

ОПЫТ ОРГАНИЗАЦИИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ТУРА ВСЕРОССИЙСКИХ ХИМИЧЕСКИХ ОЛИМПИАД

Апяри В.В., Архангельская О.В., Теренин В.И.

Химический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова

Изучение средствами химии любого явления в окружающем нас мире в равной степени требует теоретического осмысления и наличия экспериментального опыта. Химия – наука экспериментальная. Поэтому важную роль во Всероссийской олимпиаде школьников по химии играл и будет играть экспериментальный тур. Эксперимент, пожалуй, самый действенный путь для создания мотивации и заинтересованности школьника. А там, где есть интерес, появляется желание познавать.

В настоящей статье на примере опыта проведения Всероссийских олимпиад школьников по химии делается попытка охарактеризовать основные функции эксперимента в образовательном процессе, особенности составления олимпиадных задач, организации экспериментального тура и оценивания его результатов.

Обучающие функции эксперимента

В целом Всероссийская олимпиада школьников призвана выполнять три основные функции: воспитательную, познавательную и развивающую. Всеми этими функциями обладает и её экспериментальный тур.

Воспитательная функция эксперимента состоит в освоении школьником навыков работы в лаборатории, ведения лабораторного

журнала, в формировании аккуратности, точности и наблюдательности. Эта функция призвана воспитать хорошего будущего работника химической сферы.

Познавательная функция связана с накоплением обширного фактического материала о свойствах веществ, с осмыслением и систематизацией этого материала. Причём в случае химии, как ни в одной другой науке, это познание может реализовываться через целый спектр органов чувств – зрение, обоняние, осязание, что обуславливает прочное закрепление полученных знаний. Эта функция воспитывает грамотного специалиста.

Наконец *развивающая функция* эксперимента связана с формированием у школьника логических связей между наблюдаемыми явлениями и химической сутью происходящего. Способностью объяснить и предсказать химические явления. Применить полученные знания для создания новых знаний. Эта функция призвана воспитать ученого-химика.

Поэтому крайне желательно вводить эксперимент на самых ранних этапах обучения. И именно поэтому он является неотъемлемой частью регионального и заключительного этапов Всероссийской олимпиады школьников. Полнота проявления обучающих функций эксперимента во многом зависит от особенностей составления предлагаемой школьникам задачи. Грамотно составленная олимпиадная задача должна дать возможность реализоваться всем функциям эксперимента наиболее полно.

Особенности составления задач экспериментального тура

Экспериментальный тур Олимпиады подразумевает как знание теории, помогающее интерпретировать и прогнозировать результаты опытов, так и наличие определённых навыков работы в лаборатории. С учётом этого можно попытаться сформулировать определённые требования к задачам экспериментального тура:

1. Задания должны охватывать основные разделы курса химии соответствующего класса, базироваться на пройденном к моменту

проведения олимпиады материалы и освоенных навыках работы в лаборатории, включая факультативный курс.

2. Задания призваны дать возможность школьникам продемонстрировать ясность понимания основных законов химии, умение творчески применять их для решения задачи, сообразительность, правильные навыки экспериментальной работы.

3. Задания по возможности должны включать межпредметные связи. Это способствует пониманию роли и места химии в жизни и среди других наук: физики, биологии и т.д.

4. При составлении заданий необходимо представлять уровень сложности заданий следующего этапа олимпиады, чтобы получить оптимальный уровень трудности задания и учесть преемственность между разными уровнями Олимпиады.

5. Желательно, чтобы условия заданий, кроме требования быть интересными и поучительными, были связаны с реальными процессами в природе и технике, отражали связь химии с жизнью. Это способствует развитию активного интереса у учащихся к предмету.

При выборе тематики задач можно опираться на их классификацию по основным разделам и подразделам химии. Статистика показывает, что наиболее популярными всегда были (и остаются по сегодняшний день) задачи качественного и количественного химического анализа. Рассмотрим основные типы таких задач, включаемых в программу регионального и заключительного этапов Олимпиады.

Традиционно в перечень задач экспериментального тура включают пробирочный качественный анализ. Эти задачи могут подразумевать идентификацию нескольких неизвестных веществ из известного перечня. В этом случае в пронумерованных пробирках выдаются растворы веществ или непосредственно твердые вещества и требуется установить, в какой пробирке какое вещество находится. Это делается с помощью предлагаемых реактивов или, что более интересно, без использования каких-либо дополнительных реактивов, а путем осуществления реакций между неизвестными веществами в пробирках и анализа наблюдаемых эффектов. Последний случай наиболее интересен,

так как при прочих равных условиях требует более глубокого логического мышления и умения действовать в условиях ограниченности ресурсов. В целом этот тип далек от реальных задач аналитической химии, но зато позволяет учащимся максимально проявить творческое мышление и сообразительность.

В качестве примера, приведём задачу, представленную на региональном этапе 2012 года для 9 класса:

Вам выданы 7 пробирок, в которых находятся растворы индивидуальных веществ: HCl, NaOH, Pb(NO₃)₂, NH₄Cl, MgSO₄, ZnSO₄, BaCl₂.

Используя эти растворы и универсальную индикаторную бумагу, определите, в какой пробирке находится каждое из веществ. Решение представьте в виде таблицы. Напишите уравнения реакций, подтверждающие открытие веществ.

Методика решения этой задачи может быть ёмко представлена в виде таблицы с указанием аналитических эффектов, наблюдаемых при попарном взаимодействии указанных веществ:

| | HCl | NaOH | Pb(NO ₃) ₂ | NH ₄ Cl | MgSO ₄ | ZnSO ₄ | BaCl ₂ |
|-----------------------------------|----------------|-------------------|-----------------------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| HCl | - | - | ↓раств. при t° | - | - | - | - |
| NaOH | - | - | ↓раств. в изб. | NH ₃ ↑ | ↓ | ↓раств. в изб. | возм. помутн. |
| Pb(NO ₃) ₂ | ↓раств. при t° | ↓раств. в изб. | - | ↓раств. при t° | ↓ | ↓ | ↓раств. при t° |
| NH ₄ Cl | - | NH ₃ ↑ | ↓раств. при t° | - | - | - | - |
| MgSO ₄ | - | ↓ | ↓ | - | - | - | ↓ |
| ZnSO ₄ | - | ↓раств. в изб. | ↓ | - | - | - | ↓ |
| BaCl ₂ | - | возм. помутн. | ↓раств. при t° | - | ↓ | ↓ | - |
| Число случаев ↓ | 1 | 3 | 6 | 1 | 3 | 3 | 3 |
| Число случаев ↑ | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |

В двух нижних строчках таблицы указано число случаев выпадения осадка и выделения газа, что часто бывает полезным при иден-

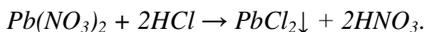
тификации вещества, добавляемого последовательно к растворам всех других веществ.

Один из возможных вариантов решения поставленной задачи состоит в следующем:

1. Используя универсальную индикаторную бумагу, обнаруживаем HCl и NaOH . Если в пробирке находится кислота, то универсальная индикаторная бумага, смоченная раствором из пробирки, окрасится в красный цвет, а если щёлочь – в синий.

HCl и NaOH – определены.

2. Перенесём по несколько капель всех растворов (кроме идентифицированных уже кислоты и щёлочи) в пять чистых пробирок и в каждую из них добавим HCl . В пробирке, где образовался осадок, находится $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$:

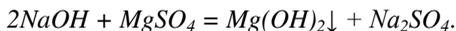


3. Несколько капель не идентифицированного раствора (NH_4Cl , MgSO_4 , ZnSO_4 , BaCl_2) переносим в чистую пробирку, добавляем в неё NaOH и накрываем предметным стеклом, к которому приклеена универсальная индикаторная бумажка, смоченная дистиллированной водой. Пробирку нагреваем на водяной бане. Если универсальная индикаторная бумажка окрасится в сине-зелёный цвет, то в пробирке находится NH_4Cl :

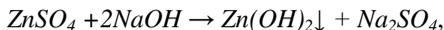


В пробирке, где не было реакции (не было видимых изменений), находится BaCl_2 .

Там, где выпал осадок, не растворяющийся в избытке щёлочи, находился MgSO_4 :



Там, где выпал осадок, растворяющийся в избытке щёлочи, находился ZnSO_4 :



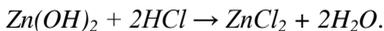
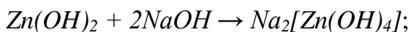
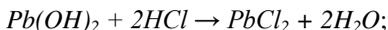
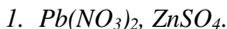
Экспериментальные задачи можно дополнять теоретическими вопросами по теме задачи для выяснения понимания участниками су-

ти происходящих явлений. Например, вышеприведённая задача сопровождалась следующими теоретическими вопросами:

1. Из предложенного набора солей выберите те соли, катионы которых обладают амфотерными свойствами.

2. Для гидроксидов этих металлов напишите уравнения реакций, подтверждающие их амфотерность.

Эти вопросы допускают лаконичные ответы, которые легко однозначно интерпретировать и оценить:

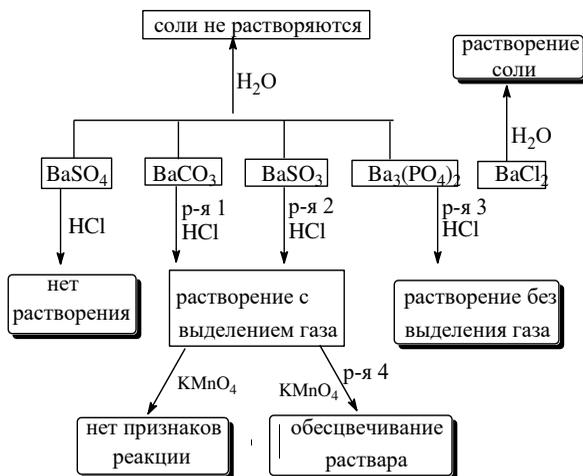


Другой тип задач качественного анализа – это задачи идентификации неизвестного вещества по характерным реакциям образующих его ионов или вещества как целого. Близкий к этому тип задач – идентификация компонентов смесей, например, обнаружение катионов или анионов в растворах смесей солей. Эти задачи, как правило, требуют меньшей степени умения мыслить логически, но, с другой стороны, большего знания фактического материала, имеют более выраженную практическую направленность и привязку к реальным химическим анализам.

Приведём пример простой задачи подобного типа:

В четырёх пронумерованных склянках находятся кристаллические соли бария: карбонат, сульфат, сульфит, и ортофосфат. Определите содержимое каждой из склянок, используя в качестве дополнительных реактивов воду и разбавленные растворы соляной кислоты и перманганата калия.

Как и в предыдущем примере, при решении данной задачи можно составить таблицу взаимодействия идентифицируемых веществ с реактивами. Но, возможно, более наглядным будет составление схемы идентификации:



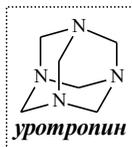
Более простым вариантом задач данного типа можно считать задачи доказательства природы анализируемого вещества/смеси, когда само вещество или состав смеси известен, но требуется доказать это химически. Такие упрощённые задачи целесообразно давать в младших классах.

Ещё один тип задач, которые можно использовать – это задачи синтеза или приготовления растворов с заданными свойствами. В отличие от предыдущих типов, эти задачи требуют не интерпретации наблюдаемых эффектов и получения информации о системе, а, напротив, умения добиться того или иного эффекта/результата в максимальной степени, достичь конкретной цели, пользуясь приведённой в условии информацией. Например, синтезировать то или иное вещество, имея известные реактивы. Задачи этого типа учат анализировать свои возможности для достижения конкретной цели.

Примером задачи синтеза может служить следующая задача, представленная на региональном этапе Олимпиады в 2011 году для 11 класса:

Гексаметилентетрамин (уротропин) – белые кристаллы сладкого вкуса, одно из очень немногих синтетических лекарственных

средств, используемых в настоящее время, с более чем 100-летней историей: его начали применять ещё в 1884 году, и сейчас это вещество можно приобрести в любой аптеке (например, в смеси с хлоридом кальция под названием «кальцекс»).



Другое замечательное свойство уротропина – способность сгорать без образования золы. Таблетки или брикеты «сухого горючего» состоят именно из уротропина с небольшой добавкой парафина. Хотя сухое горючее почти всегда можно купить в хозяйственном магазине или там, где торгуют туристическим снаряжением, в небольшом количестве можно изготовить его и в лаборатории. Первые синтез уротропина осуществил 150 лет назад (1860 г.) Александр Михайлович Бутлеров.

Сегодня Вам предлагается получить уротропин из предложенных реактивов и проделать некоторые характерные для этого вещества реакции.

Интересно, что помимо методики получения уротропина и теоретических вопросов, эта задачка сопровождалась серией указаний по изучению свойств полученного вещества:

а) С помощью шпателя отберите немного (около $\frac{1}{3}$ полученного Вами вещества) уротропина, поместите его на несгораемую подложку и подожгите.

Напишите уравнение реакции горения уротропина.

б) Небольшое количество уротропина с помощью шпателя поместите в пробирку, добавьте ~1 мл раствора серной кислоты и слегка подогрейте на водяной бане. Понюхайте (осторожно!) выделяющиеся пары.

Приведите уравнение реакции гидролиза уротропина в кислой среде. Предложите реактивы, с помощью которых можно было бы идентифицировать образовавшиеся продукты гидролиза. Напишите уравнения соответствующих реакций идентификации и укажите наблюдаемые при этом эффекты.

в) Поместите в пробирку немного (3–4 кристаллика) твёрдого гексагидрата хлорида кобальта ($\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) и примерно столько же твёрдого уротропина. Тщательно перетрите содержимое пробирки с помощью сухой стеклянной палочки (следите за тем, чтобы палочка не разбила пробирку). Что наблюдаете?

Объясните появление голубой окраски твёрдой смеси в пробирке. Напишите уравнение реакции, поясняющее Ваш ответ.

Среди задач количественного химического анализа, традиционными являются задачи на титрование. Их большим преимуществом по сравнению с другими методами количественного химического анализа является хорошее понимание школьниками происходящих в ходе эксперимента процессов и используемых расчётных формул, основанных на простых стехиометрических соотношениях реагирующих веществ. Кроме того, здесь необходимо упомянуть ещё один фактор, который приходится учитывать в современных реалиях, – к сожалению, из-за недостаточного финансирования организаторов Олимпиады на местах в последнее время программа экспериментального тура всё реже включает в себя задачи по синтезу и задачи, выполняемые с привлечением инструментальных методов анализа. С учётом этого фактора, преимуществом титрования является отсутствие необходимости использования сложного аналитического оборудования – для выполнения титрования достаточно наличия бюретки, пипетки и одного-двух широко распространенных индикаторов. При этом в основу задачи могут быть положены совершенно разные методы (и способы) титрования – кислотно-основное, комплексометрическое, окислительно-восстановительное, осадительное. Эта особенность обеспечивает гибкость формулирования условий задачи и возможность её привязки к различным используемым в промышленности, медицине, науке и других сферах жизни ситуациям.

Всё обсужденное выше на примере регионального и заключительного этапов Всероссийской олимпиады школьников по химии в значительной мере применимо и к другим её этапам, равно как и к другим химическим олимпиадам. Так, если говорить о муниципаль-

ном и школьном этапах Олимпиады, то, на наш взгляд, целесообразно формировать программы их экспериментального тура как подготовку к этапу региональному и заключительному. Поэтому при составлении задач можно руководствоваться идеями задач, разработанных для регионального и заключительного этапов. При этом, естественно, их нужно упрощать и адаптировать для этапа муниципального и школьного. Важным методическим аспектом такого подхода является обеспечение преемственности разных уровней Олимпиады и освоения школьниками важных с практической точки зрения аспектов экспериментальной работы химика. Примеры задач регионального и заключительного этапов прошлых лет можно найти в печатных сборниках или в интернете [1–4].

Особенности организации экспериментального тура и оценивания задач

Грамотно составленные задачи являются важным залогом успешного проведения Олимпиады. Но не менее важными факторами, влияющими на удовлетворенность школьников её итогами (именно это, а даже не соревновательный аспект, является, по нашему мнению, главным), следует считать то, как экспериментальный тур организован и насколько корректно задачи оценены жюри.

Экспериментальный тур необходимо проводить в специально оборудованных химических практикумах, где каждому школьнику предоставляется достаточно просторное, хорошо освещённое, одинаково оборудованное и укомплектованное рабочее место. Для выполнения экспериментального тура участники получают необходимые реактивы, оборудование и тетради (лабораторные журналы) для оформления работы, справочную информацию (таблица Д.И. Менделеева, таблица растворимости и т. п.). Большое внимание при планировании практикума следует уделить технике безопасности и удобству работы. В практикуме участники должны быть в халатах.

Перед началом экспериментального тура необходимо кратко проинструктировать участников о правилах техники безопасности и дать рекомендации по выполнению технически сложных процедур, с

которыми они столкнутся при выполнении задания. Во время проведения экспериментального тура членам жюри и преподавателям, находящимся в лаборатории, необходимо наблюдать за ходом выполнения учащимися предложенной работы. Также желательно контролировать правильность осуществления тех или иных лабораторных операций, грамотность и аккуратность оформления лабораторного журнала, чистоту рабочего места и вовремя делать школьнику замечания. Всё это способствует правильному закреплению навыков экспериментальной работы.

Другой важный аспект, который необходимо обсудить, – это оценивание олимпиадных задач.

Экспериментальный тур оценивается числом баллов, примерно составляющим 40 % от суммарного числа баллов за теоретические туры. Это объясняется тем, что оценка формируется исходя из результата личной беседы участника с членами жюри. Такой формат оценивания всегда более субъективен, чем проверка зашифрованной работы, и поэтому его следует оценивать ниже. После итоговой беседы по результатам выполнения экспериментального тура рабочая группа из 2–3 членов жюри выставляет оценку каждому участнику. Оценка сообщается участнику, члены жюри обосновывают выставленную оценку, а участник ставит свою подпись о согласии с оценкой на обложке тетради. Такой подход в большинстве случаев исключает возможные сомнения школьника в правильности оценивания его работы, дает возможность критически переосмыслить результаты своего эксперимента и осознать сделанные ошибки.

Система оценивания экспериментальных задач нередко подразумевает ответы на теоретические вопросы и расчёты, непосредственно связанные с выполняемой практической частью. В таком случае нужно помнить, что, во-первых, вклад в оценку собственно экспериментальной работы должен быть гораздо больше вклада части теоретической, а во-вторых, теоретические вопросы/расчёты и экспериментальная работа оцениваются отдельно. Следует, например, по возможности исключить ситуацию, когда неправильно выполненный

эксперимент приводит к ошибочному ответу на теоретический вопрос или когда ошибки в расчётах (например, при установлении концентрации методом титрования) приводят к заниженной оценке за выполнение практической части. Правильный результат оценивается при любом разумном пути к ответу.

Следует также добавить, что, если это предусмотрено системой оценивания или методическими рекомендациями к выполнению задачи, участники могут получить штрафные баллы за технику эксперимента (при нарушении техники безопасности, неправильном выполнении отдельных лабораторных операций и т.п.). Вместе с тем нужно подчеркнуть, что даже замечания следует делать крайне дружелюбно и деликатно, оставаясь на стороне школьника, так, чтобы не отбить у него интерес к химии и химическому эксперименту.

Необходимо помнить, что Всероссийская олимпиада школьников по химии – это поле, на котором возвращается интеллектуальное будущее нашего общества, и каждый из нас ответственен за приносимые плоды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Теренин В.И., Саморукова О.Л., Архангельская О.В., Аляри В.В., Ильин М.А. (под ред. Лунина В.В.) Задачи экспериментального тура Всероссийской олимпиады школьников по химии. — М.; Екатеринбург: ООО Универсальная Типография «Альфа Принт», 2019.
2. Лунин В.В., Тюльков И.А., Архангельская О.В. (под ред. Лунина В.В.) Химия. Всероссийские олимпиады. Выпуск 2. (Пять колец). — М: Просвещение, 2012.
3. <http://www.chem.msu.ru/rus/olimp/> Доступ на 25.11.2019 г.
4. <http://vserosolymp.rudn.ru/mm/mpp/him.php> Доступ на 25.11.2019 г.