.1 г смеси ароматических углеводородов. Смесь обработали избытком подкисленного раствора KMnO_4 , при этом выделилось 1.12 л газа (н. у.). Образовавшиеся органические вещества отделили и высушили. Установите качественный и количественный состав полученной смеси кислот. На сколько уменьшится масса данной смеси при ее нагревании до 200°C?

Химическая идея. Рассматриваются три типа реакций с участием ароматических углеводородов: получение ароматизацией алканов, окисление боковых цепей перманганатом и внутримолекулярная дегидратация ароматических многоосновных кислот, содержащих группы COOH в соседних положениях бензольного кольца.

Ответ. 0.1 моль (25.4) бензол-1,2,3,5-тетракарбоновой кислоты, 0.05 моль (10.5 г) бензол-1,2,4-трикарбоновой кислоты; на 2.7 г.

Рассмотрим спортивные результаты очного тура олимпиады «Ломоносов» по химии 2016/2017 учебного года. В 7-9 классах победителями были признаны все, кто набрал 83 и более баллов из 100, призеры получили от 63 до 82 баллов. В старших классах победители набрали от 94 до 100 баллов (очень высокая граница между победителем и призером), а призеры – от 80 до 93 баллов. Всего победителями стали 35 человек (из них 6 младшеклассников), а призерами – 78 человек. Обязательно надо отметить, что на очном этапе есть процедура показа работ и апелляции, а сканированные работы победителей и призеров выложены в сеть (<http://olymp.msu.ru/course/index.php?categoryid=161>) вместе с результатами проверки. Это обеспечивает прозрачность и объективность проверки заданий.

Подводя итоги, отметим основные черты олимпиады «Ломоносов» по химии.

- 1) Олимпиада проводится отдельно для 7-9 и 10-11 классов.
- 2) Олимпиада для младших классов имеет целью развитие интереса детей к химии и выявление способных детей, способных в будущем стать студентами МГУ. Олимпиада для старших школьников имеет ярко выраженный поступательный характер, ее основная цель – облегчить одаренным детям поступление в МГУ.
- 3) Как и все олимпиады из перечня РСОШ, олимпиада «Ломоносов» включает заочный и очный туры. На каждом из них выявляются победители и призеры, однако при поступлении в вузы учитываются результаты только очного тура.
- 4) Как заочный, так и очный варианты для старших классов во многом напоминают варианты вступительных экзаменов в МГУ, однако они немного сложнее и в целом проверяют знания по всем основным разделам химии.
- 5) Олимпиада имеет устойчивый 1-й уровень в перечне РСОШ и предоставляет максимальные льготы учащимся выпускного класса при поступлении в вузы.

5. Интернет-ресурсы

<http://olymp.msu.ru/> – портал олимпиады «Ломоносов». Навигация там не очень простая, но разобраться можно. Участники олимпиады должны зарегистрироваться и создать личный кабинет.

<http://priem.chem.msu.ru/> – сайт приемной комиссии Химического факультета МГУ.

6. Вопросы и задачи для контроля

1. В каком году была проведена первая олимпиада «Ломоносов» по химии?
 - 1) 1992
 - 2) 2001
 - 3) 2005
 - 4) 2009

5) 2017

2. Решите задачу заочного тура олимпиады «Ломоносов» для 7-9 классов.

Самый тяжелый при комнатной температуре газ состоит всего из двух элементов. Его молекула имеет массу 298 а.е.м. и включает 7 атомов. Атомная масса более тяжелого элемента составляет 61.7% от молекулярной массы газа. Установите формулу газа.

3. Решите задачу 5 из варианта в приложении. В ответе укажите значение n .

4. Решите задачу заочного тура олимпиады «Ломоносов» для 10-11 классов.

При нагревании 8.25 г неизвестной природной α -аминокислоты до 180 °С образовалось циклическое органическое соединение и выделилось 1.86 л газа (измерено при 180 °С и нормальном давлении). Определите неизвестную аминокислоту. В ответе укажите ее относительную молекулярную массу с точностью до целых.

5. Решите задачу очного тура олимпиады «Ломоносов».

Озон – очень ядовитый газ. Его предельно допустимое содержание в воздухе составляет всего 0.03 мг/м³. При таком содержании сколько молекул озона приходится на один миллиард молекул воздуха (н.у.)? Ответ округлите до целых.

Ответы.

1. 3)

2. WF₆

3. 5

4. 165

5. 14

6. Приложение. Вариант самой первой олимпиады «Ломоносов» по химии

Задание олимпиады «Ломоносов-2005»

1. Приведите электронную конфигурацию атома калия.

2. Напишите уравнение реакции, протекающей при пропускании пропена через бромную воду. Укажите механизм реакции.

3. Сколько изомерных триметилфенолов существует? Изобразите их структурные формулы.

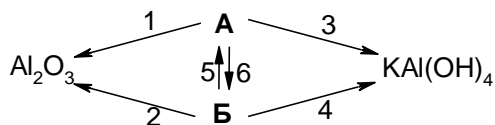
4. В сосуде объемом 11.2 л реагируют 1 моль иода и 3 моль водорода при температуре 527°С. Вычислите общее давление в сосуде после установления равновесия.

5. Образец кристаллогидрата состава MgCO₃· n H₂O прокаливали до прекращения выделения газов, которые пропускались последовательно через промывные склянки с концентрированной серной кислотой и с известковой водой. Масса первой склянки при этом увеличилась на 3.6 г, а во второй выпало 4.0 г осадка. Установите состав кристаллогидрата и массу его исходного образца.

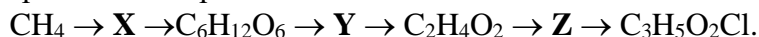
6. При выдерживании фуллерена C₆₀ в потоке газообразного фтора в течение четырех часов было получено твердое вещество, которое по данным элементного анализа содержало 55.516% фтора по массе, а в масс-спектре проявляло два пика, соответствующих молярным массам 1594.6 и 1632.6. Установите формулы соединений, содержащихся в полученной

смеси, и определите их мольные доли. Атомные массы примите равными: С – 12.01, F – 19.00.

7. Напишите уравнения химических реакций, соответствующие следующей схеме, определите вещества **А** и **Б**:



8. Напишите уравнения химических реакций, соответствующие следующей схеме, укажите условия протекания реакций и определите неизвестные вещества:



9. Газ, образовавшийся при полном сгорании 3.6 г пирита (дисульфида железа(II)), был пропущен через раствор, полученный в результате сливания 38.8 г 20%-ного раствора хромата калия и 61.2 г 6.4%-ного раствора серной кислоты. Рассчитайте массовые доли веществ в конечном растворе.

10. Оптически активный углеводород **А** с массовой долей углерода 88.89% при гидрировании на платине превращается в углеводород **В** с массовой долей углерода 84.21%. При частичном восстановлении соединения **А** образуется либо оптически активный углеводород **С** с массовой долей углерода 87.27%, либо изомерный ему оптически неактивный углеводород **Д**. Установите строение соединений **А – Д**, объясните полученные результаты.