



ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

А.А. Каверина, М.Г. Снастина

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО НЕКОТОРЫМ АСПЕКТАМ
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ
ПРЕПОДАВАНИЯ
ХИМИИ**

*(на основе анализа типичных затруднений выпускников при
выполнении заданий ЕГЭ)*

Москва, 2013

Единый государственный экзамен по химии начиная с 2009 г. проходит в штатном режиме как экзамен по выбору выпускников. По его итогам выявляется уровень освоения каждым экзаменуемым образовательных программ по химии, соответствующих Федеральному компоненту государственных образовательных стандартов основного общего и среднего (полного) общего образования (утвержден в 2004 г.).

Порядок проведения экзамена, подходы к формированию структуры и содержания экзаменационной работы, а также способов оценивания ее выполнения определены в соответствии с Положением о формах и порядке проведения государственной (итоговой) аттестации обучающихся, освоивших основные общеобразовательные программы среднего (полного) общего образования (утверждено приказом Минобрнауки России от 28 ноября 2008 г. № 362), Порядком проведения государственного выпускного экзамена (утвержден приказом Минобрнауки России от 3 марта 2009 г. № 70) и приказом Минобрнауки России от 11 октября 2011 г. № 2451 "Об утверждении порядка проведения единого государственного экзамена".

На сегодняшний день экзамен обеспечен целостной методической системой контрольных измерительных материалов (КИМ), принципиально новой по сравнению с теми измерительными материалами, которые использовались при традиционных формах выпускных экзаменов по химии. Элементами этой системы являются единые по структуре и содержанию варианты экзаменационной работы, а также комплект сопроводительной документации, которая определяет структуру и содержание КИМ. В состав данного комплекта входят: *кодификатор* контролируемых элементов содержания, *спецификация* экзаменационной работы, *демонстрационный вариант КИМ*, ответы на задания и система их оценивания.

Всю эту систему экзаменационных материалов с полным основанием можно рассматривать в качестве методической основы при разработке инструментария для объективного оценивания учебных достижений выпускников в свете требований Федерального компонента государственного образовательного стандарта к уровню их подготовки.

В процессе формирования данной системы сформулирован ряд положений, которые с методической точки зрения представляют интерес для учителей и методистов в плане совершенствования форм контроля знаний и умений, используемых в практике преподавания химии.

Эти положения мы рассмотрим с учетом итогов единого государственного экзамена 2013 г.

Краткая характеристика экзаменационной модели по химии

Разработка КИМ для проведения ЕГЭ 2013 г. была проведена с учетом общих установок, на основе которых формировались экзаменационные модели предыдущих лет. Так, в частности, экзамен проводился с использованием стандартизированных контрольных измерительных материалов – вариантов КИМ, которые содержали задания, различные по форме предъявления условия и виду требуемого ответа, по уровню сложности и способам оценки их выполнения. КИМ для проведения ЕГЭ 2013 г. строились на материале основных разделов курса, составляющих инвариантное ядро содержания различных учебных программ по химии для средней (полной) школы. При этом обязательным являлось соблюдение такого принципа, как полнота охвата кодификатором того минимума знаний, умений, способов познавательной и практической деятельности, который соответствует требованиям к уровню подготовки выпускников. Тем самым была обеспечена независимость КИМ от вариативности программ и учебников, используемых в процессе преподавания химии в школе. Кроме того, при разработке КИМ учитывались используемые в практике преподавания химии способы контроля знаний и умений.

Принципиальное значение при разработке КИМ имела реализация требований, предъявляемых к конструированию заданий различного типа. Каждое задание строилось таким образом, чтобы его содержание соответствовало требованиям стандарта к уровню усвоения учебного материала и формируемым видам учебной деятельности.

Важной гарантией качества КИМ служила их многократная экспертиза специалистами-тестологами, а также научно-методическая экспертиза.

Как и в прежние годы, объектом контроля в рамках ЕГЭ 2013 г. являлась система знаний основ неорганической, общей и органической химии. К числу главных составляющих этой системы относятся: ведущие понятия химии о химическом элементе, веществе и химической реакции; основные законы и теоретические положения химии; знания о системности и причинности химических явлений, генезисе веществ, способах познания веществ и химических реакций, применении веществ.

Более полное представление об объектах контроля, осуществляемого в рамках ЕГЭ, дает кодификатор элементов содержания и требований к уровню подготовки выпускников общеобразовательных учреждений для единого государственного экзамена 2013 г. по химии. Данный документ составлен на основе Обязательного минимума содержания основных образовательных программ Федерального компонента государственного стандарта среднего (полного) общего образования по химии, базовый и профильный уровень (приказ Минобрнауки России от 5 марта 2004 г. № 1089).

В кодификаторе отдельные элементы содержания, усвоение которых проверялось на экзамене, сгруппированы в содержательные блоки: «Теоретические основы химии», «Неорганическая химия», «Органическая химия», и «Методы познания в химии. Химия и жизнь». Первый и четвертый блоки подразделены на содержательные линии. В первом их четыре: «Современные представления о строении атома», «Периодический закон и Периодическая система Д.И. Менделеева», «Химическая связь и строение вещества», «Химическая реакция». В структуре четвертого блока выделены следующие содержательные линии: «Экспериментальные основы химии», «Общие представления о промышленных способах получения важнейших веществ», «Расчеты по химическим формулам и уравнениям реакций». Общее количество элементов содержания, проверяемых на экзамене (объектов контроля ЕГЭ), составило 56.

Структура экзаменационной работы 2013 г. осталась неизменной, аналогичной работе 2012 г. В каждом ее варианте, составленном по единому плану, выделены три части. Одинаковые по форме представления и уровню сложности задания сгруппированы в определенной части работы. Общее количество заданий в работе – 43. Часть 1 содержала 28 заданий базового уровня сложности с выбором ответа (A1, A2, A3, A4, ... A28); часть 2 – 10 заданий повышенного уровня сложности с кратким ответом (B1, B2, B3, ... B10) и часть 3 – 5 заданий высокого уровня сложности с развернутым ответом (C1, C2, C3, C4, C5).

Отметим те изменения, которые будут приняты в экзаменационной работе 2014 г. по сравнению с 2013 г.

1. В работе проведено перераспределение заданий: все расчетные задачи, оцениваемые в 1 балл, из части 2 помещены в часть 1 (A26–A28).

2. Элемент содержания «Реакции окислительно-восстановительные» будет проверяться заданиями повышенного и высокого уровней сложности (B2 и C2), «Гидролиз солей» – только заданием повышенного уровня сложности (B4).

3. В часть 2 работы включено новое задание (на позиции B6), которое ориентировано на проверку элементов содержания: «качественные реакции на неорганические вещества и ионы», «качественные реакции органических соединений».

4. Общее количество заданий в каждом варианте КИМ составит 42 (вместо 43 в работе 2013 г.). При этом максимальный суммарный балл за выполнение работы остался прежним – 65.

Вопрос о заданиях экзаменационной работы, об их содержательной основе и назначении заслуживает особого внимания. Поэтому рассмотрим его более подробно.

Применительно к каждому типу заданий сохранен тот подход к отбору их содержания и формы его предъявления, который подтвердил свою эффективность по итогам проведения экзамена. Так, задания *с выбором ответа* построены на материале практически всех важнейших разделов школьного курса химии. В своей совокупности они проверяли на базовом уровне усвоение значительного количества элементов содержания (42 из 56) по всем содержательным блокам: «Теоретические основы химии», «Неорганическая химия», «Органическая химия», «Методы познания в химии. Химия и жизнь». Эти задания разнообразны по форме предъявления условия: в одних случаях оно сформулировано в виде вопроса, а в других – в виде утверждения либо двух суждений. При этом в каждом из заданий предложены четыре варианта ответа, среди которых только один является правильным. Таким образом, по характеру действий, которые необходимы для выполнения данных заданий, они считаются наиболее простыми.

Задания *с кратким ответом*, предусматривали анализ большого объема сведений о свойствах веществ и химических элементов, о закономерностях и сущности изученных типов реакций и т.п. Другая весьма существенная отличительная их особенность состояла в том, что в условии этих заданий ответ в готовом виде не сформулирован. Его нужно было установить в ходе выполнения задания и записать в строгом соответствии с установленными правилами.

Задания *с развернутым ответом* предусматривали проверку нескольких (двух и более) элементов содержания из различных разделов курса химии. Комбинирование проверяемых элементов содержания в этих заданиях являлось их важнейшей особенностью. Не случайно в системе КИМ для проведения ЕГЭ им была отведена важная роль.

Наиболее сложные задания экзаменационной работы с развернутым ответом ориентированы на проверку системы знаний и сформированности умений, отвечающих требованиям образовательного стандарта *профильного* уровня. В их числе:

– *объяснять* обусловленность свойств и применения веществ их составом и строением, характер взаимного влияния атомов в молекулах органических соединений, взаимосвязь неорганических и органических веществ, сущность и закономерность протекания изученных типов реакций;

– *проводить* комбинированные расчеты по химическим уравнениям.

Следует помнить, что важнейшей особенностью заданий с развернутым ответом является комбинирование проверяемых элементов содержания, умений и видов деятельности. Тем не менее успешность их выполнения зависит от концентрации внимания на ведущих элементах содержания или ведущих умениях, проверяемых данным заданием (таблица 1).

Таблица 1

Ведущие элементы содержания (понятия) и умения (виды деятельности), проверяемые заданиями с развернутым ответом

№ задания	Проверяемый ведущий элемент содержания (понятие)	Проверяемое ведущее умение (вид деятельности)
C1	Степень окисления элемента, окислитель, восстановитель, электронный баланс	Определять степень окисления, окислитель, восстановитель, составлять электронный баланс и на его основе составлять уравнение окислительно-восстановительной реакции
C2	Характерные химические свойства неорганических веществ различных классов,	Подтверждать существование генетической связи между веществами различных классов путем составления уравнений

	генетическая взаимосвязь неорганических веществ	соответствующих реакций
С3	Характерные химические свойства органических веществ различных классов, генетическая взаимосвязь органических веществ, механизмы реакций в органической химии	Подтверждать существование генетической связи между веществами различных классов путем составления уравнений соответствующих реакций с учетом заданных условий их проведения
С4	Количественные отношения в химии: количество вещества, молярная масса, молярный объем, массовая доля вещества в растворе	Выявлять взаимосвязи между указанными понятиями; проводить стехиометрические расчеты на основе уравнений химических реакций
С5	Общая и молекулярная формула веществ данного класса, количественные отношения в химии	Составлять схему реакции, определять стехиометрические соотношения реагирующих веществ, проводить вычисления и на их основе устанавливать молекулярную формулу вещества

Комбинирование проверяемых элементов содержания в заданиях с развернутым ответом осуществляют таким образом, чтобы уже в их условии прослеживалась необходимость: последовательного *выполнения* нескольких взаимосвязанных действий, *выявления* причинно-следственных связей между элементами содержания, *формулирования* ответа в определенной логике и с аргументацией отдельных положений. Отсюда становится очевидным, что выполнение заданий с развернутым ответом требует от выпускника прочных теоретических знаний, а также сформированных умений применять эти знания в различных учебных ситуациях, последовательно и логично выстраивать ответ, делать выводы и заключения, приводить аргументы в пользу высказанной точки зрения и т.п.

При отборе содержания для заданий с развернутым ответом учитывается в первую очередь, какие элементы содержания и умения являются наиболее важными и отвечающими требованиям образовательного стандарта профильного уровня к подготовке выпускников средней (полной) школы. К таким элементам содержания, в частности, были отнесены: *реакции окислительно-восстановительные, строение веществ, взаимное влияние атомов в молекулах, механизмы протекания реакций в органической химии, генетическая связь между классами неорганических и органических соединений, вычисления по химическим формулам и уравнениям реакций.*

При выполнении заданий экзаменуемый должен продемонстрировать понимание сущности единства мира веществ, механизмов протекания реакций, владение умением составлять уравнения реакций, применять знания о свойствах веществ различных классов, особенностях строения веществ и др. Большая роль отведена расчетным задачам по химии. Это объясняется тем, что при их решении необходимо опираться на знания химических свойств соединений, использовать умение составлять уравнения химических реакций, т.е. использовать теоретическую базу и определенные операционно-логические и вычислительные навыки. В условиях расчетных задач предусмотрены все виды химических расчетов, которые представлены в учебных программах не только для средней (полной), но и для основной школы.

Важно отметить, что выпускники могут выполнять задания с развернутым ответом различными способами.

Проверка выполнения заданий с развернутым ответом осуществляется только путем экспертизы с использованием специально разработанной стандартизированной

системы оценивания. Основу методики оценивания этих заданий составляет ряд общих положений. Наиболее важными из них являются следующие:

- Проверка и оценивание заданий с развернутым ответом осуществляется экспертами на основе поэлементного анализа ответов экзаменуемых.
- Применение метода поэлементного анализа делает необходимым обеспечение четкого соответствия формулировки условия задания проверяемым элементам содержания. Перечень элементов содержания, проверяемых любым заданием, согласуется с требованиями к уровню подготовки выпускников средней (полной) школы.
- Критерием оценивания выполнения задания методом поэлементного анализа является установление наличия в ответах экзаменуемых элементов ответа, приведенных в модели ответа. Однако может быть принята и иная модель ответа, предложенная экзаменуемым, если она не искажает сути химической составляющей задания.

Шкала оценивания выполнения задания устанавливается в зависимости от количества элементов содержания, включенных в модель ответа, и с учетом таких факторов, как:

- уровень сложности проверяемого содержания;
- определенная последовательность действий, которые следует осуществить при выполнении задания;
- однозначность трактовки условия задания и возможных вариантов формулировок ответа;
- соответствие условия задания предлагаемым критериям оценивания по отдельным элементам содержания;
- приблизительно одинаковый уровень трудности каждого из элементов содержания, проверяемых заданием.

Задания с развернутым ответом, предлагаемые в экзаменационной работе, имеют различную степень сложности и предусматривают наличие от трех до пяти элементов ответа. Каждый отдельный элемент ответа оценивается в 1 балл, поэтому максимальная оценка верно выполненного задания составляет от 3 до 5 баллов (в зависимости от степени сложности задания).

При разработке критериев оценивания учитываются особенности элементов содержания всех пяти заданий с развернутым ответом, включаемых в экзаменационную работу. Принимается во внимание и тот факт, что записи ответов экзаменуемых могут быть как очень общими, обтекаемыми и неконкретными, так и излишне краткими и недостаточно аргументированными. Пристальное внимание уделяется выделению элементов ответа, оцениваемым в 1 балл. При этом учитывается неизбежность постепенного повышения трудности получения каждого последующего балла за правильно сформулированный элемент ответа.

Обратимся к характеристике конкретных заданий с развернутым ответом и проанализируем ответы экзаменуемых.

Задание С1

Задания С1 ориентированы на проверку умений определять степень окисления химических элементов, определять окислитель и восстановитель, составлять электронный баланс, на его основе расставлять коэффициенты в уравнениях реакций.

Критерии оценивания выполнения таких заданий включают в себя следующие элементы:

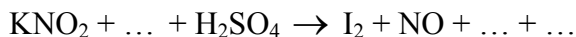
- составлен электронный баланс – 1 балл;
- указан окислитель и восстановитель – 1 балл.
- определены формулы недостающих веществ и расставлены коэффициенты в уравнении окислительно-восстановительной реакции – 1 балл.

Как показывают статистические данные, к выполнению этих заданий приступают более 85% экзаменуемых. Но успешно выполняют задание только хорошо

подготовленные выпускники. Рассмотрим на конкретных примерах наиболее распространенные ошибки экзаменуемых при выполнении этих заданий.

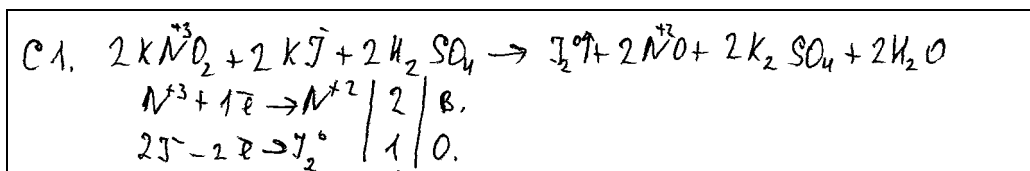
Пример 1

Задание: Используя метод электронного баланса, составьте уравнение реакции



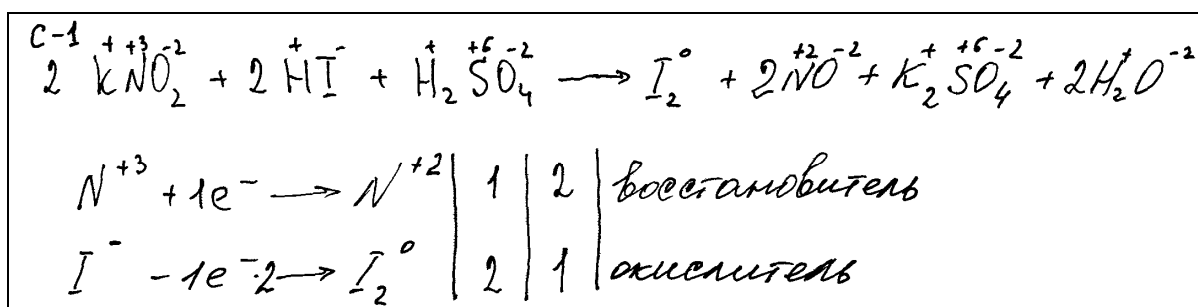
Определите окислитель и восстановитель.

Ответ выпускника 1:



В ответе выпускника правильно определены степени окисления азота и иода, а также характер изменения степеней окисления. Правильно составлен электронный баланс – количество отданных и принятых электронов. Формулы веществ, пропущенные в схеме реакции, тоже записаны правильно, расставлены коэффициенты в уравнении. Но при указании окислителя и восстановителя допущены ошибки. Надо было указать, что иод в степени окисления –1 является восстановителем, а азот в степени окисления +3 (или нитрит калия за счет азота в степени окисления +3) – окислителем.

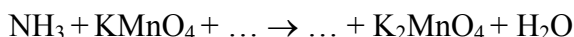
Ответ выпускника 2:



В этом ответе экзаменуемый в качестве вещества-восстановителя указал HI (вместо KI в эталоне ответа). Но это вещество также обладает восстановительными свойствами и потому можно считать, что ответ не противоречит химической сущности условия задания. Тем не менее видно, что в ответе присутствует ошибка в определении окислителя и восстановителя.

Пример 2

Задание: Используя метод электронного баланса, составьте уравнение реакции:



Определите окислитель и восстановитель.

При выполнении этого задания, некоторые экзаменуемые допустили ошибку в определении формулы вещества, пропущенного в правой части уравнения. Они ошибочно указали нитрат калия как продукт окисления аммиака, в то время как к правильному определению формулы продукта окисления должны были привести следующие рассуждения. Продуктом восстановления KMnO_4 является K_2MnO_4 , который существует только в щелочной среде. Значит, в левую часть уравнения нужно было

вписать формулу щелочи KOH, а также учесть, что перманганат калия в щелочной среде проявляет более слабые окислительные свойства, чем в кислой. Поэтому азот в степени окисления -3 в составе аммиака способен изменить степень окисления лишь до $+2$, но не до высшей степени окисления $+5$, как в нитрате калия. Теперь можно составить формулу вещества, содержащего азот в степени окисления $+2$, скорее всего это будет NO. А далее с помощью электронного баланса – установить необходимые коэффициенты и составить уравнение реакции: $2\text{NH}_3 + 6\text{KMnO}_4 + 6\text{KOH} = \text{N}_2 + 6\text{K}_2\text{MnO}_4 + 6\text{H}_2\text{O}$

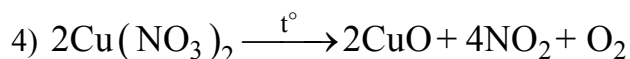
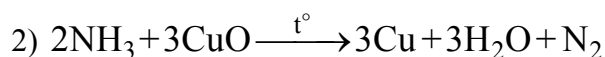
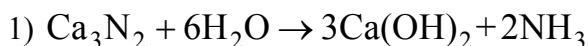
Задание С2

В условии задания С2, проверяющего знание *генетической взаимосвязи различных классов неорганических веществ*, предложено описание конкретного химического эксперимента, ход которого экзаменуемые должны были проиллюстрировать посредством уравнений соответствующих химических реакций. Каждое верно записанное уравнение реакции оценивается в 1 балл. Максимально за правильное выполнение задания можно получить 4 балла.

Пример 3

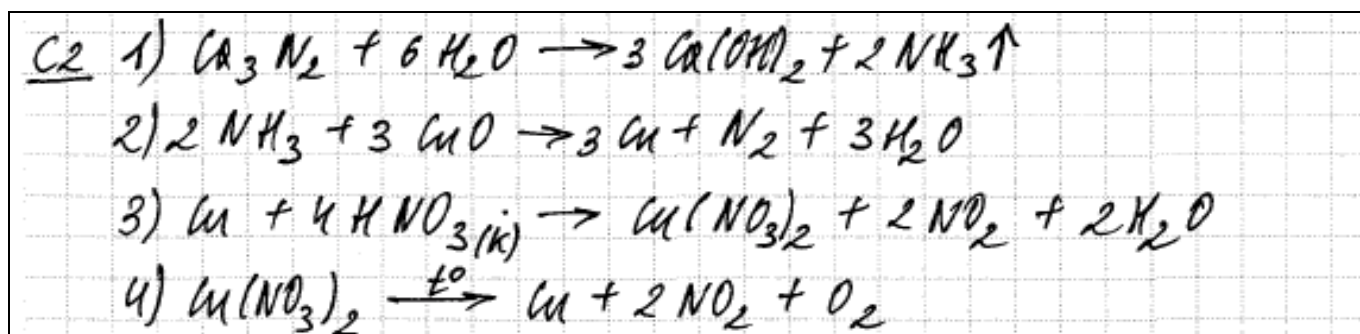
Задание: Газ, полученный при обработке нитрида кальция водой, пропустили над раскаленным порошком оксида меди(II). Полученное при этом твердое вещество растворили в концентрированной азотной кислоте, раствор выпарили, а полученный твердый остаток прокалили. Составьте уравнения четырех описанных реакций.

В результате выполнения задания должны быть записаны следующие уравнения реакций:



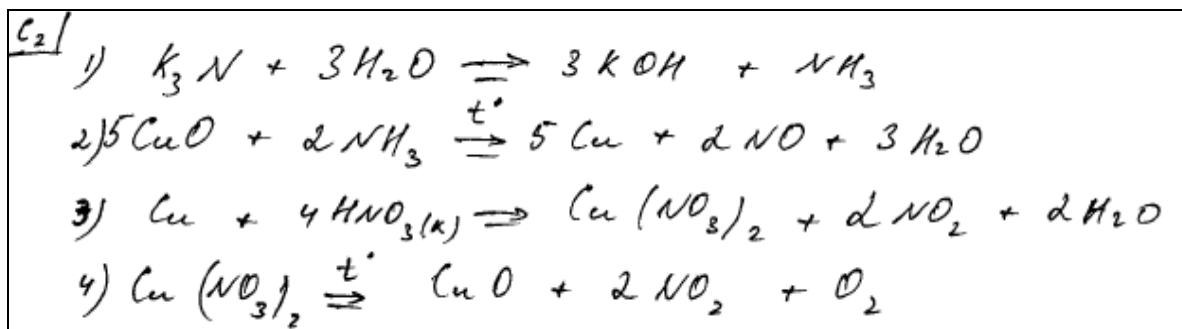
Рассмотрим примеры ответов выпускников и проанализируем допущенные ими ошибки.

Ответ выпускника 1:



В этом ответе ошибка допущена в четвертом уравнении реакции. В результате разложения нитрата меди(II) образуется оксид меди(II), диоксид азота и кислород. Как видно, в ответе среди продуктов реакции ошибочно указана медь.

Ответ выпускника 2:



В данном ответе допущена ошибка в первом уравнении реакции: вместо нитрида кальция записан нитрид калия. Во втором уравнении допущена ошибка в записи формулы продукта реакции: вместо азота указан оксид азота(II). Можно предположить, что причиной допущенной ошибки является неумение прогнозировать продукт реакции с учетом характера изменения степени окисления элемента в зависимости от условий реакции. Третье уравнение реакции составлено правильно. В четвертом уравнении неверно расставлены коэффициенты.

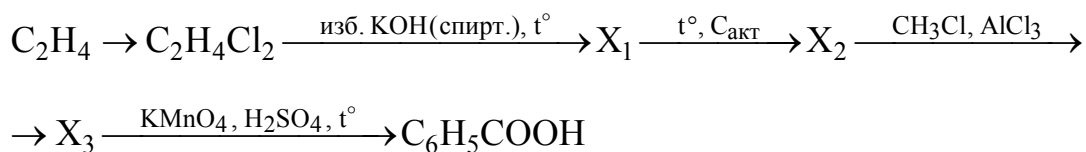
Задание С3

Выполнение этих заданий требует от выпускников целого комплекса знаний по органической химии: глубокого понимания генетической взаимосвязи органических веществ, знания их химических свойств и способов получения, умения учитывать условия проведения реакций, анализировать строение органических веществ. В результате выполнения задания должны быть записаны пять уравнений реакций, соответствующих заданной в условии схеме – «цепочке» превращений веществ. При записи уравнений реакций экзаменуемые должны использовать структурные формулы органических веществ: это указание записано в условии задания. Наличие в ответе экзаменуемого каждого из пяти уравнений оценивается в 1 балл. Максимальное количество баллов за выполнение таких заданий – 5.

Рассмотрим примеры ответов выпускников и отметим допущенные ими ошибки.

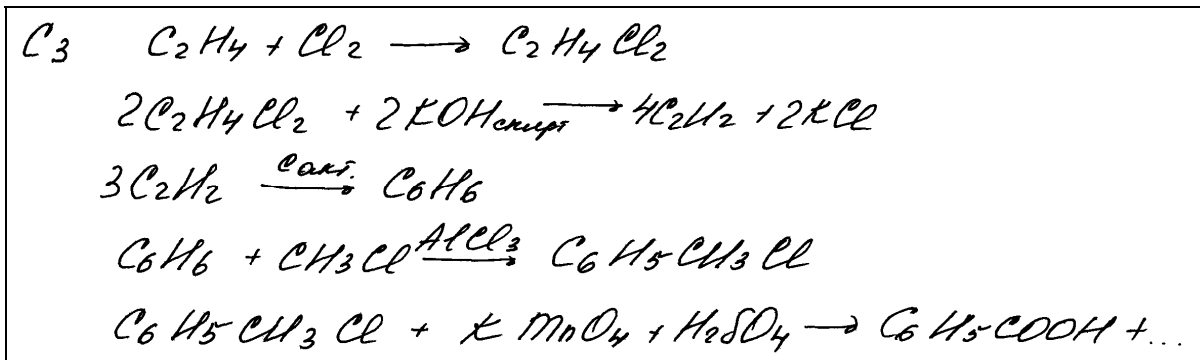
Пример 4

Задание: Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:



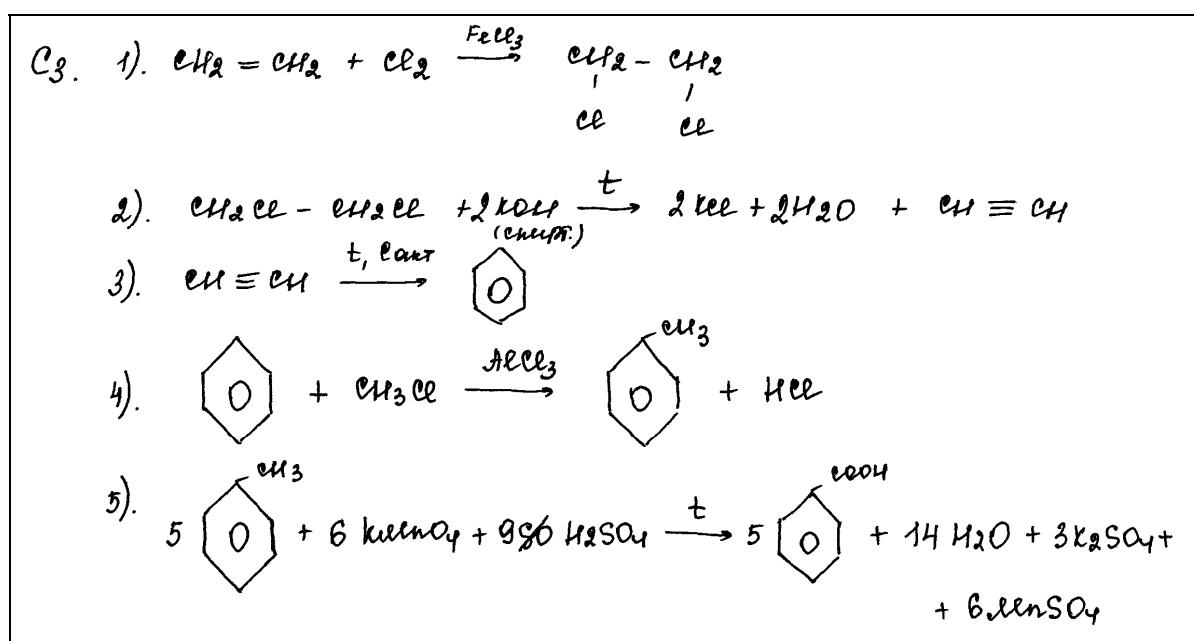
При написании уравнений реакций используйте структурные формулы органических веществ.

Ответ выпускника 1:



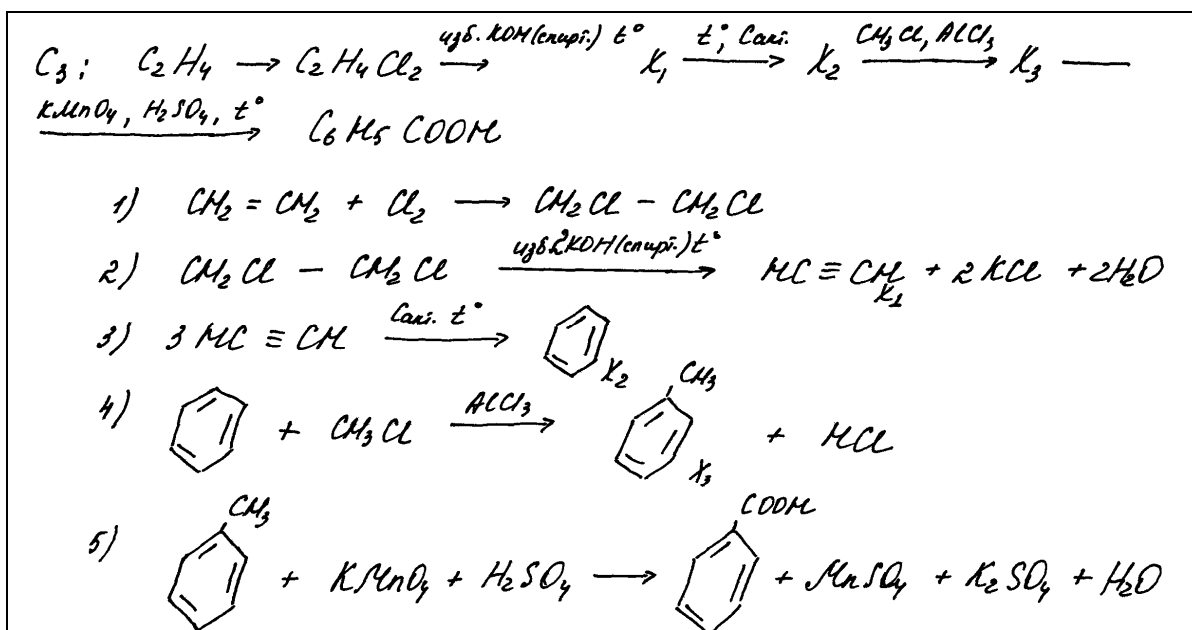
Обратим внимание на то, что экзаменуемый не выполнил требование записи структурных формул органических веществ. Во втором уравнении пропущен один из продуктов реакции – вода. Пятое уравнение реакции не составлено.

Ответ выпускника 2:



В этом ответе выпускник выполнил требование и записал структурные формулы веществ. Но в записи третьего уравнения отсутствует коэффициент 3 перед формулой ацетилена (C_2H_2). Вместе с тем по записям второго и пятого уравнений реакций можно судить о том, что умение расставлять коэффициенты у экзаменуемого сформировано достаточно прочно. На этом основании выскажем предположение о том, что ошибка в третьем уравнении допущена по невнимательности. Но все же даже такая ошибка может служить причиной снижения баллов за выполнение задания.

Ответ выпускника 3:



В данном ответе экзаменуемый не расставил коэффициенты в пятом уравнении реакции. Такую запись принято называть схемой реакции, но в условии задания требовалось составить уравнения реакций. Такая ошибка приводит к потере 1 балла за выполнение задания.

Задание С4

Задания С4 – это расчетные задачи. Их выполнение требует знания химических свойств веществ и предполагает осуществление некоторой совокупности действий, обеспечивающих получение правильного ответа. В числе таких действий назовем следующие:

- составление уравнений химических реакций (согласно данным условия задачи), необходимых для выполнения стехиометрических расчетов;
- выполнение расчетов, необходимых для нахождения ответов на поставленные в условии задачи вопросы;
- формулирование логически обоснованного ответа на все поставленные в условии задания вопросы (например, подробное обоснование последовательности действий, результатом которых было установление молекулярной формулы вещества).

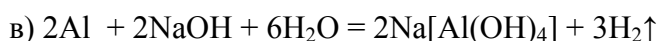
Условия заданий С4 наиболее разнообразны по содержанию и алгоритму их выполнения по сравнению с другими заданиями части 3 экзаменационной работы. Несмотря на то что в процессе выполнения этих заданий выпускники используют почти одни и те же понятия и формулы для расчетов, все же каждое задание предусматривает использование своего алгоритма решения. Подтвердим сказанное конкретными примерами.

Пример 5

Задание: Смесь алюминиевых и железных опилок обработали избытком разбавленной соляной кислоты, при этом выделилось 8,96 л (н.у.) водорода. Если такую же массу смеси обработать избытком раствора гидроксида натрия, то выделится 6,72 л (н.у.) водорода. Рассчитайте массовую долю железа в исходной смеси.

Первый этап решения – составление уравнений реакций потребует знаний химических свойств металлов: алюминий взаимодействует и с кислотой, и со щелочью, а железо с раствором щелочи реагировать не будет.

- 1) а) $Fe + 2HCl = FeCl_2 + H_2 \uparrow$
 б) $2Al + 6HCl = 2AlCl_3 + 3H_2 \uparrow$



На втором этапе необходимо рассчитать количество вещества и массу алюминия в соответствии с уравнением в):

$$2) \quad n(Al) = 2 / 3n(H_2) = 2 / 3 \cdot (6,72 / 22,4) = 0,2 \text{ моль}$$

$$m(Al) = 0,2 \cdot 27 = 5,4 \text{ г}$$

На третьем этапе можно определить количество вещества железа и его массу:

3) вычислим объем водорода, выделяемый в реакции а) железом:

$$V(H_2) = 8,96 - 6,72 = 2,24 \text{ л}$$

вычислим количество вещества железа:

$$n(Fe) = n(H_2) = 2,24 / 22,4 = 0,1 \text{ моль}$$

значит, масса железа $m(Fe) = 0,1 \cdot 56 = 5,6 \text{ г}$

Теперь можно использовать понятие «массовая доля вещества в смеси» и рассчитать массовую долю железа:

4)

$$\omega(Fe) = \frac{m(Fe)}{m(\text{смеси})} = \frac{5,6}{5,6 + 5,4} = 0,509, \text{ или } 50,9\%$$

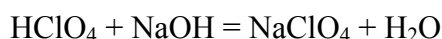
Максимальная оценка за выполнение задания составляет 4 балла. При проверке выполнения задания эксперты в первую очередь обращают внимание на логическую обоснованность выполненных действий, поскольку некоторые задачи могут быть решены несколькими способами. Посмотрим, как выполняют подобные задания экзаменуемые.

Пример 6

Задание: Смешали 100 мл 30%-ного раствора хлорной кислоты ($\rho = 1,11 \text{ г/мл}$) и 300 мл 20%-ного раствора гидроксида натрия ($\rho = 1,10 \text{ г/мл}$). Сколько миллилитров воды следует добавить к полученной смеси, чтобы массовая доля перхлората натрия в ней составила бы 8%?

Отметим следующие необходимые этапы рассуждений при выполнении этого задания:

1) химическую сущность условия задания описывает уравнение реакции:



2) используя данные задачи, рассчитаем количество вещества каждого из реагентов, чтобы сделать вывод об избытке одного из веществ:

$$n(NaOH) = 300 \cdot 1,1 \cdot 0,2 / 40 = 1,65 \text{ моль} - \text{в избытке}$$

$$n(HClO_4) = 100 \cdot 1,11 \cdot 0,3 / 100,5 \approx 0,33 \text{ моль}$$

3) на основании предыдущего вывода вычислим массу соли:

$$n(NaClO_4) = n(HClO_4) = 0,33 \text{ моль}$$

$$m(NaClO_4) = 0,33 \cdot 122,5 \approx 40,4 \text{ г}$$

4) далее вычислим объем добавленной воды:

$$0,08 = \frac{40,4}{100 \cdot 1,11 + 300 \cdot 1,1 + x}$$

$$\text{откуда } x = 64 \text{ г}$$

$$V(H_2O) = 64 \text{ мл}$$

Ответ: объем добавленной воды – 64 мл

Рассмотрим примеры ответов экзаменуемых и проанализируем допущенные ошибки.

Ответ выпускника 1:

C4

$$\text{HClO}_4 + \text{NaOH} \rightarrow \text{NaClO}_4 + \text{H}_2\text{O}$$

$m(\text{HClO}_4)_{\text{раств}} = 100 \cdot 1,11 = 111 \text{ г}$
 $m(\text{HClO}_4) = \frac{111}{100} \cdot 30 = 33,3 \text{ г}$
 $n(\text{HClO}_4) = \frac{33,3}{100,5} = 0,33 \text{ моль}$
 $m(\text{NaOH}) = 300 \cdot 1,10 = 330 \text{ г}$
 $m(\text{NaOH})_{\text{раств}} = \frac{330}{100} \cdot 20 = 66 \text{ г}$
 $n(\text{NaOH}) = \frac{66}{40} = 1,65 \text{ моль}$

$n(\text{HClO}_4) : n(\text{NaOH}) = 1:1 \Rightarrow n(\text{NaClO}_4) = 0,33 \text{ моль}$
 $m(\text{NaClO}_4) = 0,33 \cdot 122,5 = 40,425 \text{ г}$
 $m(\text{раств}) = 100 + 300 = 400 \text{ мл}$
 $w\%(\text{NaClO}_4) = \frac{40,425}{400} \cdot 100 = 10,1\%$

$\frac{10,1}{400} \cdot 100 = 2,5\%$
 В 100 грамах воды растворяется 2,5% NaClO₄.

Если надо 8% $\Rightarrow 10,1 - 8 = 2,1\%$
 если на 100 г(мл) приходится 2,5% то на 2,1% надо прицарапать 80г.
 надо чтобы масса раствора увеличилась на 75 грамм, то есть добавить 80 г(мл)

Экзаменуемый успешно справился с первыми тремя этапами решения задачи и нашел массу образовавшейся соли. Однако в ходе дальнейших рассуждений были допущены ошибки, которые не позволили получить правильный ответ. Так, в определении массы образовавшегося раствора использовались единицы объема, а не массы исходных растворов. Дальнейшие же действия и соответствующие им выводы оказались глубоко ошибочными.

Ответ выпускника 2:

C4

Дано:
 $V(\text{HClO}_4) = 100 \text{ мл}$
 р-р

Решение:
 $\text{HClO}_4 + \text{NaOH} \rightarrow \text{NaClO}_4 + \text{H}_2\text{O}$

$w(\text{HClO}_4) = 0,3$
 $\rho(\text{HClO}_4) = 1,11 \text{ г/мл}$
 р-р
 $V(\text{NaOH}) = 300 \text{ мл}$
 р-р
 $w(\text{NaOH}) = 0,2$
 $w(\text{NaClO}_4) = 0,08$
 $\rho(\text{NaOH}) = 1,10 \text{ г/мл}$
 р-р
 Масса:
 $V(\text{H}_2\text{O}) = ?$

$V(\text{HClO}_4) = \frac{100 \text{ мл} \cdot 0,3 \cdot 1,11 \text{ г/мл}}{100,5 \text{ г/моль}} = 0,33 \text{ моль}$
 $V(\text{NaOH}) = \frac{300 \text{ мл} \cdot 0,2 \cdot 1,10 \text{ г/мл}}{40 \text{ г/моль}} = 1,65 \text{ моль}$

по ур-нию:
 $V(\text{HClO}_4) = V(\text{NaClO}_4) = 0,33 \text{ моль}$
 $m(\text{NaClO}_4) = 0,33 \text{ моль} \cdot 122,5 \text{ г/моль} = 40,425 \text{ г}$
 $m(\text{NaClO}_4) = 0,08 \cdot 40,425 \text{ г} = 3,234 \text{ г}$
 $V(\text{NaClO}_4) = \frac{3,234 \text{ г}}{122,5 \text{ г/моль}} = 0,0264 \text{ моль}$
 $V(\text{H}_2\text{O}) = 0,0264 \text{ моль}$
 $m(\text{H}_2\text{O}) = 0,0264 \text{ моль} \cdot 18 \text{ г/моль} = 0,4752 \text{ г}$
 $V(\text{H}_2\text{O}) = \frac{0,4752 \text{ г}}{1 \text{ г/мл}} = 0,4752 \text{ мл}$
 Ответ: $V(\text{H}_2\text{O}) = 0,4752 \text{ мл}$

Из ответа экзаменуемого видно, что ошибка, как и в предыдущем случае, допущена на заключительном этапе решения задачи. Но здесь, скорее всего, просматривается неумение использовать понятие «массовая доля вещества в растворе».

Анализируя далее ответ экзаменуемого, отметим еще одну часто встречающуюся ошибку. Получив формальный ответ (0,4752 мл), выпускник даже не задумывается над тем, насколько полученная величина соотносится с данными условия задачи, – это всего несколько капель воды. Вряд ли такой объем добавленной воды сможет уменьшить концентрацию исходных растворов. На наш взгляд, такой формальный подход к значениям величин, которые используются при решении химических задач, говорит об отсутствии метапредметных навыков, необходимых для решения задач различного типа, а также навыков самоконтроля и самопроверки.

Заметим также, что выпускники зачастую совершают ошибки в расчетах на втором или третьем этапе решения задачи. Очевидно, что эти ошибки приведут к неправильному ответу. Однако подобная ошибка не свидетельствует о несформированности умения решать химическую задачу. Поэтому в рекомендациях для экспертов, проверяющих выполнение заданий, дается следующее указание, которым они должны руководствоваться в таких случаях: «* *Примечание.* В случае, когда в ответе содержится ошибка в вычислениях в одном из трех элементов (втором, третьем или четвертом), которая привела к неверному ответу, оценка за выполнение задания снижается только на 1 балл».

Задание С5

Задания С5 предусматривают определение молекулярной формулы вещества. Выполнение этого задания включает в себя три последовательных операции: составление схемы химической реакции; определение стехиометрических соотношений реагирующих веществ; вычисления на их основе, приводящие к установлению состава неизвестного вещества.

В заданиях С5 используется комбинирование проверяемых элементов содержания – расчетов, на основе которых приходят к определению молекулярной формулы вещества. К тем действиям, которые выполняются в расчетных задачах С4 (стехиометрические расчеты), во многих задачах этого типа добавляются действия другого уровня сложности – составление общей формулы вещества и далее – определение на ее основе молекулярной формулы вещества.

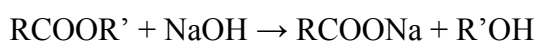
Все эти действия могут быть выполнены в различной последовательности. Иными словами, экзаменуемый может прийти к ответу любым доступным для него логическим путем. Следовательно, при оценивании задания главное внимание обращается на правильность выбранного способа определения молекулярной формулы вещества.

Пример 7

Задание: Сложный эфир массой 30 г подвергнут щелочному гидролизу. При этом получено 34 г натриевой соли предельной одноосновной кислоты и 16 г спирта. Установите молекулярную формулу этого эфира.

В процессе решения данной задачи надо было осуществить следующие последовательные действия:

1) составить уравнение гидролиза эфира в общем виде:



2) вычислить количество вещества едкого натра:

$$m(\text{NaOH}) = (34 + 16) - 30 = 20 \text{ г}$$

$$n(\text{NaOH}) = 20 / 40 = 0,5 \text{ моль}$$

3) определить молярную массу эфира и его молекулярную формулу:

из уравнения следует, что $n(\text{RCOOR}') = n(\text{NaOH}) = 0,5 \text{ моль}$, тогда

$$m(\text{RCOOR}') = m / n = 30 / 0,5 = 60 \text{ г/моль}$$

$$m(\text{R}_1 + \text{R}_2) = 60 - 12 - 32 = 16 \text{ г/моль}$$

следовательно, ими могут быть только атом Н и метил CH_3

формула эфира: HCOOCH_3

Ответ выпускника 1:

<p>C5) Дано: $m(\text{эфира}) = 30 \text{ г}$ $m(\text{соли}) = 34 \text{ г}$ $m(\text{спирта}) = 16 \text{ г}$ мол. формул - ?</p>	<p>Решение $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{C}(=\text{O})-\text{C}_m\text{H}_{2m+1} + \text{NaOH} \rightarrow \text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{C}(=\text{O})\text{ONa} + \text{C}_m\text{H}_{2m+1}\text{OH}$ $M(\text{NaOH}) = (M(\text{соли}) + M(\text{спирта})) - M(\text{эфира}) =$ $= (34 + 16) - 30 = 20 \text{ г}$ $n(\text{NaOH}) = \frac{20 \text{ г}}{40 \text{ г/моль}} = 0,5 \text{ моль}$ $n(\text{эфира}) = n(\text{NaOH}) = 0,5 \text{ моль}$ $M(\text{эфира}) = \frac{30 \text{ г}}{0,5} = 60 \text{ г/моль}$ $14n + 1 + 12 + 32 + 14m + 1 = 60$ $28n = 14$ $n = 0,5$ не подходит \downarrow $\text{H}-\text{C}(=\text{O})-\text{O}-\text{CH}_3$ - метиловый эфир муравьиной кислоты Ответ: $\text{H}-\text{C}(=\text{O})-\text{O}-\text{CH}_3$</p>
--	--

Первые два элемента ответа, представленные экзаменуемым, являются верными. Последний элемент ответа логически не завершен. Однако экзаменуемый получил верный ответ на задание практически методом подбора. Такой способ решения данной задачи в принципе также возможен.

Итак, на конкретных примерах мы проиллюстрировали общие подходы к определению содержательной основы наиболее сложных заданий экзаменационной работы и к построению системы оценивания их выполнения. Также рассмотрели наиболее типичные ошибки, встречающиеся в ответах экзаменуемых. Как показывает практика экзамена, к выполнению заданий с развернутым ответом приступает абсолютное большинство экзаменуемых независимо от уровня подготовки. Объяснением тому, по всей вероятности, является тот факт, что задания такого типа довольно часто встречаются в учебном процессе и потому знакомы выпускникам как по форме, так и по содержанию. Однако, как оказалось, умением выстроить алгоритм решения задачи и сформулировать аргументированный ответ владеют только наиболее подготовленные выпускники. На основании этого можно сделать вывод: задания с развернутым ответом являются достаточно объективным инструментом для дифференциации экзаменуемых по уровню их подготовки.

В заключение дадим некоторые рекомендации по подготовке к ЕГЭ 2014 г. по химии. Напомним, что единый государственный экзамен по химии является экзаменом по выбору выпускников. Поэтому очевидно, что его результаты не могут со всей полнотой отражать качество подготовки по химии всех выпускников общеобразовательных учреждений. Однако на основе его результатов можно высказать некоторые предложения по совершенствованию методики преподавания предмета.

Так, подтверждается необходимость усиления внимания к организации целенаправленной работы по подготовке к единому государственному экзамену по химии, которая предполагает планомерное повторение изученного материала и тренировку в выполнении заданий различного типа.

Результатом работы по повторению должно стать приведение в систему знаний следующих понятий: вещество, химический элемент, атом, ион, химическая связь, электроотрицательность, степень окисления, моль, молярная масса, молярный объем, электролитическая диссоциация, кислотно-основные свойства вещества, окислительно-

восстановительные свойства, процессы окисления и восстановления, гидролиз, электролиз, функциональная группа, гомология, структурная и пространственная изомерия. Знание/понимание этих понятий входит в число обязательных требований к подготовке выпускников средней (полной) школы по химии. При этом важно помнить, что усвоение любого понятия заключается в умении *выделять* его характерные признаки, *выявлять* его взаимосвязи с другими понятиями, а также в умении *использовать* это понятие для объяснения фактов и явлений.

Повторение и обобщение материала целесообразно выстроить по основным разделам курса химии:

- Теоретические основы химии
- Неорганическая химия
- Органическая химия
- Методы познания веществ и химических реакций. Химия и жизнь

Заметим, что усвоение содержания каждого раздела предполагает *овладение* определенными теоретическими сведениями, включающими законы, правила и понятия, а также, что особенно важно, *понимание* их взаимосвязи и границ применения.

Вместе с тем овладение понятийным аппаратом курса химии – это необходимое, но недостаточное условие успешного выполнения заданий экзаменационной работы. Дело в том, что большинство заданий вариантов КИМ единого государственного экзамена по химии направлены, главным образом, на проверку умения применять теоретические знания в конкретных ситуациях. Так, например, экзаменуемые должны продемонстрировать умения *характеризовать* свойства вещества на основе их состава и строения, *определять* возможность протекания реакций между веществами, *прогнозировать* возможные продукты реакции с учетом условий ее протекания. Также для выполнения ряда заданий понадобятся знания о признаках изученных реакций, правилах обращения с лабораторным оборудованием и веществами, способах получения веществ в лаборатории и в промышленности. Поэтому систематизация и обобщение изученного материала в процессе его повторения должны быть направлены на развитие умений *выделять* главное, *устанавливать* причинно-следственные связи между отдельными элементами содержания, в особенности взаимосвязи состава, строения и свойств веществ.

Вместе с тем есть еще немало вопросов, ознакомиться с которыми заблаговременно должен каждый учащийся, который выбирает данный экзамен. Это информация о самом экзамене, об особенностях его проведения, о том, как можно проверить свою готовность к нему и как следует организовать себя при выполнении экзаменационной работы. Все эти вопросы должны стать предметом самого тщательного обсуждения с учащимися.

На сайте ФИПИ (<http://www.fipi.ru>) размещены следующие нормативные, аналитические, учебно-методические и информационные материалы, которые могут быть использованы при организации учебного процесса и подготовке учащихся к ЕГЭ:

- документы, определяющие разработку КИМ ЕГЭ по химии 2014 г.;
- учебно-методические материалы для членов и председателей региональных предметных комиссий по проверке выполнения заданий с развернутым ответом;
- методические письма прошлых лет;
- обучающая компьютерная программа «Эксперт ЕГЭ»;
- тренировочные задания из открытого сегмента федерального банка тестовых материалов.