

## ОСОБЕННОСТИ ХИМИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА В ПРОФИЛЬНЫХ КЛАССАХ

**Морозова Н.И.**

*Специализированный учебно-научный центр (факультет) —  
школа-интернат имени А.Н. Колмогорова  
МГУ имени М.В. Ломоносова*

В педагогической литературе много материалов посвящено мотивации слабых учеников, совершенствованию форм работы с ними. Но сильные ученики нуждаются не в меньшем, а даже большем внимании. К сожалению, в обычном классе такие ученики могут выпасть из образовательного процесса, так как им легко или неинтересно учиться, они не получают потенциала для развития. Поэтому собиранье сильных учащихся в профильные классы – отнюдь не мода, а необходимость.

В СУНЦ МГУ все классы профильные. Но часть из них с химическим профилем, а часть – физико-математический поток – изучает химию как непрофильный предмет. Программы по химии для этих классов принципиально различаются своими целями, наполнением и временем, выделяемым на их изучение. Цели, декларируемые для учащихся физико-математического потока, в основном вспомогательные. Формированием научного мировоззрения и понимания структуры науки занимаются на профильных дисциплинах. Эти дети не будут сдавать экзамен по химии и продолжать её изучение в вузе. Они должны составить некое минимальное представление о химических веществах и процессах и их роли в мире, в котором они живут. Напротив, для детей, обучающихся в химических и биологических классах, химия – один из главных предметов, изучаемый достаточно глубоко и системно.

Следует отметить, что изучение химии без химического эксперимента вообще невозможно представить. Поэтому любой курс химии, так или иначе, имеет экспериментальную часть. Это могут быть лабораторные работы, описание которых присутствует в любом из школьных учебников, или демонстрационный эксперимент, или даже так называемый виртуальный практикум (востребованный, в частности в дистанционном обучении [1]). Базовые лабораторные работы являются хорошим подспорьем для мотивации и разнообразия деятельности в непрофильных классах, но продвинутым учащимся необходим серьёзный практикум.

В профильном обучении химии в программу вводится комплекс систематических практикумов, объёмных как по времени, так и по содержанию. Так, в СУНЦ МГУ для химического класса предусмотрено три практикума, каждый из которых проводится раз в неделю (продолжительность занятия 4 академических часа) в течение одного семестра: по аналитической [2], органической [3] и неорганической [4] химии. Их основные цели: практическое изучение методов анализа и разделения ионов и поддержка курсов органической и неорганической химии для более эффективного их усвоения; овладение экспериментальными навыками, необходимыми для дальнейшей работы в лаборатории, освоение правил техники безопасности при работе с химическими веществами и лабораторным оборудованием, а также приобретение навыков грамотного планирования эксперимента, адекватного наблюдения, анализа полученных результатов, корректировки методик на их основании и т.д.

### **Методические особенности эксперимента в профильных классах**

Полноценное усвоение знаний невозможно без их осмысления. Однако до сих пор распространён подход к лабораторной работе как к выполнению определённых операций по прописи. Практическое руководство при этом выступает «кулинарной книгой»: «Сделай, как написано, и будет вкусно». Деятельность мозга здесь затрагивается только как координация движений рук и глаз. Какие бы сложные и

красивые эксперименты ни ставились в таком режиме, сам подход не отвечает заявленным выше целям.

Как сделать практикум действительно полезным для усвоения курса в частности и развития мышления в целом? Мы видим три основных «компонента успеха».

1) **Как** поставить эксперимент, чтобы он адекватно отвечал заданной цели?

Химические эксперименты всегда ставятся с какой-то конкретной целью (здесь мы не имеем в виду глобальную образовательную цель всего практикума). Либо необходимо изучить на опыте какие-то свойства каких-то веществ (исследование), либо получить какое-то вещество, раствор, композит и т.п. (синтез), либо что-то доказать (проверка гипотезы). Задача практикума не только в том, чтобы ученик проделал указанные в руководстве опыты, уяснил наблюдения и сделал выводы, но ещё и в том, чтобы научить его самостоятельно ставить эксперименты соответственно своим целям. Задания могут предполагать как постановку мысленного эксперимента, так и реального.

Пример мысленного эксперимента: «Как экспериментально доказать, что кремниевая кислота слабее угольной?» Почти сразу кто-нибудь отвечает: «Если пропустить  $\text{CO}_2$  через раствор силиката натрия, выпадет осадок кремниевой кислоты, так как угольная вытеснит кремниевую как более слабую». Увы, данная реакция идёт не поэтому, а просто потому, что кремниевая кислота нерастворима (вспоминаем ионный обмен: выпадает осадок, и именно это является движущей силой реакции). Ещё версия: «Померить их pH». Но как померить pH нерастворимого вещества (кремниевой кислоты)? Ведь эта величина определена для водного раствора. Последняя надежда: «Но раз она нерастворима, значит, она слабее». Вспоминаем, что растворимость веществ и сила электролитов – вообще говоря, не связанные между собой понятия. Вещество может быть отлично растворимо и при этом не быть электролитом вообще (сахар), и наоборот, быть практически нерастворимо и при этом являться сильным электролит (сульфат ба-

рия). Неприятие ситуации: «А зачем вообще что-то доказывать? И так ясно, что она слабее, потому что кремний менее электроотрицателен». Но об этом говорит теория, а критерием её правильности является практика. Что делать? Медленно и мучительно доходим до того, что можно взять соли этих кислот и сравнить рН их растворов: более слабая кислота – та, чьи соли сильнее подвергаются гидролизу и, следовательно, имеют более высокое значение рН.

Закончено ли на этом обсуждение? Нет. Остается множество нюансов эксперимента. Как будем готовить растворы? На глаз? Но если мы возьмем разные концентрации, то влияние концентрации на степень гидролиза может оказаться сильнее, чем влияние силы кислоты. Значит, концентрации должны быть одинаковы. Какие концентрации? Массовые доли? Но при одинаковой массовой доле карбоната натрия и силиката натрия количество силикат-ионов в растворе будет меньше! Значит, нужны одинаковые молярные концентрации. Как будем определять рН? Индикаторной бумагой? Но погрешность универсальных индикаторов в лучшем случае  $\pm 1$  единица рН, а в щелочной среде ещё больше. То есть следует использовать рН-метр... Весь эксперимент должен быть продуман до тонкостей (и, в идеале, проведен).

С этой же целью – добиться самостоятельной разработки или по меньшей мере доработки эксперимента – мы стараемся в нашем практическом руководстве [4] отходить от подробного описания опытов и особенно от картинок с готовыми схемами приборов в пользу их продумывания самими учениками. После знакомства с основными принципами сборки приборов, способами нагревания и охлаждения узлов прибора, методами очистки газов в лаборатории учащийся сам должен решить, какая посуда и оборудование ему понадобятся, какие осушители и в каком узле использовать, как нагревать (или охлаждать). Так, методика синтеза нитрозилпиросульфата занимает всего одну строчку: «Пропустить ток сухого  $\text{SO}_2$  в разборную ловушку с жидким  $\text{N}_2\text{O}_4$ ». А далее идут задания для учащегося:

1. Нарисуйте узел для получения сухого  $\text{SO}_2$ .
2. Напишите не менее двух уравнений реакций получения  $\text{SO}_2$ .

3. Что будет использоваться в качестве охлаждающей смеси для сжижения оксида азота (IV)?

4. Нарисуйте узел для получения сухого оксида азота (IV).

5. Напишите уравнение реакции получения оксида азота (IV).

К синтетическому эксперименту ученик должен представить помимо уравнений реакций рисунки предполагаемых приборов, включая все узлы, места прикрепления штативных лапок, положение колец, нагревательных элементов, насосов, направление тока воды в холодильнике или поддува воздуха. Разумеется, преподаватель может рекомендовать изменить что-то в конструкции (рис. 1) – не только из-за ошибки ученика, но и из-за технических возможностей: скажем, ученик хочет использовать разборную ловушку, а её нет, зато есть U-образные трубки; или же пробирка Вюрца мала для используемых количеств веществ и заменяется колбой Вюрца.

Следует учить также согласовывать эксперимент с соседями: неразумно располагать рядом горелку для одного синтеза и баню со льдом для соседнего (эту ситуацию провоцируют готовые рисунки, где узлы прибора расположены последовательно, слева направо). Если для трёх синтезов нужен хлор, логично не строить три прибора в ряд, а получать газ в одном узле, очищать, а затем делать разводку на три реакционных узла.

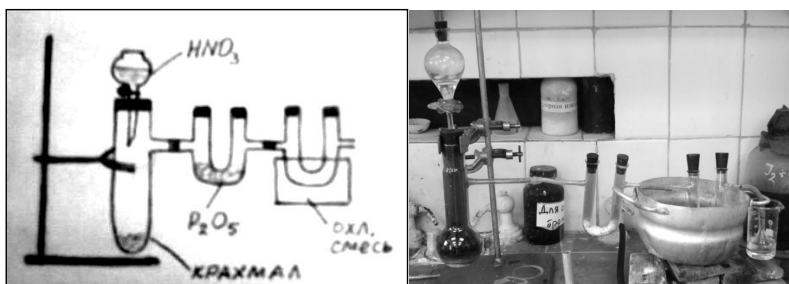


Рис. 1. Прибор в предварительном представлении учащегося (слева) и в реальности (справа). Видны незначительные отличия: ученик нарисовал пробирку Вюрца, а используется колба Вюрца; в реальном приборе газ поглощается на выходе

## 2) Почему так происходит и что из этого следует?

То, что продельвается и наблюдается, должно стать не самоцелью, а материалом для обсуждения. Это не наше уникальное мнение. Во многих практических руководствах предусмотрено, что после выполнения опыта ученик отвечает на вопросы и делает выводы. С нашей точки зрения важно, каковы эти вопросы и выводы.

Довольно часто вывод путают с умозаключением. Так, в теме «Химические свойства кислорода» одни из множества возможных опытов – сжигание магния и фосфора. Что будет выводом? Дети пишут: «Магний вспыхнул и сгорел белым пламенем, значит, кислород прореагировал с магнием». Вывод ли это? Нет. Это умозаключение. На основании вспышки и изменения цвета мы заключаем, что прошла реакция. Полезная мыслительная операция, но ещё не вывод.

Другие в качестве обобщающего вывода к эксперименту пишут: «Кислород реагирует с магнием и фосфором». Вывод ли это? Нет. Это констатация узнанных из опыта фактов. Но эксперимент называется «Химические свойства кислорода», следовательно, вывод должен обобщать химические свойства кислорода, давать им краткую характеристику. Какие свойства проявляет кислород в проведенных реакциях? Окислительные. Почему мы не проводили реакции, где кислород проявляет восстановительные свойства? А их нет (во всяком случае, исходя из знаний школьников). Вот каким должен быть вывод: «Для кислорода характерны окислительные свойства». А конкретные опыты могли бы быть и другими: сжигание серы, угля, окисление меди при нагревании на воздухе и т.п.

Собственно, вывод отвечает на вопрос «О чем свидетельствуют проведенные эксперименты?», а умозаключение – на вопрос «О чем свидетельствует данное конкретное наблюдение?»

Теперь надо связать практические свидетельства с теорией, иначе практика останется в сознании отдельно от теории и не будет её поддерживать. Пришло время для вопроса «Почему?» Почему для кислорода характерны окислительные свойства? И тут учащиеся порой демонстрируют нарушение причинно-следственных связей: «Потому

что кислород реагирует с магнием и фосфором». Они ведь убедились в окислительных свойствах кислорода именно на этом примере. Но это не значит, что окислительные свойства этим обусловлены. **Наоборот**, магний и фосфор горят в кислороде потому, что для него характерны окислительные свойства. А в чем же причина окислительных свойств кислорода? Другой ответ: «В том, что кислород хороший окислитель». Это ещё одна типичная ошибка: подмена объяснения какого-то факта переформулированием этого факта другими словами. Объяснение должно содержать истинную причину. Для  $O_2$  характерны окислительные свойства потому, что элемент кислород – типичный неметалл, второй по электроотрицательности.

Можно продолжить цепочку вопросов «почему?». А почему кислород типичный неметалл? Потому что атом кислорода хорошо удерживает свои и притягивает чужие электроны (продвинутые ребята могут оперировать и количественными данными: потому что у него высокий потенциал ионизации и высокое сродство к электрону). А почему он хорошо удерживает электроны? Потому что у атома маленький радиус, и расстояние между ядром и внешними электронами мало (вспоминаем закон Кулона). А почему у него маленький радиус? Потому что, во-первых, у атома кислорода всего два электронных слоя (элемент 2-го периода), а во-вторых, данный элемент находится в конце периода, заряд ядра существенно выше, чем у элементов начала периода, и потому 2-й электронный слой притягивается к ядру сильнее (опять закон Кулона).

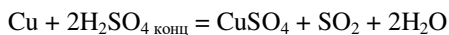
К сожалению, старшеклассники ненавидят вопрос «Почему?». Проблема в том, что младшая школа, которая должна закладывать основы логического мышления, в реальности не учит отвечать на вопрос «Почему?». Детей учат решать тесты, выбирать нужное число верных ответов из имеющихся. Задания, требующие рассуждения и обоснования, выброшены из экзаменов, а раз так, они естественным образом вымываются из процесса обучения. Поэтому вопрос «Почему?» оказывается труден. Но в конце двухлетнего обучения в СУНЦ ребята приучаются сами искать на него ответ.

### 3) **Что** реально наблюдалось в эксперименте?

Фокусировка на выводах и ответах на вопросы, с одной стороны, заставляет относиться к результатам экспериментов вдумчиво, но, с другой стороны, это смещает внимание учащихся от самих наблюдений свойств веществ и ключевых моментов эксперимента. Это приводит к казусам: уяснив, что магний реагирует с кислородом, сделав вывод, что из этого следует и почему так получается, ученик забывает, что оксид магния белый. Конечно, он видел это во время опыта, но не обратил внимания, счел несущественным.

Попытки школьников описать свои действия и наблюдения зачастую показывают инерцию мышления, находящегося «в плену» формул и уравнений. Регулярно приходится читать в лабораторном журнале в графе «наблюдения» фразы типа: «H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> реагирует с Cu». Но эта фраза не содержит ни одного наблюдения! Она является просто описанием левой половины схемы химической реакции.

Что мы наблюдаем в действительности? Красная полоска металла (меди) погружается в пробирку с тяжелой неокрашенной жидкостью (концентрированной серной кислотой), и... **ничего не происходит**. Заметим, что уравнение реакции в принципе не может этого отразить. Только после длительного нагревания полоска металла чернеет, затем образуется взвесь мелкого чёрного порошка. Классическое уравнение реакции



не отражает и этого, однако образование чёрного Cu<sub>2</sub>S – необходимая промежуточная стадия процесса, свидетельство сложного механизма реакции. Конечно же, это наблюдение следует упомянуть. Параллельно становятся видны пузырьки газа, издающего резкий запах (это сернистый газ).

А где же сульфат меди? Школьники привыкли к тому, что раствор сульфата меди голубого цвета, но образующийся раствор не имеет цвета. Надо вспомнить, что голубую окраску имеет аквакомплекс меди (II), т. е. Cu<sup>2+</sup> в **водном растворе**, в концентрированной же серной кислоте практически нет молекул воды, и ион меди не гидратируется.



ван. Если (аккуратно!) вылить содержимое пробирки в стаканчик с водой, то раствор в стаканчике становится голубым. Вроде простая реакция, а так много нюансов!

Одна из задач преподавателя, принимающего задания практика – объяснить учащемуся разницу между формулой и веществом, схемой реакции и наблюдением взаимодействия веществ; добиться того, чтобы в следующий раз учащийся адекватно описывал и интерпретировал наблюдения, не подменяя одно другим, подмечал особенности взаимодействия, не всегда укладываемые в уравнения, записанные на бумаге. Как же стимулировать школьника к внимательному и эффективному наблюдению?

С 2013 года мы ввели новую форму контроля в практикуме по неорганической химии с условным названием «опознание». Классу предъявляется презентация, на каждом слайде которой изображены фотографии веществ и процессов, с которыми учащиеся знакомились на предыдущем занятии практикума, либо видеоролики. Фотография показывается одну минуту (если на слайде несколько фотографий, время может быть увеличено), видеоролик – соответственно его длительности. Ученики должны написать в ответе названия и формулы веществ либо уравнение реакции или название процесса. За правильные ответы они получают баллы, что, конечно, стимулирует обращать внимание на детали эксперимента.

Кроме того, многие ребята, увлекшись, начинают сами фотографировать разные стадии своих экспериментов, сравнивать их между собой и обсуждать, что помимо эстетического удовольствия и соревновательного элемента положительно сказывается на широте и глубине их знакомства с химией. В результате учащиеся получают более прочные знания, лучше ориентируются в проведенной работе, её сдача проходит успешно.

Результаты ответов учащихся ежегодно анализируются. На опыты с веществами и реакциями, которые плохо воспринимаются школьниками, на практикумах в последующие годы обращается осо-

бое внимание, происходит их предварительное обсуждение прямо во время проведения эксперимента.

### **Организационные особенности эксперимента в профильных классах**

Практикум по химии требует существенных материальных затрат. В биологии распространены экспериментальные задачи, где единожды приготовленный препарат учащиеся могут рассматривать в микроскоп и описывать многие годы; в физике также большинство экспериментов заканчивается складыванием использованных материалов в коробку для следующих классов. В химии ни один опыт не обходится без расходования реактивов. Стеклянную посуду также можно смело отнести к расходным материалам, поскольку она часто бьется в неопытных руках или необратимо загрязняется (так, каждый опыт по плавлению серы – это с гарантией минус одна пробирка).

Каким образом найти средства на оборудование практикума и как восполнять утраченное – вопрос отдельный. Но, как бы он ни решался, необходимо соблюсти разумный баланс между стремлением к экономии и главными обучающими целями практикума. Эти два фактора порой вступают в противоречие. Использовать только самые дешевые реактивы – вариант разве что для кружка младших школьников; ученику профильного класса явно недостаточно соли, соды и уксуса, чтобы полноценно изучить свойства электролитов. Ограничиться пробирками и стаканами и не собирать приборы – тоже плохой выход, ведь школьник должен научиться и перегонке, и получению газов, и пропусканию их в раствор и т.д. Однако тридцать детей, одновременно работающих с приборами для восстановления оксида металла водородом – это стихийное бедствие со всех точек зрения: и безопасности, и материальных затрат, и размещения. И реальная польза от этого невелика – стоять за плечом у каждого преподаватель физически не в состоянии, а школьник в данном эксперименте легко пропустит важные наблюдения, как то: изменение звука при проверке водорода на чистоту, увеличение скорости реакции и появление красных хлопьев при добавлении раствора сульфата меди к цинку с кисло-

той, образование капелек воды в реакционной трубке с нагреваемым оксидом, уменьшение пламени на выходе из прибора из-за поглощения водорода оксидом и т.п. Тридцать детей, одновременно сливающих в пробирках растворы иодида калия и нитрата серебра – тоже довольно грустная картина. Чтобы посмотреть на результат, достаточно провести один опыт, а не тридцать.

Чтобы соблюсти баланс – заботясь о том, чтобы каждый учащийся получил необходимый опыт и приобрел требуемые навыки и умения, но не допуская бессмысленных затрат, – мы разделяем все занятия практикума по неорганической химии на два типа: демонстрационный эксперимент и индивидуальные работы [4]. Как правило, они чередуются: в одну неделю проходит занятие первого типа, в следующую – второго типа.

Демонстрационный эксперимент в практикуме осуществляется силами учащихся. Два или три школьника – демонстраторы – показывают опыты группе из 10–12 товарищей. Демонстраторы назначаются преподавателем. Получив у преподавателя допуск к работе, они берут у лаборанта необходимое оборудование и реактивы, собирают приборы (если нужно), просматривают, всё ли необходимое находится под рукой, консультируясь по мере надобности с преподавателем. Остальные учащиеся в это время могут сдавать прошлые работы или готовить лабораторные журналы для записи наблюдений.

Какие опыты выносятся на демонстрационный эксперимент? Во-первых, это так называемые «пробирочные» опыты, весь смысл которых заключается в наблюдениях, а не в отработке техники эксперимента. Выполняя один опыт на группу, мы экономим реактивы. Во-вторых, это опыты с небезопасными реактивами, такими как бром или фосфор (если преподаватель понимает, что по какой-либо причине не может доверить демонстраторам показать данный опыт, то проводит его сам). И, в-третьих, это сложные опыты, требующие не только грамотной сборки прибора, но и выполнения определённой последовательности действий, и очень внимательного наблюдения. С выполне-

нием таких опытов редкий учащийся справится самостоятельно, для этого необходимо непосредственное руководство преподавателя.

Демонстраторы показывают опыты так, чтобы всей группе наблюдателей было видно, и громко комментируют свои действия. Это, кстати отдельный навык, который надо специально формировать: многие вначале поворачиваются к «тяге», а не к группе, закрывая происходящее спиной, и невнятно бубнят под нос. Остальные учащиеся сразу записывают наблюдения и умозаключения, по необходимости делают рисунки. Преподаватель контролирует процесс, задает вопросы, обращает внимание на важные моменты проводимых опытов, особенности конструкции приборов, нюансы наблюдений. Если преподаватель считает нужным, он может отменить какой-либо опыт (чаще всего при недостатке времени отменяются опыты, доказывающие, что какая-то реакция **не** идёт) или провести дополнительный опыт (разъясняющий какой-либо неочевидный момент). В конце занятия демонстраторы убирают рабочее место, а остальные могут снова побеседовать с преподавателем или подготовить лабораторный журнал к сдаче.

Индивидуальная работа может представлять собой синтез, очистку веществ или маленькое исследование. Каждый ученик за неделю до занятия получает собственную тему индивидуальной работы и должен тщательно подготовиться. В результате подготовки в лабораторном журнале должны быть приведены уравнения всех предполагаемых реакций, необходимые расчёты, список требуемой посуды и реактивов, рисунки планируемых приборов. Также нужно подумать над другими вопросами, приводимыми в руководстве. Так, к синтезу аморфного сульфида сурьмы задаются следующие вопросы:

1. Нарисуйте узел для получения сероводорода.
2. Приведите реакцию получения сероводорода в этом узле.
3. Нарисуйте узел для насыщения раствора сероводородом.
4. Почему реакция получения сульфида сурьмы идёт, хотя соляная кислота сильнее сероводородной?

5. Почему трихлорид сурьмы растворяют не в воде, а в соляной кислоте?

6. Чем должны различаться условия получения кристаллического и аморфного сульфида сурьмы (Ш)?

Достаточно серьёзная подготовка требуется к индивидуальной работе по очистке соли (кристаллогидрата) перекристаллизацией:

1. В чем заключается сущность перекристаллизации?

2. Перечислите способы перекристаллизации. От чего зависит выбор способа?

3. Перечислите пути загрязнения осадка.

4. Получите у преподавателя индивидуальное задание и рассчитайте, сколько технической соли надо взять для приготовления исходного раствора и сколько очищенной соли должно выделиться после перекристаллизации, а также выполните другие требуемые расчёты. (Даны содержание безводной соли в кристаллогидрате, растворимость при различных температурах, объём воды, добавляемый для растворения).

5. Составьте и проанализируйте графики температурной зависимости растворимости солей по данным, приведенным в конце пособия. Ответьте на вопросы:

– оптимально ли выбрана температура растворения вашей соли?

– достаточна ли разница в растворимости вашей соли при высоких и низких температурах для того, чтобы из раствора выделилось значительное количество соли?

– при каких температурах следует вести растворение и кристаллизацию соли, чтобы выход перекристаллизации был оптимален?

– есть ли возможность повысить выход перекристаллизации вашей соли за счёт образования менее растворимых форм – квасцов или шенитов? Если да, то рассчитайте массу сульфата калия или аммония, которую нужно добавить к вашему раствору для образования квасцов или шенита. Рассчитайте объём воды, необходимый для растворения сульфата калия или аммония в горячей воде.

– как объяснить немонотонность температурной зависимости растворимости (если таковая наблюдается для вашей соли)?

Темы индивидуальных работ подбираются преподавателем из нескольких соображений. Во-первых, каждый учащийся, чтобы приобрести необходимые навыки, должен усвоить приёмы охлаждения и нагревания, отработать определённые операции с веществами: фильтрование, упаривание, получение и осушка газа, насыщение раствора газом, сжижение газа или конденсация летучих веществ, проведение перекристаллизации и перегонки. Нужно также сформировать умение грамотно собирать прибор, соединять узлы, закреплять его на штативах, проверять на герметичность и т.п. То есть каждому должно достаться как минимум по одной индивидуальной работе с этими операциями. Если же учащийся плохо справился с перечисленными приёмами, он может получить ещё одно задание для их отработки. Конструкция приборов и использование их основных узлов предварительно показывается и обсуждается во время демонстрационного эксперимента, что облегчает индивидуальную задачу учащегося.

Во-вторых, как в связи с ограниченным количеством оборудования, так и с необходимостью особого внимания преподавателя к синтезам в приборах, работы со сборкой приборов выполняются одновременно не более чем половиной школьников (в случае большого класса – третью). Остальные учащиеся проводят несложные синтезы в стаканах или колбах, вполне позволяющие отработать нагревание, охлаждение, фильтрование и т.п., либо небольшие исследования, основным оборудованием для которых являются пробирки.

В-третьих, работать со многими веществами разрешается только в вытяжных шкафах. Поэтому, например, выполнение индивидуальных работ по теме «Галогены» одновременно всеми школьниками сразу после демонстрационного занятия по этой теме невозможно. Не более половины учащихся получает индивидуальное задание по теме «Галогены» и работает «под тягой». А что делают остальные, которым не хватило места? Им даются задания по другим темам, которые допустимо выполнять на столе. Например, получение солей переходных

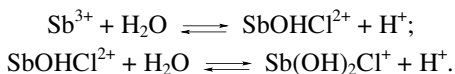
металлов, исследование их состава, растворимости, окислительно-восстановительных свойств и т.п. В другой раз они будут работать с галогенами, а их товарищи – делать опыты на столе.

По индивидуальным заданиям требуется довольно подробный отчёт в лабораторном журнале. Сразу по ходу работы учащийся записывает всё, что делает, отмечает все свои наблюдения, а также отклонения своих действий от методики. Приветствуется фотографирование, съёмка видео (эти элементы не обязательны, но, как упоминалось выше, многим ребятам они нравятся, порой устраиваются конкурсы на лучшую фотографию из практикума). В качестве примера отчёта приведём описание хода синтеза аморфного сульфида сурьмы:

«Взвесила 7,5 г  $\text{SbCl}_3$  в стаканчике на весах.

Добавляю в стаканчик понемногу конц.  $\text{HCl}$  при перемешивании стеклянной палочкой. Вещество постепенно растворяется. Раствор бесцветный.

Долила с помощью цилиндра дистиллированную воду. Выпал белый осадок. Это основные соли сурьмы, образующиеся из-за гидролиза:



(Отклонение от методики.) Добавила ещё конц.  $\text{HCl}$  при перемешивании стеклянной палочкой, чтобы подавить гидролиз, пока белый осадок не растворился.

Собрала узел для получения  $\text{H}_2\text{S}$ . В колбу Вюрца поместила кусочки  $\text{FeS}$ , в капельную воронку налила 20%  $\text{HCl}$ . В промывалку налила воды, чтобы поглощать хлороводород, который может содержаться в получающемся сероводороде как примесь. К отводу промывалки чуть более длинным шлангом присоединила резиновую трубочку, а на её конец – воронку, влезающую в стакан.

Поставила стакан на асбестовую сетку и начала нагревание. Воронку опустила в раствор, чтобы пропускать через него  $\text{H}_2\text{S}$ . Широкая часть воронки погружена в раствор, так как  $\text{H}_2\text{S}$  – плохо растворимый газ.

Слегка открыла краник на капельной воронке. Кислота капает вниз. Темные кусочки FeS покрываются пузырями.

Из воронки не булькает. (Отклонение от методики.) Проверяю герметичность прибора, поднося бумажку, пропитанную раствором  $Pb(NO_3)_2$ , к местам соединения частей прибора. Шланг дырявый! Заменяю шланг. Из воронки стало булькать.

В растворе  $SbCl_3$  появляются оранжевые частички. По мере пропускания газа их всё больше и больше. Делаю фотографии.

Пропускала  $H_2S$  15 минут. Затем закрыла краник, сняла стакан с асбестовой сетки и положила в угол под тягой охлаждаться.

Разбираю прибор. Содержимое колбы Вюрца и промывалки слила в специальную банку для сероводородных отходов и вымыла посуду в раковине под тягой. Шланг случайно вынесла из-под тяги. Пахнет ужасно!

Раствор, охлажденный до комнатной температуры, профильтровал под тягой. На фильтре остался оранжевый осадок.

Положила фильтр в фарфоровую чашечку, расправив, и оставила сушиться на воздухе.

Через неделю: оранжевый осадок стал чёрным! Н.И. сказала, что произошла кристаллизация: аморфный  $Sb_2S_3$  стал кристаллическим ☺.

Вещество отскребла от фильтра, взвесила и положила в подпигсанную баночку. Масса 1,3 г».

Практикум по неорганической химии является самым сложным из практикумов СУНЦ и предназначен для 11-классников. Он предвзается в 10 классе практикумами по аналитической и органической химии. Практикум по органической химии [3] устроен проще, он адаптирует поступивших в СУНЦ школьников к высоким требованиям, которым они должны удовлетворять на выходе. В его рамках проводится всего 4–5 синтезов по различным темам органической химии, особое внимание уделяется методам очистки веществ (перекристаллизация, возгонка, тонкослойная и колоночная хроматография, перегонка, разделение в делительной воронке) и способам оценки чистоты



продукта (определение температуры плавления, рефрактометрия). Работы в этот период адаптации выполняются в парах.

Все практикумы для химического класса проводятся в тесном сотрудничестве с химическим факультетом МГУ на базе студенческих практикумов. Однако материальная база курирующего факультета или вуза – не обязательное условие для организации качественного практикума. Так, для пилотного экологического класса в 2016 году практикум по аналитической химии проходил в кабинете химии СУНЦ МГУ, в 2019 году его программа была слегка модифицирована для недавно открытого класса под эгидой компании «Роснефть». Основные задачи практикума по аналитической химии – это изучение методов качественного анализа и разделения ионов; ознакомление с характерными свойствами катионов и анионов в растворах; овладение методами классического количественного анализа (гравиметрия, титриметрия); знакомство с приборными методами анализа; освоение принципов химического анализа природных объектов. На базе СУНЦ были организованы 6 занятий по качественному анализу, 4 занятия по количественному анализу, 2 занятия по анализу объекта. Ещё 2 занятия прошли на кафедре коллоидной химии химического факультета МГУ: учащиеся изучали на практике поверхностное натяжение и смачивание, устойчивость и разрушение зелей и эмульсий. Такой комбинированный практикум, сочетающий выполнение заданий, не требующих особых условий, без выезда, и посещение МГУ для работы на специальных приборах, оказался весьма привлекательным для учащихся и вызвал исключительно положительные отзывы.

В заключение хотелось бы выразить благодарность руководству химического факультета МГУ, кафедрам неорганической, органической, аналитической химии за предоставленные возможности и неизменную поддержку, кафедре коллоидной химии в надежде на продолжение сотрудничества, и в особенности – лаборантам, работающим с учащимися СУНЦ.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Лысова Г.Г., Менделеева Е.А.* Дистанционное преподавание химии в НП «Телешкола». // Полатовские чтения – 2009 «Дистанционное обучение в предметных областях»: материалы второй международной науч.-практ. конференции, 19 ноября – 24 декабря, 2009 г. – Казань: ЮНИВЕРСУМ. – С. 285–292.
2. *Ланская С.Ю.* Методическая разработка по аналитической химии для учащихся химического класса СУНЦ МГУ. – М.: МАКС Пресс, 2018. – 44 с.
3. *Менделеева Е.А., Колясников О.В.* Практикум по органической химии для школьников химического и биологического профиля СУНЦ МГУ. – М.: СУНЦ МГУ, 2009. – 20 с.
4. *Корнев Ю.М., Морозова Н.И., Жиров А.И.* Практикум по неорганической химии. М.: МАКС Пресс, 2013. – 72 с.
5. *Morozova N.I.* A System Approach to Practical Works on Chemistry: a New Method of Control. // Theses of 24th IUPAC International Conference on Chemistry Education. – Kuching, Malaysia, 2006, p. 85.