

Из опыта разработки заданий по оценке естественнонаучной грамотности школьников при обучении химии

Каверина Аделаида Александровна

кандидат педагогических наук, руководитель ФКР по разработке КИМ для ГИА по химии

Молчанова Галина Николаевна

кандидат химических наук, учитель химии МОУ «Котеревская средняя общеобразовательная школа» Истринского муниципального района Московской области, член ФКР по разработке КИМ для ГИА по химии

Свириденкова Наталья Васильевна

кандидат химических наук, доцент кафедры общей и неорганической химии ФГАОУ ВПО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», член ФКР по разработке КИМ для ГИА по химии

Снастина Марина Геннадьевна

учитель химии ГБОУ «СОШ № 1935» г. Москвы, член ФКР по разработке КИМ для ГИА по химии, kim@fipi.org

Ключевые слова: естественнонаучная грамотность, учебно-практические задания, практико-ориентированные задания, модели заданий по химии, познавательные умения.

Формирование естественнонаучной грамотности школьников при обучении химии является одной из первоочередных задач наряду с освоением системы химических знаний, включающей: фундаментальные понятия, законы и теории химии; современные представления о строении вещества; знания о закономерностях протекания химических реакций, научных методах познания веществ и химических процессов.

Согласно общепризнанному мнению естественнонаучную грамотность определяют такие компетентности, как: *понимание* основных особенностей естественнонаучного метода познания; *способность использовать* естественнонаучные знания для анализа и объяснения явлений окружающего мира, для прогнозирования изменений в нём, происходящих под влиянием различных факторов; *умение делать* обоснованные заключения на основании научных фактов и имеющихся данных с целью получения выводов и оценки их достоверности¹.

На основе данного представления о естественнонаучной грамотности можно заключить, что основными характеристиками этой грамотности, формируемой

¹ Бородин М.Н., Пентин А.Ю. Концепция естественнонаучной грамотности и её реализация в УМК «Школа БИНОМ» // Интернет-газета «Лаборатория знаний издательства БИНОМ». Выпуск 4, апрель 2012. <http://gazeta.ibz.ru/>.

у школьников средствами учебного предмета «Химия», будут определённые умения, которые свидетельствуют о развитии интеллекта и познавательной активности личности ученика. К числу наиболее важных из этих умений относятся:

— умение *самостоятельно организовывать* свою познавательную деятельность (от постановки цели, выдвижении гипотезы о способах разрешения проблемы до получения результата), что особенно необходимо при планировании и проведении химических экспериментов;

— умение *осуществлять* приёмы логического мышления: определять понятия, раскрывать их сущность, выбирать основания для классификации веществ и химических реакций, выявлять взаимосвязь частного, единичного и общего в изучаемых веществах и химических явлениях;

— умение *использовать* полученные при изучении химии знания и опыт для объяснения и прогнозирования явлений, имеющих естественнонаучную природу, для принятия грамотных решений в конкретных жизненных ситуациях, связанных с веществами и их применением; *оценивать* с позиций экологической безопасности характер влияния веществ и химических процессов на организм человека и окружающую природную среду;

— умение *самостоятельно приобретать* новые для себя знания о веществах, их превращениях и практическом применении, используя при этом источники дополнительной научной и научно-популярной информации по химии; *способствовать формированию* собственной позиции по отношению к получаемой химической информации.

Средствами оценки сформированности этих умений являются задания, получившие названия учебно-познавательных и практико-ориентированных измерителей. В практике обучения химии такие задания стали находить всё большее применение. Особенно важная роль им отведена в контрольных измерительных материалах (КИМах), предназначенных для проведения государственной итоговой аттестации в форме ЕГЭ и ОГЭ.

Задания, используемые в КИМах, классифицируются по разным основаниям: по своей типологии, по объёму проверяемого содержания, по способам познавательной деятельности, необходимым для их выполнения. Вместе с тем эти задания сходны по своей целевой направленности, суть которой заключается

в следующем: важно не просто установить, что знают и умеют учащиеся, сколько обеспечить объективную проверку того, как и в каких взаимосвязях они могут применять полученные знания и умения для анализа, объяснения и прогнозирования различного рода явлений.

Таким предназначением заданий, ориентированных на проверку сформированности умений, определяющих естественнонаучную грамотность школьников, обусловлена особенность методических подходов к их построению.

В частности, при определении объёма проверяемого содержания и форм его предъявления в условии задания обязательно принимается во внимание принятая в курсе химии логика системной организации учебного материала, который строится по принципу последовательного развития знаний на основе теоретических представлений разного уровня. Так, система понятий о химическом элементе и веществе рассматривается в курсе на основе теоретических представлений: атомно-молекулярных; периодической системы химических элементов; электронно-ионных (на основе учения о химической связи и теории электролитической диссоциации). Система понятий о химической реакции рассматривается в соответствии с теоретическими представлениями: атомно-молекулярными, электронно-ионными (реакции ионного обмена и окислительно-восстановительные), а также с представлениями о кинетике и термодинамике процессов². Такая организация содержания предмета обеспечивает условия, необходимые для формирования у учащихся ценностных отношений к научному знанию и методам познания в науке химии. Учёт столь важного фактора при построении заданий позволяет более точно установить, какие предметные знания и формируемые предметные умения, направленные на применение знаний, а также их преобразование с целью получения новых знаний, должны составить содержательную основу каждого из заданий.

В целях дифференциации заданий по уровню их сложности учитываются требования, предъявляемые Стандартом к усвое-

² Каверина А.А., Иванова Р.Г., Добротин Д.Ю. Химия. Планируемые результаты. Система заданий. 8–9-й классы: пособие для учителей общеобразовательных учреждений; под ред. Г.С. Ковалевой, О.Б. Логиновой. М.: Просвещение. — 2013. — 128 с. (Работаем по новым стандартам. С. 14.)

нию того или иного понятия, или к сформированности определённого умения. В этой связи различают *базовый, повышенный и высокий* уровень усвоения понятий и умений. Базовый уровень предусматривает сформированность умений: *выделять* существенные признаки ключевых понятий курса, *классифицировать* вещества и реакции. Повышенный уровень усвоения предполагает сформированность умений: *применять* изученные понятия во взаимосвязи; *систематизировать* и *обобщать* имеющиеся знания. Высокий уровень усвоения характеризуется умениями: самостоятельно и осознанно *использовать* полученные знания в различных новых связях, *находить* оригинальный способ решения задач, *делать* выводы, умозаключения и *оценивать* достоверность полученных результатов.

На основании установления соответствия содержательной основы заданий требованиям к уровню усвоения понятий и сформированности умений даётся характеристика их сложности. Внутри каждой из групп задания могут распределяться по видам проверяемых знаний и умений (общие естественнонаучные знания и общеучебные умения, предметные знания и предметные умения), а также по способам познавательной деятельности, выраженным в соответствующих действиях. Этим будет обусловлена форма предъявления содержания в заданиях. Рассмотрим примеры конкретных заданий, построение которых осуществляется в рамках описанных выше методических подходов.

1. Задания, направленные на проверку способности использовать такой метод познания, как моделирование

Приобретение опыта использования различных методов изучения веществ и химических реакций одна из основных характеристик формируемой естественнонаучной грамотности. При обучении химии ведущим методом познания является *моделирование*, поскольку непосредственное наблюдение внутреннего мира веществ невозможно, и о сущности химических явлений мы судим по косвенным признакам³.

³ Общая методика обучения химии в школе. / Р.Г. Иванова, Н.А. Городилова, Д.Ю. Добротин, А.А. Каверина и др. // Под ред. Р.Г. Ивановой. — М.: Дрофа, 2008. — 319 с. — (Российская академия образования — учителю). — с. 198.

Задания, направленные на проверку способности учащихся использовать этот метод познания, предполагают разнообразную по характеру познавательную деятельность. Её результатом должно стать построение модели химического процесса, в котором состав исходных и полученных веществ будет представлен в виде знаковых моделей химических формул, а сам процесс в виде химического уравнения. Такие задания получили название «мысленного эксперимента». Они различаются по формату и уровню сложности (см. примеры заданий 1–4).

Пример 1

Задание базового уровня сложности

В пробирку с раствором газа X добавили раствор вещества Y. В результате реакции наблюдали выпадение осадка. Из предложенного перечня выберите вещества X и Y, которые могут вступать в описанную реакцию.

- 1) сульфит калия
- 2) аммиак
- 3) нитрат алюминия
- 4) хлороводород
- 5) нитрат натрия

Деятельность учащихся при выполнении этого задания условно можно разделить на несколько этапов. Вначале им необходимо проанализировать информацию, содержащуюся в условии задания. Это указание на признак протекающей реакции и перечень названий веществ, из числа которых нужно выбрать неизвестные вещества X и Y. Для ответа на вопрос, какие вещества могут вступать в описанную реакцию, необходимо актуализировать знания о свойствах всех указанных в задании веществ. Для этого потребуется выполнить конкретное действие и преобразовать текстовую информацию (названия веществ) в знаковые модели формулы веществ. Выполнив это действие, учащиеся смогут получить дополнительные сведения о свойствах веществ на основании анализа данных, содержащихся в таблице «Растворимость кислот, оснований и солей в воде».

Следующий этап деятельности учащихся это установление соответствия между условием задания и полученными данными о свойствах веществ. Примерный ход рассуждений может быть следующим. Среди перечисленных веществ присутствуют 2 газа аммиак NH_3 и хлороводород HCl . Раствор аммиака имеет

свойства основания, а раствор хлороводорода является соляной кислотой. В растворе соляной кислоты присутствуют хлорид-анионы (Cl^-), которые могут образовывать осадок с катионами серебра (Ag^+) или свинца (Pb^{2+}), но среди перечисленных веществ нет соединений с этими катионами. А при взаимодействии раствора аммиака с нитратом алюминия ($\text{Al}(\text{NO}_3)_3$) выпадает осадок гидроксида алюминия ($\text{Al}(\text{OH})_3$). Следовательно, эти вещества могут вступать в описанную реакцию. Составление химического уравнения модели реакции между этими веществами подтвердит правильность сделанного выбора.

Пример 2

Задание базового уровня сложности

С помощью каких веществ, из числа перечисленных, можно доказать качественный состав сульфата магния?

- 1) карбонат бария
- 2) гидроксид меди(II)
- 3) нитрат бария
- 4) хлороводород
- 5) гидроксид натрия

Задания, подобные данному, направлены в основном на формирование умения вести поиск необходимой информации, используя источники, созданные в различных знаковых системах (текст, химические формулы, таблицы). Способность учащихся к выполнению таких действий во многом определяет их интерес к познанию веществ и химических реакций.

Выполнение этого задания предусматривает осуществление следующих действий: 1) анализ текстовой информации названий всех веществ, указанных в условии; 2) составление химических формул знаковых моделей каждого из этих веществ, на основании которых будет определён качественный состав веществ; 3) анализ информации, содержащейся в таблице «Растворимость кислот, оснований и солей в воде», в результате которого должен быть получен вывод о растворимости заданных веществ и о характерных реагентах на определённые ионы; 4) соотнесение полученных данных о качественном составе веществ, их растворимости и характерных реагентах на ионы с данными условиями задания. Заключение вывод.

Установлено, что в состав сульфата магния входят катионы Mg^{2+} и анионы SO_4^{2-} . Качественным реагентом на катионы Mg^{2+} мо-

гут быть вещества, имеющие в своём составе гидроксид-анионы OH^- . Среди указанных веществ эти анионы имеются в составе гидроксида меди(II) и гидроксида натрия. Однако для качественного определения катионов Mg^{2+} можно использовать только растворимый в воде гидроксид натрия.

Качественным реактивом на анион SO_4^{2-} может быть вещество, имеющее в своём составе катионы Ba^{2+} . В условии задания указаны 2 таких вещества: карбонат бария и нитрат бария. Для определения наличия в растворе сульфата магния анионов SO_4^{2-} можно использовать только растворимую соль нитрат бария.

Пример 3

Задание повышенного уровня сложности

Установите соответствие между веществами, указанными в одной паре, и реагентом, с помощью которого можно различить эти вещества между собой: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

ВЕЩЕСТВА	РЕАГЕНТ
А) пропанол-1 и пропанон	1) Na
Б) метиламин (p-p) и глицин (p-p)	2) NaOH
В) бутин-1 и бутин-2	3) $\text{Cu}(\text{OH})_2$
Г) пропанол-2 и глицерин	4) $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$
	5) фенолфталеин

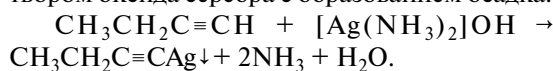
Особенность этого задания состоит в том, что исходную информацию, содержащуюся в условии, нужно использовать в разных взаимосвязях. Так, вначале на основе текстовой информации названий веществ, представленных в парах, мы анализируем качественный состав этих веществ, выявляем наличие в их молекулах функциональных групп, составляем формулы веществ. Это действие будет повторяться для каждого из двух веществ одной пары. Установление качественного состава веществ позволит сделать вывод о принадлежности их к определённому классу/группе органических соединений.

Отмечаем, что в каждой паре представлены вещества разного строения, относящиеся к разным классам/группам соединений. Отсюда следует вывод о том, что различить их между собой можно с помощью реагента, который будет характерным только для одного из них. На основании этого заключения выстраиваем следующий ход рассуждений.

Первая пара веществ: пропанол-1 и пропанон спирт и кетон. Отличить кетон от спирта можно при помощи металлического натрия. Спирты реагируют с натрием с выделением водорода: $2\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH} + 2\text{Na} \rightarrow 2\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{ONa} + \text{H}_2\uparrow$. Кетоны не взаимодействуют с натрием.

Вторая пара веществ: метиламин (р-р) и глицин (р-р). Глицин содержит две функциональные группы с противоположными свойствами кислотную карбоксильную группу и основную аминогруппу, поэтому среда водного раствора глицина нейтральная. Метиламин содержит только основную аминогруппу, среда его раствора щелочная. Для различения этих веществ можно использовать фенолфталеин. В водном растворе метиламина он окрашивается в малиновый цвет, а в растворе глицина остаётся бесцветным.

Третья пара веществ: бутин-1 и бутин-2. Молекула бутин-1, в отличие от молекулы бутин-2, содержит концевую тройную связь. Поэтому бутин-1 реагирует с аммиачным раствором оксида серебра с образованием осадка:



Бутин-2 в эту реакцию не вступает, так как в его молекуле у атомов углерода, образующих тройную связь, отсутствуют атомы водорода.

Четвёртая пара веществ: пропанол-2 и глицерин. И пропанол-2, и глицерин являются спиртами. Однако глицерин, в отличие от пропанола-2, является многоатомным спиртом. Многоатомные спирты реагируют с гидроксидом меди(II), при этом образуется раствор ярко-синего цвета.

Пример 4

Задание высокого уровня сложности

При взаимодействии растворов сульфата меди(II) и нитрата бария образовался белый осадок. Осадок отделили фильтрованием, оставшийся раствор выпарили, и полученный сухой остаток прокалили. Смесь выделившихся при прокаливании газов растворили в воде. В разбавленном растворе полученной кислоты растворили кальций, при этом в растворе образовалось две соли, а газ не выделялся. Напишите уравнения четырёх описанных реакций.

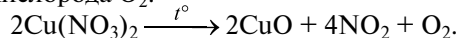
Данное задание условно можно назвать «мысленным» экспериментальным исследованием, целью которого является подтвер-

ждение генетической связи между неорганическими веществами разных классов. Такого рода исследование требует комплексного применения знаний и умений, а его результат должен быть проиллюстрирован посредством уравнений 4 химических реакций, внешние признаки и условия проведения которых подробно описаны в задании. Эти уравнения будут записаны правильно, если приняты во внимание как общие, так и специфические свойства веществ, участвующих в реакции, учтены условия протекания реакций между ними, а также проверена правильность расстановки коэффициентов в каждом из уравнений. Обязательным для выполнения задания является представление развёрнутого ответа с обоснованием всего хода «мысленного» эксперимента и содержащего запись всех 4 уравнений.

Образец развёрнутого ответа к заданию:

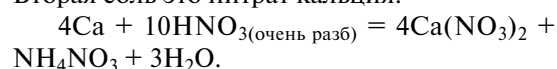
1. При взаимодействии растворов сульфата меди(II) и нитрата бария протекает реакция ионного обмена, в результате которой образуется нерастворимый сульфат бария: $\text{CuSO}_4 + \text{Ba}(\text{NO}_3)_2 = \text{BaSO}_4\downarrow + \text{Cu}(\text{NO}_3)_2$.

2. После отделения осадка BaSO_4 и выпаривания раствора остаётся нитрат меди(II). Его прокалывание приводит к образованию оксида меди(II) CuO , оксида азота (IV) NO_2 и кислорода O_2 :



3. Взаимодействие оксида азота(IV) с водой в присутствии кислорода приводит к образованию азотной кислоты: $4\text{NO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 = 4\text{HNO}_3$.

4. При взаимодействии *разбавленного раствора* HNO_3 с таким *активным восстановителем*, как кальций, азот нитрат-аниона N^{+5} восстанавливается до N^{-3} в ионе аммония, который в избытке азотной кислоты образует соль нитрат аммония. Вторая соль это нитрат кальция:



II. Задания, направленные на проверку способности проводить расчёты по химическим формулам и уравнениям химических реакций

Проведение расчётов по химическим формулам и уравнениям химических реакций с использованием физических величин, характеризующих вещества с количественной сто-

роны: массы, объёмов (при н.у.), количества вещества (в молях) является также одним из основных научных методов познания в химии.

Формирование у учащихся способности проводить эти расчёты представляется важным направлением обучения познанию. В этих целях при обучении химии используются различные типы расчётных задач. Для решения расчётных задач необходимо знание: основных законов химии, химических свойств неорганических и органических веществ различных классов, сущности и закономерностей протекания изученных типов химических реакций. Успешность решения задач зависит от умения анализировать химическую составляющую условия задания, от правильного использования таких понятий, как «количество вещества», «моль», «молярная масса», «молярный объём» и общепринятых обозначений основных величин (масса, объём, количество вещества), а также от умения выбирать наиболее рациональный способ решения, строить алгоритм действий, формулировать обоснованный ответ⁴.

Ниже приведены примеры некоторых разновидностей расчётных задач.

1) Вид расчётов по уравнениям химических реакций: расчёты массы вещества или объёма газа по известному количеству вещества, массе или объёму одного из участвующих в реакции веществ.

Пример 5

Задание базового уровня сложности

Определите массу азота, полученного при полном сгорании 5 л аммиака (н.у.).

2) Вид расчётов: установление молекулярной и структурной формулы вещества.

Для установления молекулярной формулы неизвестного органического вещества исполь-

зуют задания высокого уровня сложности. Их выполнение предусматривает проведение расчётов, которые основываются на анализе данных поэлементного состава вещества (массовые доли химических элементов в веществе), или данных о массах продуктов сжигания этого вещества (углекислого газа, воды, азота, галогеноводорода). Далее, учитывая найденную молекулярную формулу вещества и проанализировав информацию о свойствах или способах получения этого органического вещества, можно определить структурную формулу этого вещества. Условие задания сформулировано таким образом, что чётко определяет 4 необходимых элемента развёрнутого ответа на это задание. Рассмотрим пример такого задания и прокомментируем его выполнение.

Пример 6

Задание высокого уровня сложности

Органическое вещество А содержит 11,97% азота, 9,40% водорода и 27,35% кислорода по массе и образуется при взаимодействии органического вещества Б с пропанолом-2 в молярном соотношении 1:1. Известно, что вещество Б имеет природное происхождение и способно взаимодействовать как с кислотами, так и со щелочами. На основании данных условия задания:

1) произведите вычисления, необходимые для установления молекулярной формулы органического вещества А;

2) запишите молекулярную формулу вещества А;

3) составьте структурную формулу вещества А, которая однозначно отражает порядок связи атомов в его молекуле;

4) напишите уравнение реакции получения вещества А из вещества Б и пропанола-2.

В заключение отметим, что все представленные в статье задания являются типовыми и направлены на проверку тех умений, которые рассматриваются в качестве важных характеристик естественнонаучной грамотности школьников.

⁴ Каверина А.А., Молчанова Г.Н., Свириденкова Н.В., Стаханова С.В. Химия. Решение задач повышенного и высокого уровня сложности. Как получить максимальный балл на ЕГЭ. Учебное пособие. — М.: Интеллект-Центр, 2015. — С. 152.