

С. И. Кулиев, Н. А. Степанова
Университет им. П. М. Машерова, Витебск

РАЗВИТИЕ ХИМИЧЕСКИХ СПОСОБНОСТЕЙ

при использовании
экспериментальных заданий

Достижения современной цивилизации немислимы без химической науки, которую привлекают для решения прикладных задач не только в химических отраслях, но и в самых разнообразных областях техники. Естественно, что химия нуждается в способных творческих исследователях с развитым не только химическим, но и гуманитарно-экологическим мышлением, владеющих математическим аппаратом и умеющих работать на компьютере, знающих иностранные языки и способных находить и принимать решения в динамично изменяющемся окружающем мире. Результативность подготовки кадров зависит от эффективности химического образования и в особенности от компетентной организации поиска, выявления одаренных детей, способных к химии, создания условий для оптимального развития их способностей.

Способности – индивидуальные особенности личности, являющиеся субъективными условиями успешного осуществления определенного рода деятельности. Они не сводятся к знаниям, умениям и навыкам и обнаруживаются в быстроте, глубине и прочности овладения способами и приемами деятельности. Диагностику способностей проводят с помощью тестов, позволяющих разрабатывать количественные оценки. Высокий уровень развития способностей выражается понятиями таланта и гениальности. Различают *общие* и *специальные* способности. Общие способности позволяют овладеть широким спектром различных видов деятельности, специальные определяются возможностями успешного овладения определенными видами деятельности.

В последнее время появилась тенденция к активизации исследований по проблемам одаренности. Изучаются способы диагностики, разрабатываются теоретико-методические основы системы воспитания и обучения талантливых детей, классификация одаренных детей, создаются концептуальные

модели одаренности¹. Разрабатываются концепции работы с одаренными детьми в школах и других образовательных учреждениях. Программы «Одаренные дети» проектируются и создаются и в Беларуси.

Одаренность как сформированное и динамично развивающееся интегральное свойство личности характеризуют тремя параметрами: первый измеряется тестами IQ и выявляет в основном уровень конвергентного мышления, второй определяет уровень креативности, в структуру которой входит дивергентное мышление, третий – уровень мотивации. В некоторой корреляции с этими параметрами находится классификация А. И. Савенкова, в которой он выделяет четыре группы одаренных детей:

с высокими показателями по специальным тестам интеллекта;

с высоким уровнем творческих способностей;

достигшие успехов в каких-либо областях деятельности (музыканты, художники, математики, шахматисты и др.);

хорошо обучающиеся в школе (академическая одаренность).

Результаты республиканских и международных химических олимпиад говорят о высоком уровне интеллектуальной одаренности наших школьников. Известно, что химическая одаренность может проявиться очень рано. Так, выдающийся химик Роберт Бернс Вудворд уже в 11 лет читал научные журналы, а к 16 годам, когда стал студентом, выучил в совершенстве органическую химию, проводя синтез веществ².

На проблему *химических способностей* одним из первых обратил внимание Д. А. Эпштейн, который считал, что способность к химии существует объективно как определенное сочетание «химической головы» и «химических рук». А. А. Коробейникова и

Г. В. Лисичкин отмечают и такой специфический компонент, как «чувство вещества и химического процесса». Действительно, способность к абстрагированию и обобщению, хорошая терминологическая память нужны и биологу, и математику, а химика отличают стремление работать с веществом, интерес к нему, его превращениям. Это и помогает выявить способных к химии учеников: они постоянно самостоятельно экспериментируют, демонстрируют окружающим полученные вещества, вытаскивая их из всех карманов, наизусть знают признаки огромного множества реакций.

Компоненты химических способностей проявляются на двух уровнях: генотипическом и фенотипическом (см. рисунок).



Базовая модель химической одаренности

Генотипический уровень определяется биологической структурой человека, его неповторимой генетической программой: особенностью развития органов чувств и моторики (точность восприятия внешних свойств веществ и изменений, происходящих в процессе химических превращений, хорошие координация движений и глазомер, развитое ощущение времени и про-

¹ См.: Савенков А. И. Идентификация одаренных детей как педагогическая проблема // Школьные технологии. – 2000. – № 1. – С. 236–245; Савенков А. И. Детская одаренность как теоретическая проблема // Начальная школа. – 2000. – № 1. – С. 94–100.

² См.: Кузнецов М. А. и др. Облик молекулы. Очерк современной стереохимии. – Л., 1989. – С. 99.

странства, быстрота реакции); особенностями психических процессов (аналитико-синтетические качества ума, развитое ассоциативное мышление, способность к абстрагированию, оперированию символами, числами, развитое образное мышление, большой объем внимания, наблюдательность, развитая терминологическая, логическая, механическая память); креативностью (определяется триадой П. Торренса: творческими способностями, творческими умениями, творческой мотивацией).

Многие компоненты химических способностей (как правило, общие) можно развивать в процессе обучения или компенсировать усиленным развитием других за счет компонентов *фенотипического уровня* (например, недостаточный объем памяти – воспитанием привычки к тщательным систематическим записям), но такой компонент, как способность к абстрагированию, оперированию символами, не компенсируется в процессе обучения и воспитания.

Подчеркнем, что выявление и реализация *специфических компонентов химических способностей* – пространственного воображения, развитой сенсорики, умений наблюдать химические явления, соотносить химический эксперимент с теоретическим объяснением, оперировать моделями, «чувства вещества», конструкторских умений – невозможны без опыта творческой деятельности в области химического эксперимента.

Эксперимент должен быть направлен на развитие навыков исследователя, отличающегося высоким профессионализмом, интеллектом, упорством в достижении поставленной научной задачи, на формирование культуры химического эксперимента, заключающейся в постановке вопросов, формулировке гипотезы, подборе методик эксперимента, анализе результатов и формулировке выводов. Следовательно, экспериментальные задания должны носить исследовательский характер, быть по возможности продолжительными по времени и доступными в исполнении. Необходимо обращать внимание на анализ результатов, письменный отчет, соблюдение требований к стилю, строгой на-

учности и точности. Важно также обеспечить школьникам возможность презентации результатов своих исследований. Опыт подобной деятельности учащиеся приобретают на олимпиадах различного уровня, конкурсах, конференциях, смотрах.

Имея длительный опыт работы с одаренными и способными детьми при подготовке к олимпиадам различного уровня, мы проводим интеллектуальные и практические тренинги и при этом обращаем внимание на формирование навыков мышления не только первого порядка – познание, решение проблемы, но и второго порядка – креативность и способность давать оценку. Тренинги проводим в разнообразных формах: лекции-беседы, индивидуальные теоретические и поисково-исследовательские экспериментальные задания, семинары, работа с научной и справочной литературой. В процессе деятельности актуализируются различные способы познания химических явлений, развиваются химические способности, рефлексия, совершенствуются устная и письменная речь, умения выступать в качестве оппонента и защищать свою точку зрения.

Составляя задания экспериментальных туров областных и республиканских химических олимпиад, мы столкнулись с проблемой диагностики химических способностей, ведь, как правило, в условиях олимпиады диагностируются конкретные знания и умения. Поэтому необходимо было решить следующие задачи:

- выявить требования к экспериментальному заданию с учетом диагностики химических способностей;
- осуществить интегрированный подход, реализующий познавательный, развивающий и творческий потенциал школьников;
- сконструировать технологичный измеритель, позволяющий сравнить результаты, быстроту и четкость оформления задания;
- выявить степень привлекательности задания для участников олимпиады;
- провести анализ результатов, установить зависимость между успешностью выполнения отдельных этапов задания и сформированностью химических способностей.

Для стимуляции воображения и создания положительного эмоционального фона в предъявлении задания мы использовали гуманитарно-культурологический подход. Вместе с техническими и логическими операциями участникам было предложено увидеть новое в хорошо известном, смоделировать механизм реакции, включив образное мышление, воспринять и объяснить цветовые переходы, расшифровать названия заданий.

При конструировании задания для измерения широкого диапазона сформированных экспериментальных знаний и умений, а также выявления химических способностей мы сформулировали к нему следующие требования: задание не должно быть полностью творческим, ибо невозможно предугадать наличие опыта творческой деятельности участников олимпиады, однако элементы творчества должны присутствовать. Для этого необходимо найти проблему, субъективно новую для всех. Оно не должно быть и полностью открытым, т. е. иметь множество решений, так как в этом случае невозможно сравнить результаты решения. Содержание задачи не должно выходить далеко за пределы школьной программы, наоборот, желательно найти проблемы в известном учебном материале. Важное требование — широкий спектр диагностируемых химических знаний, умений, способностей. Для обеспечения обучающей и диагностирующей функций в условии необходимо заложить познавательную химическую и культурологическую информацию. Кроме того, немаловажное значение имеет привлекательность задания для участников: этого можно достичь красивыми опытами, оригинальным предъявлением условия, наличием неожиданного противоречия, выходом на практическое использование знаний. Важно, чтобы задание подразумевало проведение безопасного эксперимента в простых аппаратах, сопоставимых с техническим оборудованием школьных химических лабораторий.

В качестве задачи, отвечающей перечисленным выше требованиям, на республиканской олимпиаде мы предложили учащимся 11-го класса цепочку превращений — попу-

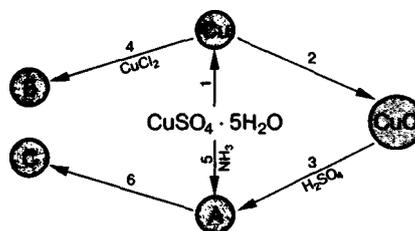
лярное контролирующее задание. Это задание в дальнейшем использовалось в качестве обучающей модели на тренингах.

УДИВИТЕЛЬНЫЕ ТАЙНЫ МЕДНОЙ ГОРЫ

Мне кажется, пусты и полны заблуждений те науки, которые не порождены опытом, отцом всякой достоверности, и не завершаются в наглядном опыте, т. е. те науки, начало, середина или конец которых не проходят через одно из пяти чувств...

Леонардо да Винчи

Предлагаем вам совершить путешествие в мир меди, используя вот такой «путеводитель»:



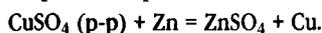
Первое направление: «Red-Ox»

1. Получите медь, используя следующие реактивы и оборудование: пентагидрат сульфата меди(II) кристаллический, цинк в гранулах, соляную кислоту, химический стакан или колбу.

2. Рассчитайте выход меди, массу использованного медного купороса (не взвешивать).

Рекомендации. Для получения достаточного количества меди вам необходимо использовать примерно половину выданного кристаллического пентагидрата сульфата меди(II) и 8–9 гранул цинка; полученную медь нужно промыть на фильтре 1–2 мл спирта.

1. Уравнение реакции:



Доказательство возможности протекания реакции с использованием значений стандартных электродных потенциалов:

$$E^0(\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}) = 0,345 \text{ В}, E^0(\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}) = -0,764 \text{ В}.$$

Стандартный электродный потенциал системы меди больше стандартного электродного потенциала системы цинка, значит, ионы меди служат окислителем.

$\Delta E = 0,345 \text{ В} - (-0,764 \text{ В}) = 1,109 \text{ В}$; $\Delta E > 0$, реакция возможна.

2. Расчет выхода меди и массы использованного медного купороса. Допустим, масса цинка до реакции равна 2 г (теоретическое количество вещества цинка — 0,031 моль), а после реакции — 0,3 г, следовательно, прореагировало 1,7 г (0,0262 моль). По уравнению $n(\text{Zn}) = n(\text{Cu})$. Практически полученная масса меди равна 1,68 г (0,0262 · 64), теоретически возможная — 1,98 г (0,031 · 64). Выход меди составляет 0,85 (85 %) от теоретически возможного.

Масса израсходованного медного купороса: $0,0262 \cdot 250 = 6,55 \text{ (г)}$.

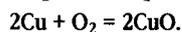
Второе направление: «Элементарно, Ватсон!»

1. Часть полученной меди превратите в оксид меди(II), используя оборудование, находящееся на рабочих местах.

Рекомендация. Добейтесь полного превращения.

2. Изменится ли масса оксида меди(II) при нагревании до 1000 °С? Ответ подтвердите уравнением реакции.

1. Уравнение реакции:



При прокаливании меди в металлической ложечке получено вещество черного цвета.

2. При нагревании до 1000 °С масса оксида меди(II) изменится, так как идет процесс:



Третье направление: «Загадка простой реакции»

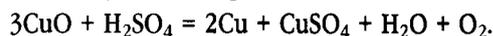
1. Полученный оксид меди(II) перенесите в пробирку и добавьте 3–5 мл разбавленной серной кислотой. Что наблюдаете?

2. В другую пробирку опустите одну гранулу выданного оксида меди(II).

Рекомендации. Не встряхивайте пробирку, наблюдайте внимательно; при четком выполнении эксперимента будут видны пузырьки выделяющегося газа.

Примечание. Обнаруженные вами факты показывают механизм протекания реакции.

Различными физико-химическими методами установлено, что при взаимодействии оксида меди(II) с разбавленной серной кислотой возможно образование меди, оксида меди(I), пентагидрата сульфата меди(II), а также довольно сложных комплексов, например $\text{Cu}_4(\text{OH})_6\text{SO}_4$, $\text{Cu}_3(\text{OH})_4\text{SO}_4$ и др. На основании анализа экспериментальных данных исследователи предлагают записывать упрощенное суммарное уравнение этой реакции следующим образом:



3. Предложите возможный механизм данного процесса.

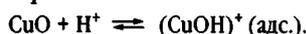
Информация к размышлению. Известно, что состав оксидов переходных металлов отклоняется от стехиометрического, в частности для меди возможно образование оксида состава CuO_{1+x} , где $x = 0-0,2$. При объяснении учтите, что данная реакция гетерогенная.

1. Признаки реакции: черный цвет вещества CuO переходит в бурый цвет Cu .

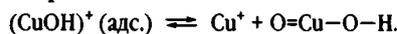
2. Признаки реакции: выделяются растущие пузырьки газа.

3. Механизм реакции³.

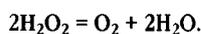
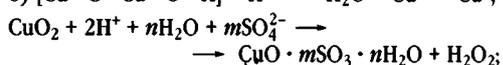
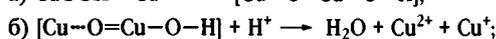
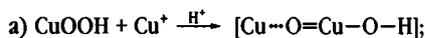
Первая стадия:



Вторая стадия:



Третья стадия:



Четвертое направление: «Ах, этот нантоцит»

1. Исследуйте взаимодействие полученной вами меди с раствором хлорида меди(II).

В химическом стакане приготовьте раствор хлорида меди(II) насыщенно-голубого

³ См.: Туткин Е. И., Чукбар Т. Г., Шевелев Н. П. Характер взаимодействия оксида меди(II) с серной кислотой // Химия в школе. — 1989. — № 5. — С. 144–146.

цвета, подкислите его концентрированной соляной кислотой до насыщенно-зеленого цвета. Объясните изменение цвета.

2. Часть полученного раствора перелейте в пробирку с медью и прокипятите 1–2 мин (работайте под тягой!).

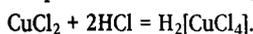
Слейте содержимое пробирки, находящееся над непрореагировавшей медью, в стакан с предварительно охлажденной водой. Что наблюдаете?

Дайте содержимому стакана отстояться 2–3 мин, отфильтруйте и промойте осадок 1–2 мл спирта, высушите его между листками фильтровальной бумаги.

3. Исследуйте, взаимодействует ли полученное вещество: а) с концентрированной соляной кислотой; б) с раствором аммиака; в) с воздухом.

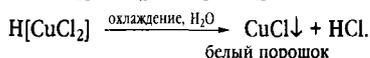
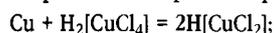
4. Известно, что вещество Б белого цвета имеет тривиальное название «нантокит», при переходе в газовую фазу образует циклический тример, напоминающий по структуре бензол. Предложите его структуру. Назовите вещество Б.

1. Причина изменения цвета:



Насыщенно-зеленый цвет раствора объясняется присутствием тетрахлоркупрата(II) водорода.

2. Уравнения и признаки реакций:

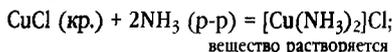


3. Уравнения и признаки реакций:

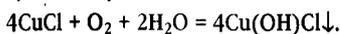
а) с концентрированной соляной кислотой:



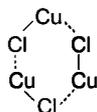
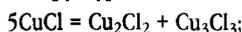
б) с раствором аммиака:



в) на воздухе:



4. Структура вещества Б в газовой фазе:



Название вещества Б: хлорид меди(I).

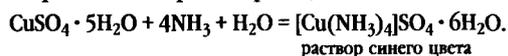
Пятое направление:

«Веществу уже 500 лет»

1. В пробирку, заполненную на 2/3 объема раствором аммиака, добавьте 2–3 лопатки растертого в порошок пентагидрата сульфата меди(II). Разлейте раствор в две пробирки.

2. В одну из них добавьте спирт объемом 3–5 мл. Дайте отстояться осадку. Предъявите пробирку жюри. Какова роль спирта?

1. Уравнение и признак реакции:



Получено комплексное соединение сульфат тетрааминмеди(II).

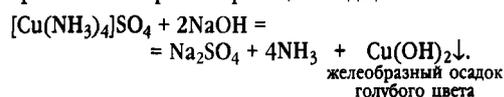
2. Спирт связывает воду, что приводит к уменьшению растворимости вещества, этот процесс называется высаливанием.

Шестое направление:

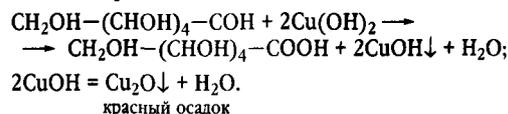
«Имитатор»

Щелочной раствор из второй пробирки используйте для обнаружения инвертного сахара в двух выданных вам пробирках.

Уравнение и признак реакции подщелачивания:



Уравнение и признак реакции обнаружения инвертного сахара:



Используя задание в качестве обучающей модели, необходимо обращать внимание учащихся на предварительное обдумывание плана работы (часто они приступают к работе, не взвесив цинк), на внимательное чтение условия. Опыт показывает, что у школьников возникают серьезные проблемы с восприятием цветовых переходов: например, вызывают затруднения понятия «насыщенно-голубой или зеленый цвет», ребята не замечают границы цветовых переходов, например бурой окраски меди в черный цвет оксида меди(II), изменение голубого цвета раствора на синий

и зеленый. Также они затрудняются при теоретическом объяснении цвета веществ, связанного с различным строением комплексов. Следует обсудить со школьниками синтез веществ, обратив внимание на способы их выделения из реакционной смеси (роль спирта, холодной водяной бани).

Результаты олимпиад и работа на тренингах показывают, что образное и пространственное мышление как компоненты творческой одаренности не являются для учащихся привычным инструментом познания химических явлений. Кроме того, учащиеся либо боятся довериться эксперименту, опираясь на устоявшийся теоретический багаж, либо не используют свои знания во все. Так, в ходе эксперимента учащиеся отчетливо видят образование большого количества меди при взаимодействии свежеприготовленного оксида меди(II) с разбавленной серной кислотой, появление голубой окраски раствора сульфата меди(II), выделение пузырьков газа именно на поверхно-

сти гранул оксида меди(II). Однако редко кто из школьников может привлечь знания по теме «Катализ», в которой изучается механизм гетерогенного катализа, а также знание механизма реакций радикального замещения из органической химии. Конечно, не следует ожидать, что учащиеся смоделируют весь механизм, но они могут выйти на образование пероксидной группировки, если применят графическое моделирование, выполняют рисунок, включив воображение, — проникнут в кристаллическую решетку оксида меди.

Таким образом, в процессе выполнения комбинированных экспериментальных заданий в режиме контроля диагностируются, а в тренинге — совершенствуются теоретические знания, формируются практические умения, развиваются химические способности школьников. Разработанный нами комплекс заданий успешно используется на разных этапах подготовки и проведения олимпиад по химии в Беларуси. ■

ИССЛЕДОВАНИЯ, ОТКРЫТИЯ, ПРОГНОЗЫ

Война зрения с обонянием

Известно, что у тех видов животных, которым присущи зоркость и способность различать цвета, обоняние развито посредственно. И наоборот — хороший нюх зачастую сочетается с низкой остротой зрения и дальтонизмом. Человек — не исключение. Анализ показывает, что из той тысячи генов, которые отвечают у людей за обоняние, не работают около 60 % (их называют псевдогенами). А вот у собак и мышей, которые, в отличие от нас, цветов не различают, обонятельные псевдогены составляют не более 20 %.

Группа генетиков-эволюционистов во главе с С. Пяббо (Институт эволюционной антропологии Общества им. Макса Планка, Германия) провела сравнительный анализ генов, которые отвечают за обоняние и зрение у высших и низших обезьян, населяющих как Старый, так и Новый Свет. Исследование подтвердило, что видам с развитым зрением присуще посредственное обоняние, и наоборот. Так, обезьяны Азии и Африки хорошо различают цвета, но около 30 % отвечающих

за обоняние генов у них не работают. В то же время у большинства видов низших обезьян Америки нет генов, отвечающих за восприятие цвета, зато из всех связанных с обонянием псевдогенов составляют не более 20 %. Не обошлось, впрочем, без исключений: южноамериканские обезьяны ревуны (*Alouatta*) воспринимают запахи и видят примерно так же, как азиатские и африканские приматы.

Исследователи пришли к выводу, что зрительные способности у обезьян в Азиатско-Африканском и Американском регионах развивались независимо, но и там и там этот процесс сопровождался утратой части обонятельных рецепторов. Эколог-эволюционист Н. Домини (Чикагский университет, США) высказал предположение, что такая природная «делка» понадобилась из-за анатомических ограничений: зрительные и обонятельные области в коре головного мозга занимают весьма много места и потому не могут развиваться одинаково хорошо.

Science. — 2004. — V. 303. — № 5658. — P. 621 (США).
Природа. — 2005. — № 2. — С. 83