



## Методы и инструменты оценивания естественнонаучной грамотности

Методы и инструменты оценивания естественнонаучной грамотности рассмотрим на примере такой учебной дисциплины как химия.

Методическим руководством для определения основных принципов построения заданий по оценке сформированности естественнонаучной грамотности служат основные положения о назначении, составе, содержании и особенностях оценки достижения планируемых результатов освоения ООП по химии. Этим обусловлена особенность методических подходов к построению заданий. Например, 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. Благодаря этому знания в курсе развиваются последовательно, выполняя функции объяснения и прогнозирования строения, свойств, способов получения и возможностей практического применения изучаемых веществ.

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 процессов. Такая организация содержания предмета обеспечивает условия, необходимые для формирования у учащихся ценностных отношений к научному знанию и методам познания в науке химии.

В свою очередь, в целях дифференциации заданий по уровню их сложности учитываются требования, предъявляемые Стандартом к усвоению 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.

Проиллюстрируем особенности использования названных методических приёмов на примере построения конкретных заданий.

### **Примеры заданий для оценки естественнонаучной грамотности школьников в соответствии с планируемыми результатами освоения ООП по химии**

Одним из требований ФГОС к результатам школьного естественнонаучного образования является сформированность у учащихся умения анализировать информацию, представленную в различных формах (текст, таблицы, графики, знаковая символика и т.п.). Использование заданий, ориентированных на проверку достижения этого результата, широко практикуется уже на начальных этапах обучения химии. Примером тому является задание, выполнение которого предполагает проверку достижения планируемого результата «раскрывать смысл понятий химический элемент и простое вещество».

## Задание 1

Проанализируйте представленные в таблице утверждения и укажите, какое из них относится к понятию «химический элемент», а в какое – к понятию «простое вещество». Выбранный ответ обозначьте знаком «+» в соответствующем столбце таблицы.

Утверждение	Понятие	
	Химический элемент	Простое вещество
Графит – «серый брат алмаза». Это слово происходит от греческого – <i>grapho</i> – пишу. Графит издавна использовали для изготовления пишущих инструментов вроде современных карандашей		
Иод играет важную роль в обмене веществ в организме человека. Иод накапливается в щитовидной железе. При её заболеваниях назначают йодсодержащие препараты		
Некоторые древние народности (египтяне, армяне) знали о метеоритном железе, называя его «упавшим, капнувшим с неба»		
Озон даже в небольших количествах выполняет роль окислителя многих веществ. Озоном обеззараживают водопроводную воду, очищают воздух от болезнетворных бактерий. Из-за своей активности в больших дозах он может стать опасным для здоровья человека и животных		
Алюминиевую фольгу широко используют в пищевой промышленности. Из неё делают обёртки конфет, шоколада, плавленых сыров, крышки молочных бутылок и т.п.		

По мере изучения химии задания, направленные на формирование умения работать с информацией, существенно модифицируются: основой для их разработки зачастую становятся обширные, иногда избыточные по объёму, справочные данные о физических и химических свойствах веществ, анализ которых показывает учащимся, каким может быть путь к самостоятельному

получению необходимых сведений. Особенно предпочтительны эти задания на этапе систематизации знаний при изучении химии на углубленном уровне.

## Задание 2

Ознакомьтесь с приведенными ниже утверждениями о строении и свойствах аминов.

1. Растворимость первичных аминов в воде повышается с увеличением числа атомов углерода в их молекуле.
2. Этиламин и диметиламин являются изомерами, и поэтому имеют одинаковую температуру кипения.
3. Вторичные амины, как правило, хуже растворимы в воде, чем первичные амины с тем же числом атомов углерода.
4. Ароматические амины, как правило, представляют собой жидкости тяжелее воды.
5. В ряду первичных аминов первые четыре представителя являются газообразными при обычных условиях веществами. Выберите верные из этих утверждений на основе анализа данных, представленных в таблице. Номера верных утверждений запишите в поле ответа. Строение и свойства некоторых аминов

Формула амина	$T_{\text{кип}}, ^\circ\text{C}$	Плотность, г/мл	Растворимость в воде, г/100 г $\text{H}_2\text{O}$
$\text{CH}_3\text{NH}_2$	-7,6	0,769	108
$(\text{CH}_3)_2\text{NH}$	7,0	0,680	92
$(\text{CH}_3)_3\text{N}$	3,5	0,671	41
$\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2$	16,6	0,706	102
$(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{NH}$	56	0,711	39
$\text{C}_3\text{H}_7\text{NH}_2$	49	0,714	82
$\text{C}_4\text{H}_9\text{NH}_2$	78	0,742	68
$\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$	85	1,027	3,6
$(\text{C}_6\text{H}_5)\text{NH}$	302	1,158	0,8

Приобретение опыта использования различных методов изучения веществ и химических реакций – другая важная характеристика формируемой

естественнонаучной грамотности. При обучении химии учащиеся знакомятся с таким методом познания, как моделирование. Данный метод в химии имеет приоритетное значение, поскольку непосредственное наблюдение внутренней структуры веществ ограничено.

Задания, направленные на проверку способности учащихся использовать этот метод познания, предполагают разнообразную по характеру познавательную деятельность. Её результатом становится построение модели химического процесса, в котором состав исходных и полученных веществ должен быть представлен в виде знаковых моделей – химических формул, а сам процесс – в виде химического уравнения. В практике обучения химии такие задания получили название «мысленного эксперимента». Они различаются по формату и уровню сложности и широко используются в рамках различных форм контроля и оценки знаний.

### **Задание 3 (базового уровня сложности)**

В пробирку с раствором газа X добавили раствор вещества Y. В результате реакции наблюдали образование 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 – перечень названий веществ, из числа которых нужно выбрать неизвестные вещества X и Y, и указание на признак протекающей реакции. 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 – преобразовать

текстовую информацию (названия веществ) в знаковые модели – формулы веществ и уравнения реакций.

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». Заключительным этапом деятельности учащихся при выполнении задания является установление соответствия между его условием и полученными данными о свойствах веществ.

**Задание 4 (высокого уровня сложности)** В раствор сульфата меди (II) поместили железную пластинку. По окончании реакции пластинку вынули, а к образовавшемуся зеленоватому раствору добавили по каплям раствор нитрата бария до прекращения выделения осадка. Осадок отфильтровали, раствор выпарили, оставшуюся сухую соль прокалили на воздухе. При этом образовалось твёрдое бурое вещество, которое обработали концентрированной йодо-водородной кислотой. Напишите уравнения четырёх описанных реакций. Данное задание условно можно назвать «мысленным» экспериментальным исследованием, целью которого является подтверждение генетической связи между неорганическими веществами разных классов.

Такого рода исследование требует комплексного применения знаний и умений, а его результат должен быть проиллюстрирован посредством уравнений четырёх химических реакций, внешние признаки, способы и условия проведения которых подробно описаны в тексте задания. Уравнения реакций 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 также для выполнения задания является представление развёрнутого ответа, содержащего запись уравнений четырёх реакций, подтверждающих весь ход мысленного эксперимента. Ещё одним важным

направлением формирования естественнонаучной грамотности учащихся является обучение проведению расчётов по химическим формулам и уравнениям химических реакций с использованием физических величин, характеризующих вещества с количественной стороны: массы, объёма, количества вещества. Значимость этого направления подтверждается ярко выраженной метапредметностью данного метода познания, что чрезвычайно важно для формируемой естественнонаучной грамотности школьника.

Так, 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, а также знание основных приёмов проведения расчётов, используемых в физике и математике. Успешность решения задач зависит от умения анализировать химическую составляющую условия задания, интерпретировать данные о физических свойствах веществ, использовать во взаимосвязи такие понятия, как «количество вещества», «моль», «молярная масса», «молярный объём», а также от умения выбирать наиболее рациональный способ решения, строить алгоритм действий, формулировать обоснованный ответ. Проиллюстрируем высказанные положения на примере конкретных заданий.

### **Задание 5 (высокого уровня сложности)**

Для получения нитробензола 50 мл бензола нагревали со смесью концентрированных азотной и серной кислот в трёхгорлой круглодонной колбе в течение часа (рис. 1а). Для отделения нитробензола от не вступившего в реакцию бензола реакционную смесь перелили из колбы в делительную воронку с водой. Жидкость в воронке разделилась на три слоя, причём нижний и верхний слои образованы органическими веществами, а средний слой – водой (рис. 1б). Найдите массовую долю выхода продукта реакции в процентах от теоретического, если

плотность бензола составляет 0,88 г/см<sup>3</sup>, плотность нитробензола – 1,20 г/см<sup>3</sup>, а объём нижнего органического слоя в делительной воронке составил 45 мл

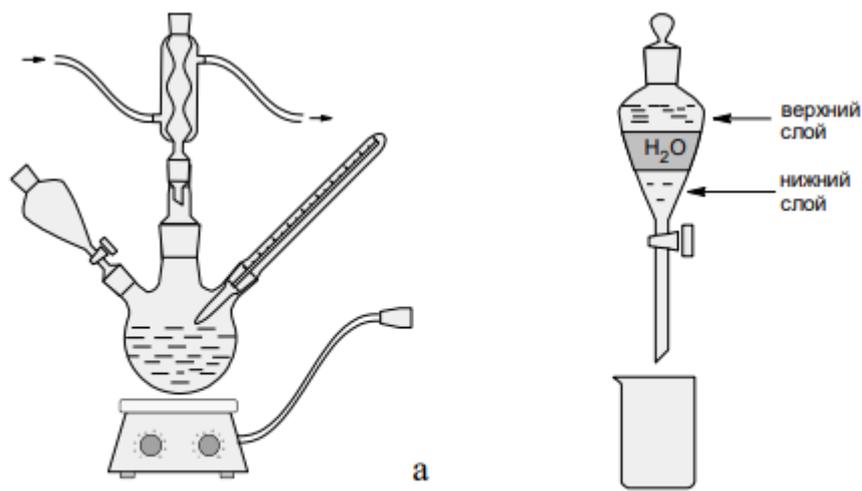


Рис. 1. Схема прибора для нитрования бензола

Данное задание многофункционально по числу познавательных действий, которые должен выполнить учащийся. Прежде всего, он должен обратиться к тщательному анализу информации о порядке проведения эксперимента и его результатах, представленной как в тексте, так и в графическом формате. Этим и обусловлена чрезвычайная важность данного действия с точки зрения формирования естественнонаучной грамотности. На основе результатов анализа учащийся переходит к составлению уравнения реакции и выстраиванию алгоритма действий, необходимых для проведения вычислений, успешность которых зависит от правильности интерпретации физических свойств бензола и нитробензола.

Особо следует остановиться на характеристике заданий, ориентированных на комплексную проверку ряда предметных и метапредметных результатов ООП по химии. Они представлены в различного рода проверочных и экзаменационных работах. Предпочтение среди них отдаётся контекстно-ориентированным заданиям, выполнение которых связано с анализом довольно обширной информации, содержащейся в едином тексте. Такие задания были апробированы в рамках Всероссийской проверочной работы 2017 г. по химии.

## Задание 6

Прочтите приведенный ниже текст и проанализируйте содержащиеся в нем данные. Литий — мягкий легкий металл серебристо-белого цвета. Среди щелочных металлов он наименее активен. Так, в отличие от остальных щелочных металлов при горении на воздухе литий образует оксид, а не пероксид. Реакция лития с водой протекает гораздо медленнее, чем для натрия или калия, обычно без взрыва и возгорания. Продуктом этой реакции является гидроксид лития. Гидроксид лития является сильным растворимым в воде основанием. Он проявляет свойства, характерные для щелочей: взаимодействует с кислотами и кислотными оксидами с образованием солей. Благодаря этому свойству гидроксид лития применяют как поглотитель углекислого газа в противогазах, подводных лодках и космических кораблях. С основаниями, основными оксидами и несолеобразующими оксидами гидроксид лития не взаимодействует. Примерно половина всего промышленно выпускаемого лития используется для изготовления литий-ионных аккумуляторов. Ячейка такого аккумулятора состоит из двух электродов, разделённых пористым материалом, пропитанным раствором электролита. Ячейку помещают в герметичный корпус, а электроды присоединяют к клеммам-токосъёмникам.

Один из электродов изготавливают из лития или графита, содержащего небольшое количество лития, а другой — обычно из соединений кобальта или железа. Для приготовления растворов электролитов используют соли лития и полярные органические растворители, например, некоторые простые и сложные эфиры. Литий-ионные аккумуляторы применяются как источники энергии в сотовых телефонах, планшетах и ноутбуках.

На основании анализа приведенного текста выполните следующие задания.

1. Напишите уравнение реакции лития с водой.
2. Объясните, почему в литий-ионных аккумуляторах нельзя использовать электролиты, содержащие воду.

3. Составьте уравнение реакции гидроксида лития с оксидом углерода (IV).
4. Объясните, почему гидроксид лития невозможно использовать для поглощения угарного газа из воздуха.

В заключение отметим, что наряду с рассмотренными подходами к разработке заданий по формированию естественнонаучной грамотности школьников в методике обучения химии накоплен определённый опыт построения таких заданий, которые не только ориентированы на оценку сформированности предметных знаний и умений, но и способствуют интеллектуальному развитию личности обучающихся – т.е. развитию их мышления, кругозора, интереса к естественнонаучным знаниям.

Особенно хотелось бы отметить в этом отношении актуальность разработки заданий, которые ставят своей целью формирование основ естественнонаучной грамотности у школьников гуманитарных классов, где химия изучается на базовом уровне. Нам представляется, что особенность этих заданий должна проявиться, прежде всего, в их основательной культурологической направленности. Кроме того, эти задания должны служить целям приобщения учащихся к самостоятельной работе с дополнительной информацией, представленной в различных источниках, в том числе в научно-популярной литературе. Примерами могут послужить задания, которые были разработаны для проведения заочного тура Московской предпрофессиональной олимпиады школьников 2017 года.

### **Задание 7**

Роль немецкого химика, лауреата Нобелевской премии Фрица Габера в истории науки и человечества считают неоднозначной. С одной стороны, его называют одним из отцов химического оружия: он лично контролировал первое



применение хлора во время битвы на Ипре в апреле 1915 года. С другой стороны, по современным оценкам, примерно половина населения Земли питается продуктами, выращенными с применением удобрений, полученных с помощью процесса, разработанного Габером. Про Габера говорили, что он задушил тысячи, но накормил миллионы. Синтез какого вещества, позволившего накормить человечество, разработал Габер? Приведите название этого вещества.

### **Задание 8**

В начале 2000-х годов европейские правозащитники регулярно проводили акции протеста под лозунгом «Нет крови на моем сотовом телефоне! Остановите войну в Конго!» Считается, что одной из причин Великой африканской войны – самого кровопролитного сражения со времен Второй мировой войны – является борьба за контроль над крупнейшими в мире запасами руд этого металла. Он применяется, прежде всего, в электронике, а именно при изготовлении высокоёмких конденсаторов для сотовых телефонов, планшетов, ноутбуков. При этом 80 % разведанных запасов руд этого металла приходится на Африку, причём большая часть из них располагается в Демократической Республике Конго. О каком металле идёт речь? Напишите его название.