

**ХИМИЯ В «СИРИУСЕ».  
ПРОГРАММЫ ДЛЯ ДЕТЕЙ И УЧИТЕЛЕЙ,  
ДИСТАНЦИОННЫЕ КУРСЫ, ПОМОЩЬ ШКОЛАМ**

**Ерёмин В.В., Лиханов М.С., Дроздов А.А.**

*Химический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова*

DOI 10.55959/MSU012061-2024-20-135-155

Образовательный центр «Сириус» (далее – ОЦ «Сириус», Образовательный центр) – ведущая площадка страны по работе с одарёнными детьми. Его главная цель – раннее выявление, развитие и дальнейшая профессиональная поддержка детей и молодёжи, проявивших выдающиеся способности в области искусства, спорта, науки и технического творчества.

Центр был создан Образовательным Фондом «Талант и успех» в 2015 году по инициативе Президента России В.В. Путина в городе Сочи. В 2020 году в развитие проекта «Сириус», который к тому моменту помимо Образовательного центра включал Университет, Лицей, онлайн школу, была создана федеральная территория «Сириус». Цель создания федеральной территории – сохранение олимпийского спортивного, культурного и природного наследия, создание благоприятных условий для выявления и развития талантов, реализация приоритетов научно-технологического развития. Теперь правильно говорить, что ОЦ «Сириус» живет и работает на федеральной территории «Сириус».

В методическом сборнике 2020 года мы подробно писали об организации образовательных программ по химии в «Сириусе», сделав, согласно теме сборника, основной акцент на экспериментальной работе школьников [1]. Однако Образовательный центр активно развива-

ется, охватывая новые сферы научной и образовательной деятельности и улучшая содержание уже работающих программ, поэтому за 4 года произошло довольно много изменений. О том, в каких направлениях работает «Сириус» сейчас и какое место занимает химия в его работе, мы расскажем в этой статье.

### **1. Образовательные химические программы для школьников**

Основной формат остался прежним – это очные программы (смены), которые длятся 24 дня, обычно с 1 по 24 число каждого месяца [2]. Первоначально это были образовательные программы для детей, уже проявивших свои способности в первую очередь в олимпиадах, а также в проектной деятельности. Такие программы по химии проводятся в «Сириусе» с 2017 года, они сохранили свой формат и содержание до настоящего времени. Две из них предназначены для подготовки к олимпиадам высшего уровня, ещё одна – проектно-ориентированная. Олимпиадные смены проходят в апреле и августе, в них участвуют самые сильные и мотивированные дети. Как правило, школьники с наиболее высокими достижениями – победители и призёры финального этапа Всероссийской олимпиады по химии – участвуют в августовской программе, а в апреле основной контингент составляют победители регионального этапа и так называемых перечневых олимпиад, к числу которых относятся, например, Московская олимпиада школьников и олимпиада «Ломоносов». Олимпиадные программы готовит и проводит химический факультет МГУ [3]. К моменту написания данной статьи (февраль 2024) проведено 13 программ, в которых приняли участие более 2 000 школьников (некоторые из них по несколько раз).

Проектная химическая программа проходит в ноябре. Её основное содержание составляет групповая работа школьников над исследовательскими проектами по химии, которые готовит и реализует Институт химии СПбГУ (см. статью А.А. Карцовой).

Олимпиадные программы – крупные, в них участвуют по 200 школьников 8–10 классов со всей России. Ноябрьская проектная

программа – более камерная, её состав – около 70 школьников 9–11 классов.

Химия представлена ещё в одной образовательной программе – естественнонаучной, которая проходит в феврале [5]. Её содержание поделено поровну между химиками, физиками и биологами, каждому предмету посвящена ровно одна неделя. На программу получают приглашение 150 школьников, прошедших предметный отбор и собеседования по проектам. Участники смены поделены на три профильные группы по 50 человек в соответствии с указанными дисциплинами, при этом каждый участник обязательно изучает и две другие дисциплины, хотя и на ознакомительном уровне. Основная задача программы – дать возможность детям сравнить подходы различных наук к изучению природы и привить им первоначальные навыки межпредметного мышления на примере проектной деятельности.

Отбор на любые образовательные программы в «Сириусе» имеет открытый конкурсный характер. Школьники подают заявки, в которых указывают свои достижения – во Всероссийской олимпиаде, перечневых олимпиадах и проектной/исследовательской деятельности. Достижения пересчитываются в рейтинговые баллы. Обладатели наиболее высокого рейтинга попадают в «Сириус». Следует отметить, что победители и призёры финального этапа Всероссийской олимпиады предыдущего года приглашаются на августовскую программу без конкурсного отбора.

Для восьмиклассников порядок отбора на химические программы другой, поскольку в силу возраста большинство ребят ещё не имеют значимых достижений. Для них создан специальный обучающий видеокурс (фактически, дополнительные главы химии для 8 класса), по окончании которого проходит сначала дистанционное, а потом и очное тестирование. Завершается отбор собеседованием, которое показывает, насколько самостоятельно выполнялось тестирование.

Процесс обучения на образовательных программах – довольно интенсивный. Занятия проводятся 6 дней в неделю по 6–8 часов

(правда, с 6-разовым питанием). Ребят разбивают на отряды по 25 человек, за каждым отрядом закрепляется преподаватель, который составляет план обучения с учётом возраста и стартового уровня школьников, приглашает других преподавателей и курирует весь процесс обучения. Теоретические занятия проходят в главном корпусе и в школе «Сириуса», а практические – в лабораториях Университета «Сириус». Преподаватели – сотрудники университетов (Московского, Казанского и Санкт-Петербургского), профессора и доценты, молодые учёные, аспиранты, среди них много бывших победителей олимпиад высшего уровня. В качестве стажёров к занятиям привлекают и лучших школьных учителей, прошедших конкурсный отбор.

Программа занятий в каждом классе представляет собой углублённое изучение разделов химии, дополняющее школьный курс. В 8 и 9 классах это – неорганическая химия с элементами физхимии, в 10 классе – довольно большой объём органической химии, биохимии и продвинутой физхимии.

Теоретические занятия по форме ближе к семинарам, чем к лекциям. Разумеется, необходимый теоретический материал даётся, но упор делается на решение задач. Даже на самой сильной по составу августовской программе разброс детей по уровню подготовки, мотивации и умению работать довольно большой. Обеспечить индивидуальную работу с каждым из 25 учеников в группе возможности нет, поэтому, чтобы вовлечь в активную работу каждого, часто используется «многоуровневая» схема: на определённую тему даётся большой набор задач трёх уровней, условно: 1-й уровень (самый легкий) – базовый или углублённый школьный, второй – уровень перечневых олимпиад, третий – высший уровень, фрагменты заданий регионального этапа ВОШ и выше. В процессе решения ученики консультируются с преподавателем, а наиболее важные теоретические вопросы и самые типичные ошибки в решениях разбираются со всей группой.

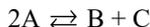
В качестве примера приведём фрагмент задания по теме «Химическое равновесие» для 9 класса августовской программы или 10 класса апрельской программы.

## Уровень 1

1. Приведите пример обратимой реакции, в которой при добавлении паров воды равновесие смещается вправо, а при уменьшении давления – влево. Объясните свой выбор.

*Ответ. Гидратация этилена.*

2. Смешали по 3 моль веществ А, В и С. После установления равновесия



в системе обнаружили 4,2 моль вещества С. Найдите равновесные количества остальных веществ и константу равновесия.

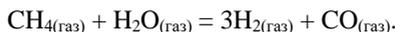
*Ответ. 4,2 моль В; 0,6 моль А;  $K = 49$ .*

3. Константа равновесия реакции  $C_{(тв)} + 2H_{2(газ)} = CH_{4(газ)}$  при некоторой температуре  $K_p = 0,11$ . Чему равны равновесные давления газов при этой температуре и общем давлении 10 бар?

*Ответ.  $p(H_2) = 6,0$  бар,  $p(CH_4) = 4,0$  бар.*

## Уровень 2

4. Метан при сильном нагревании реагирует с водяным паром по обратимой реакции:



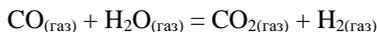
В равновесной смеси при общем давлении 2 бар содержится 6 моль водорода, 1 моль воды, 1 моль метана и 2 моль угарного газа. Рассчитайте константу равновесия, выраженную через давления,  $K_p$ , для данной реакции.

*Ответ.  $K_p = 17,28$ .*

5. При нагревании ксилольного раствора соединения **A** оно терпевает изомеризацию с образованием равновесной смеси соединений **D** и **E**. Установлены следующие молярные соотношения: **D** : **E** = 1 : 40 при 50 °С и **D** : **E** = 1 : 20 при 120 °С. Рассчитайте энтальпию превращения **D** в **E**.

*Ответ.  $-10,5$  кДж/моль.*

6. Важной стадией промышленного получения водорода является реакция сдвига:



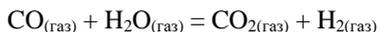
Используя приведенные ниже данные, рассчитайте константу равновесия и равновесный выход водорода из стехиометрической смеси СО и Н<sub>2</sub>О при температуре 500 °С.

Вещество	$\Delta_f H^\circ_{298}$ , кДж/моль	$S^\circ_{298}$ , Дж/(моль·К)
СО <sub>(газ)</sub>	-110,5	197,7
Н <sub>2</sub> О <sub>(газ)</sub>	-241,8	188,8
СО <sub>2</sub> <sub>(газ)</sub>	-393,5	213,7
Н <sub>2</sub> <sub>(газ)</sub>		130,7

Ответ.  $K = 3,85$ , выход – 66,2%.

### Уровень 3

7. Важной стадией промышленного получения водорода является реакция сдвига:



Если смешать СО и Н<sub>2</sub>О в мольном соотношении 1 : 2, то в равновесной смеси эти вещества окажутся в мольном соотношении 1 : 3. Если же смешать СО и Н<sub>2</sub>О в мольном соотношении 1 : 4, то в равновесной смеси эти вещества окажутся в мольном соотношении 1 :  $x$ . Найдите  $x$ .

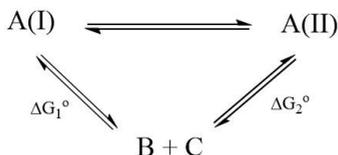
Ответ.  $x = 9,3$ .

8. Определите стандартную энтропию гидроксид-иона при 25 °С. Ионное произведение воды при этой температуре равно  $1,0 \cdot 10^{-14}$ .

Частица	$\Delta_f H^\circ_{298}$ , кДж/моль	$S^\circ_{298}$ , Дж/(моль·К)
Н <sup>+</sup> (водн)	0	0
ОН <sup>-</sup> (водн)	-229,9	?
Н <sub>2</sub> О(ж)	-285,8	69,95

Ответ.  $-10,5$  Дж/(моль·К).

9. Вещество А может находиться в двух близких по энергии формах, А(I) и А(II). Каждая из форм способна разлагаться с образованием одних и тех же продуктов, В и С:



Известно, что  $\Delta G_1^\circ = 18,7$  кДж/моль,  $\Delta G_2^\circ = 17,3$  кДж/моль. (Энергии Гиббса приведены для реакций разложения.)

1) Рассчитайте равновесные мольные доли форм A(I) и A(II) в веществе A при 25 °С.

2) Рассчитайте кажущуюся константу равновесия разложения A (из обеих форм) на B и C при 25 °С.

*Ответ.* 1) 63,8% A(I), 36,2% A(II). 2)  $3,36 \cdot 10^{-4}$ .

Если набор заданий составлен адекватно уровню детей по объёму и сложности, то работает принцип «20–80»: 80 % заданий решат около 20 % детей, в среднем – около 50 %.

После занятий ребята слушают научно-популярные лекции (не только по химии) приглашенных учёных, участвуют в разнообразных научных, культурных и спортивных мероприятиях. Ранее на химических образовательных программах лекции читали многие известные учёные – академики С.Н. Калмыков (вице-президент РАН) и О.А. Донцова, член-корреспондент РАН Е.В. Антипов, профессора И.А. Балова и И.С. Дмитриев. Завершает каждую программу химическая олимпиада, которая составляется для каждого класса по пройденным темам и показывает, чему ребята научились на образовательной программе.

На любой образовательной программе изучают все основные разделы химии. Кроме того, для каждой программы выбирается одна специальная, ведущая тема, которой уделяется больше внимания, чем остальным. Так, в апреле 2019 года олимпиадная программа проходила под знаком Периодического закона, поскольку этот год был объявлен Международным годом Периодической таблицы. В апреле 2023 года программа проходила сразу после финального этапа Всероссийской олимпиады по химии, который впервые состоялся в Сири-

усе; естественно, это событие стало основной темой программы. Среди других ведущих тем были «Радиохимия», «Неорганические материалы», «Элементоорганическая химия», «Электрохимия», ряд программ был посвящен химическим элементам – РЗЭ, платине, теллуру, мышьяку, серебру. Основной темой ближайшей образовательной программы в апреле 2024 года станет химическая термодинамика, поскольку параллельно с образовательной пройдет научная программа по термодинамике (см. далее).

Ещё одна особенность химических олимпиадных программ – выпуск журнала «Химическая образовательная программа», зарегистрированного в Книжной палате как периодическое электронное издание [6]. Журналы имеют специальный дизайн, многие разделы в нём уже стали традиционными: «Конкурс фотографий», «Задачи преподавателей», «Задачи победителей конкурса», «Химия и филателия». В разделе «Теория» вы найдете статьи по отдельным разделам химии и по главной теме программы, в «Практикуме» приводятся описания опытов и методики синтезов, многие из которых невозможно сделать в школьной лаборатории, в разделе «Олимпиады» подводятся итоги и разбирают лучшие задачи Всероссийской и Международной олимпиад. На страницах журнала участники образовательной программы откровенно делятся своими впечатлениями о химии, «Сириусе» и преподавателях, приводится статистика смены.

Журнал – не единственное печатное издание по химии в «Сириусе». Ежегодно по результатам двух олимпиадных программ – апрельской и августовской – «Сириус» издаёт сборник задач, составленных школьниками – участниками программ. Печатные версии раздают всем участникам программы, как школьникам, так и преподавателям, а электронный вариант размещают на сайтах ОЦ «Сириус» и Химического факультета МГУ, где он находится в открытом доступе [6].

Почти половину времени на химических программах школьники проводят в лабораториях. Наряду с работой в практикуме, ребятам предоставляется возможность участвовать в выполнении практико-ориентированных задач. Набор этих задач варьируется в зависимости

от специфики смены, её приоритетной направленности. В то же время мы стремимся последовательно развивать некоторые темы, которые соответствуют профилю различных лабораторий Научного парка с его богатой материально-технической базой. Особый интерес представляют задачи с межпредметным содержанием в области неорганического материаловедения. Речь идёт о создании традиционных и разработке современных керамических материалов. Данная область науки и технологии позволила построить на базе Научного парка ОЦ «Сириус» мини-модель современного наукоёмкого производства. Исследовательская составляющая включает разработку составов стеклокерамических покрытий для высокотемпературной керамики, в том числе изучение морфологии поверхности, толщины контактного слоя при помощи имеющегося в Научном парке атомно-силового микроскопа.

## **2. Научные химические программы для школьников**

С 2023 года «Сириус» инициировал проведение другого типа химических программ – научных. Основная задача таких программ – знакомство школьников с современным уровнем науки с целью ранней и осознанной профориентации. Научные программы по химии проходят параллельно с образовательными, но пока отличаются меньшим масштабом – 25 участников против 200. Попасть на научную программу может любой школьник, даже не побеждавший или не участвовавший в олимпиадах и проектах. Основное условие – заинтересованность в теме и некоторый стартовый уровень знаний в конкретном разделе химии, которому посвящена программа.

Первая научная программа по химии была проведена в апреле 2023 года, она была посвящена новому направлению – инфохимии, содержание программы разработал университет ИТМО (Санкт-Петербург) [7]. Первый опыт оказался вполне успешным, и было решено далее перейти к классическим разделам химии, которые имеют важные практические приложения. Ближайшая научная программа в апреле 2024 года посвящена химической термодинамике [8]. Программу организует химический факультет Московского университета

при поддержке Химического института им. А.М. Бутлерова Казанского университета.

Образовательная часть программы по термодинамике включает теоретические (лекции, семинары) и практические (экспериментальные и расчётные) занятия. В рамках исследовательской практики школьникам будут предложены научные проекты, имеющие ярко выраженный прикладной характер:

- создание новых видов минеральных удобрений;
- переработка техногенного сырья;
- разработка специальных видов сплавов для нужд атомной и космической промышленности;
- получение оксидных функциональных материалов в кристаллическом и аморфном состоянии.

Об актуальности соответствующих проблем участникам программы расскажут представители ведущих российских компаний и корпораций – УРАЛХИМа, Роскосмоса, Росатома.

Программа вызвала огромный интерес у школьников. В дистанционном отборочном тестировании по термодинамике приняли участие более 750 школьников 9–11 классов (на 25 мест!), из которых 190 допущены до собеседования, 140 человек из прошедших отбор прислали рефераты по одной из предложенных тем (все рефераты пройдут проверку на плагиат). Далее им предстоит пройти очное собеседование.

### **3. Программы повышения квалификации учителей химии**

Непосредственно перед каждой химической образовательной программой или параллельно с ней Сириус организует программы повышения квалификации учителей химии [9]. На них работают наиболее опытные преподаватели химических факультетов ведущих университетов России, в первую очередь МГУ. Взаимодействие преподавателей высшей и средней школы в Сириусе происходит по следующим основным направлениям: а) психолого-педагогические особенности работы с одарёнными детьми, б) методика подготовки учащихся к олимпиадам высокого уровня, в) организация и проведение раз-

личных этапов ВОШ, г) развитие предметных компетенций учителей в основных разделах химии – неорганической, органической, физической и аналитической.

В отличие от образовательных программ для школьников, учительские программы – короткие, не более 7 дней. Большую часть времени занимают практикумы – лабораторный и задачный, остальное – лекции по теме программы и круглые столы по актуальным вопросам школьного химического образования. Последние особенно интересны для всех участников, они всегда проходят активно и неформально. На них обсуждаются содержание олимпиадных заданий и материалов государственной аттестации, методические аспекты подготовки школьников к олимпиадам, особенности нормативных документов, популяризация химии и многое другое. Дискуссии с учителями во многом повлияли на формирование повестки Всероссийского съезда учителей и преподавателей химии, который состоялся в Сириусе в ноябре 2023 года [10].

Отбор учителей на программы повышения квалификации осуществляется на основе результатов дистанционного тестирования и оценки резюме и рекомендательных писем, в первую очередь от региональных центров, работающих с учетом опыта «Сириуса». На программы не допускаются студенты вузов, даже если они преподают в школах. Но при этом до 20 % мест отдаётся молодым учителям, имеющим стаж работы не более 5 лет.

#### **4. Сириус.Курсы**

В 2017 году в Сириусе возникло новое направление работы – онлайн-курсы. Первые курсы были посвящены математическим дисциплинам, однако из-за пандемии коронавируса к ним довольно скоро добавились и онлайн-курсы по химии. Весной 2020 года была отменена апрельская образовательная программа по химии, и коллектив преподавателей химического факультета МГУ создал дистанционный курс для учеников 8 класса – участников программы. Сегодня Сириус.Курсы – это более 400 тысяч учеников на платформе [11] и 45 открытых онлайн-курсов по математике, программированию, искус-

ственному интеллекту, лингвистике, физике, биологии и химии. Открытые курсы являются полностью бесплатными, отсутствуют какие-либо входные ограничения в любой из курсов, проще говоря, курсами могут пользоваться все желающие. Отметим, что помимо открытых онлайн-курсов существуют и закрытые курсы дистанционного сопровождения участников очных образовательных программ, о которых мы расскажем далее.

Сегодня на онлайн-платформе Сириус.Курсы существует пять открытых курсов по химии: «Дополнительные главы химии» (отдельно для каждого класса 8–11) и спецкурс «Химия комплексных соединений». Методически каждый курс построен по единому принципу: он состоит из учебных модулей, которые соединены логическими связями в учебную карту. В самом начале открыт единственный модуль (например, в курсе 8 класса это – «Химическая формула и способы её определения»), после успешного изучения которого открываются новые модули. Таким образом, можно двигаться по карте модулей в удобном для каждого слушателя темпе. Каждый учебный модуль имеет в своём составе три обязательных элемента: видеолекции с подробным конспектом, упражнения с автоматической проверкой и задачи с видеоразбором. Для того чтобы пройти модуль и дальше двигаться по карте и изучать новые модули, необходимо решить 70 % упражнений с автоматической проверкой. После завершения обучения и получения зачёта по всем модулям слушателю выдаётся сертификат об окончании курса, а в случае решения 100 % упражнений – сертификат с отличием. Сами упражнения разнообразны как по типам, так и по сложности. Приведём несколько примеров упражнений из курса «Дополнительные главы химии. 9 класс».

#### Задачи тестового типа

1. На каких подуровнях расположены валентные электроны атома брома?

3p	4p	4s
3d	4d	3s

Ответ: 4s и 4p.

2. Из каких веществ **нельзя** в одну стадию получить бертолетову соль?

HCl

Cl<sub>2</sub>

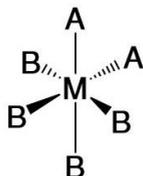
KOH

KBrO<sub>3</sub>

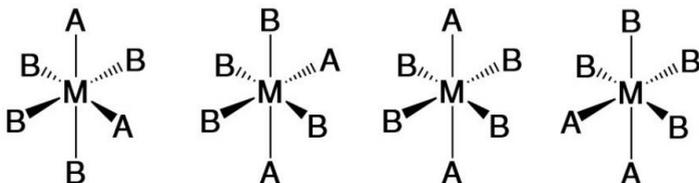
O<sub>2</sub>

Ответ: HCl и O<sub>2</sub>.

3. Октаэдрическая комплексная частица [MA<sub>2</sub>B<sub>4</sub>] имеет 2 геометрических изомера. Один из изомеров изображен ниже:

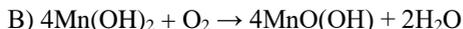
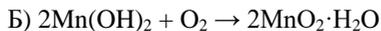
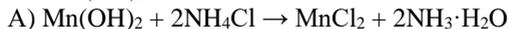


На рисунке укажите второй изомер.



Ответ: второй справа.

4. Какие из приведенных реакций демонстрируют основные свойства Mn(OH)<sub>2</sub>?



Ответ: А и Г.

Задачи с открытым ответом

5. Через подкисленный серной кислотой раствор дихромата калия пропустили 33,6 л (н. у.) сернистого газа. При этом только половина присутствующего в растворе дихромата калия восстановилась.

Рассчитайте массовую долю дихромата калия в исходном растворе, если масса раствора была равна 1 200 г.

Ответ приведите в процентах с точностью до десятых.

*Ответ:* 24,5.

6. Оксид хрома(VI) является сильным окислителем: в сухом виде он способен вызвать горение спирта. Напишите уравнение реакции взаимодействия  $\text{CrO}_3$  с этиловым спиртом  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ .

В ответе приведите сумму всех коэффициентов в уравнении химической реакции. (Коэффициенты – минимальные натуральные числа).

*Ответ:* 12.

7. Комплексный ион  $[\text{Mn}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$  имеет октаэдрическое строение, тип гибридизации центрального атома  $sp^3d^2$ . Чему равен эффективный магнитный момент комплекса?

Ответ приведите в мБ с точностью до сотых.

*Ответ:* 5,92.

#### Задачи на сопоставление

8. Определите степень окисления кислорода в приведённых ниже веществах. Каждому веществу поставьте в соответствие необходимое число.

- |                            |           |
|----------------------------|-----------|
| А) $\text{O}_2$            | 1) 0      |
| Б) $\text{Li}_2\text{O}$   | 2) $-1/2$ |
| В) $\text{Na}_2\text{O}_2$ | 3) $-1$   |
| Г) $\text{CsO}_2$          | 4) $-2$   |

*Ответ:* А – 1, Б – 4, В – 3, Г – 2.

9. Установите соответствие между реагентом и визуальным эффектом реакции при добавлении избытка разбавленного раствора гидроксида натрия.

- |                               |                                  |
|-------------------------------|----------------------------------|
| А) $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$ | 1) желтый осадок                 |
| Б) $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$ | 2) красный осадок                |
| В) $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ | 3) прозрачный бесцветный раствор |
| Г) $\text{AgNO}_3$            | 4) синий осадок                  |
| Д) $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ | 5) белый осадок                  |
|                               | 6) коричневый осадок             |

*Ответ:* А – 3, Б – 5, В – 4, Г – 6, Д – 1.

10. Установите соответствие между комплексом и геометрией окружения его центрального атома.

- |                         |                |
|-------------------------|----------------|
| А) $K[HgCl_3]$          | 1) линия       |
| Б) $[CoCl(NH_3)_5]Cl_2$ | 2) треугольник |
| В) $H[AuI_2]$           | 3) квадрат     |
| Г) $K_3[Fe(C_2O_4)_3]$  | 4) октаэдр     |
| Д) $[Ni(H_2O)_6]SO_4$   |                |
| Е) $K_2[Ni(CN)_4]$      |                |

*Ответ:* А – 2, Б – 4, В – 1, Г – 4, Д – 4, Е – 3.

11. Установите соответствие между реагентами и основными продуктами реакции.

- |                                    |                                |
|------------------------------------|--------------------------------|
| А) $Cr_2(SO_4)_3 + K_2CO_3 + H_2O$ | 1) $K_2CrO_4 + H_2O$           |
| Б) $K_2CrO_4 + K_2SO_3 + H_2O$     | 2) $Cr(OH)_3 + K_2SO_4 + KOH$  |
| В) $K_2Cr_2O_7 + KOH$              | 3) $K_3[Cr(OH)_6] + K_2SO_4$   |
| Г) $K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4$ (конц.)  | 4) $Cr(OH)_3 + K_2SO_4 + CO_2$ |
| Д) $Cr_2(SO_4)_3 + KOH$ (конц.)    | 5) $CrO_3 + KHSO_4 + H_2O$     |

*Ответ:* А – 4, Б – 2, В – 1, Г – 5, Д – 3.

Число заданий в каждом модуле варьируется от 10 до 20. В курсах найдутся упражнения и непосредственно по материалам лекции на одно логическое действие, и задания, требующие расчётов, вдумчивых размышлений. Задачи с видеоразбором предлагаются слушателям в качестве дополнения к модулю. Несмотря на то что они обязательны к выполнению, мы рекомендуем просматривать авторские разборы. Как правило, это задания повышенной сложности, и в разборе часто предлагается несколько вариантов решений, а также приводится дополнительная интересная информация, которая не вошла в материалы лекций.

Важной особенностью курсов является возможность задавать вопросы по всем лекциям и упражнениям. Команда методистов оперативно отвечает и помогает найти ошибки в решении или указывает на верный подход к успешному выполнению заданий. Часто попадают слушатели, которые задают весьма интересные и неожиданные вопро-

сы и заставляют нас самих искать информацию, например в научных статьях.

Курсы линейки «Дополнительные главы химии» позволяют самостоятельно пройти полноценный курс химии. Однако они не являются полным дублированием школьной программы или её заменой. При создании курсов мы руководствовались идеей позволить слушателям под другим углом взглянуть на знакомую школьную химию, и, конечно, расширить и углубить эти знания. Курс 8 класса – это изучение базовых основ химии: языка химии, особенностей строения вещества, первых сведений о химии элементов. Курс 9 класса – это переосмысление химии элементов. В этом курсе мы ставили цель не просто описательно изучать неорганическую химию, а установить закономерности, благодаря которым можно не просто объяснить, но и предсказать свойства тех или иных веществ. Приведём простой пример: изучение переходных металлов в школе, как правило, ограничивается несколькими элементами (хром, марганец, железо, медь, серебро и цинк). Химия этих элементов настолько разнообразна и не похожа друг на друга, что в головах многих школьников образуется «каша» из множества реакций и создаётся ложное впечатление о неорганической химии как зубрёжке реакций. Мы же в самом начале этого раздела ввели модуль «Общие сведения о химии переходных металлов», где подробно разбираем, как электронное строение влияет на химические свойства, как изменяется устойчивость высших и низших степеней окисления и почему это происходит. После этого дальнейшего изучения становится логичным, явно просматриваются все закономерности.

Курс 10 класса – самый большой, он включает 19 модулей и посвящён органической химии. В нём рассматривается химия всех основных классов органических соединений. Этому предшествует изучение электронного строения органических соединений и механизмов органических реакций: эти два модуля являются необходимым фундаментом для дальнейшего успешного изучения и, как показала практика, неким «ситом» или входным контролем.

Завершает линейку курс 11 класса, полностью посвящённый физической химии. Он состоит из трёх тематических блоков: строение вещества, химическая термодинамика и химическая кинетика. Для начинающих этот курс довольно труден, но при углублённом изучении очень полезен, так как авторы хорошо показывают, что именно физическая химия на единой теоретической основе объясняет все химические явления. Кроме того, физическая химия требует некоторой математической культуры, в частности знания логарифмов и степенных функций. В актуальную версию курса добавлено большое число простых упражнений на понимание, хотя и расчётные задачи тоже встречаются.

Еще один открытый онлайн-курс посвящен химии комплексных соединений. В нём мы рассматриваем координационные соединения переходных металлов с самых основ (номенклатура, изомерия) до описания химической связи, свойств, устойчивости и механизмов реакций комплексных соединений. Особое место занимает модуль по способам синтеза комплексов.

Химия – наука экспериментальная, поэтому на онлайн-курсах мы начали внедрять запись демонстрационных опытов. Такие видео есть в курсах 8 и 9 классов, они соответствуют материалам лекций, очень хорошо сняты, наглядны и зрелищны. Помимо звукового сопровождения, опыты снабжены текстовым кратким описанием и уравнениями реакций. Курс «Химия комплексных соединений» сопровождается видеозаписями выполнения синтеза комплексов переходных металлов.

Открытые курсы доступны не всегда: они открываются на три месяца изучения, в течение первых двух месяцев можно поступить на курс, после чего возможность записаться закрывается. При этом к материалам открытых слушателем модулей можно вернуться в любой момент – даже после закрытия курса, однако решать упражнения уже не получится. Не успев пройти курс, можно записаться на него при новом запуске, причём весь прогресс по пройденным модулям сохраняется. Между запусками одного и того же курса, как правило, прохо-

дит две–четыре недели, во время которых учебные материалы дорабатываются по итогам анализа прохождения курса учениками и с учётом заданных ими вопросов. Подробное расписание всех курсов доступно на платформе Сириус.Курсы [12].

В начале раздела мы сообщили, что помимо открытых онлайн-курсов есть закрытые дистанционные курсы сопровождения участников очных образовательных программ. Идея заключается в постоянной связи школьников, однажды побывавших на очной программе, с Образовательным центром. Структура таких курсов состоит из учебных модулей, которые открываются слушателям с определённой периодичностью, а также задачного практикума. В задачном практикуме два раза в неделю для слушателей появляются задания, на решение которых отводится две недели. Решение оформляется участником и присылается на проверку. Преподаватели проверяют его и отвечают подробным комментарием, если в нём содержатся недочёты. Пока задача открыта, можно исправить недоработанное решение и прислать новое, улучшенное. После закрытия задачи публикуется авторское решение, которое мы всегда советуем изучить слушателям, даже если они получили высший балл – там можно найти новые ценные мысли, альтернативные подходы к решению и полезные навыки. По завершении таких курсов участникам выставляются зачёты, благодаря которым они попадают в последующие курсы сопровождения и могут оставаться на связи с преподавателями Сириус.Курсов фактически до конца обучения в школе.

## **5. Новые направления работы**

Методическая служба «Сириуса» (точнее, Фонда «Талант и успех») работает очень активно ещё в нескольких направлениях. Один из новых проектов – «Школы – ассоциированные партнёры Сириуса». Проект начался в 2023 году с математики, физики, информатики, а в 2024 году добавятся химия и биология. Ключевая мысль следующая: «Сириус» помогает региональным школам растить кадры для региональной экономики. На первой стадии реализации проекта во многих регионах России школы – ассоциированные партнёры «Сири-

уса» открыли профильные классы, в которых, помимо углублённого изучения предмета на уроках, началась проектная деятельность с привлечением региональных партнеров. «Сириус» готовит для этих школ все методические материалы к урокам (как для учащихся, так и для учителей), помогает с внеурочной деятельностью и дополнительным образованием и обеспечивает методическое сопровождение школ.

В создаваемой программе по химии мы будем ориентироваться на совершенно новые учебники, созданные коллективом химического факультета [13, 14] для углублённого изучения химии в 8 и 9 классах по новому стандарту. Эти учебники заслужили высокие оценки экспертов и готовы к печати.

Второй большой проект называется «Педагогика талантов». Его основная цель – получение дополнительной квалификации в области образования и педагогических наук лицами, проходящими обучение по непедagogическим направлениям подготовки и специальностям высшего образования. Этот проект, как и проект «Школы – ассоциированные партнеры Сириуса», начался в 2023 году с физики, информатики и математики, а в 2024 году добавятся химия и биология. Оптимальные формы работы ещё ищутся и, вероятно, будут учитывать специфику предметов. В целом программа переподготовки занимает 500 часов, которые включают предметную подготовку, психолого-педагогические вопросы и стажировки в ОЦ «Сириус», Президентском Лицее «Сириус» и ведущих общеобразовательных организациях страны.

Оба проекта по химии находятся в первоначальной стадии, мы будем следить за их развитием.

## **Выводы**

Сотрудничество в области химии ОЦ «Сириус» с МГУ и другими ведущими российскими университетами имеет очень широкий и разнообразный характер.

Прежде всего, за 7 лет, начиная с 2017 года, создан работающий механизм выявления, развития и профессиональной поддержки детей, проявивших выдающиеся способности в области химии. Он включает

ежегодные образовательные и научные программы, в которых за всё время приняли участие около 2 500 школьников 8–11 классов. На этих программах школьников не только готовят к олимпиадам, но и рассказывают о современном состоянии химии, наиболее интересных и важных задачах, которые она решает, о профессии химика и перспективах научной карьеры.

Курсы повышения квалификации учителей, проходящие параллельно с программами для детей, помогают продвигать идеи «Сириуса» в учительской среде, способствуют профессиональному развитию наиболее активных и мотивированных учителей. На курсах обсуждаются проблемы работы с одарёнными детьми, на углублённом уровне обсуждаются трудные вопросы школьной химии, рассматриваются проблемы методики преподавания химии. В этих курсах уже приняли участие более 350 учителей.

Большая совместная работа ведётся «Сириусом» и МГУ в области популяризации естественных наук. Открытые курсы химии на платформе Сириус.Курсы помогают приобщиться к химии всем желающим. Каждый курс по форме представляет собой систему из 15–20 взаимосвязанных модулей, посвящённых конкретным темам. По содержанию эти курсы можно охарактеризовать как дополнительные к школьной программе главы химии. Число слушателей на этих курсах уже превысило 65 тысяч. Справедливости ради необходимо сказать, что сертификат получают не более 10 % от числа записавшихся на курс. Всё-таки пройти курс полностью – это большая работа, в том числе и над собой.

Активная совместная методическая и организационная работа «Сириуса» и МГУ в области химического образования продолжается. Приглашаем читателей принять в ней участие.

**Благодарность.** Авторы очень признательны Антону Сергеевичу Гусеву, заместителю руководителя Фонда «Талант и Успех», за внимательное отношение к данной работе и ценные замечания по её сути.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. *Еремин В.В., Гладилин А.К., Дроздов А.А.* Практические занятия по химии на программах для одарённых детей в образовательном центре «Сириус» // *Естественнонаучное образование: химический эксперимент в высшей и средней школе.* – М.: Изд-во Моск. ун-та. 2020. Т. 16. С. 174–188.
2. <https://sochisirius.ru/obuchenie/nauka> (направление «Наука» в ОЦ «Сириус»)
3. <https://sochisirius.ru/obuchenie/nauka/smena1690/7876> (апрельская образовательная программа по химии 2024 года).
4. <https://sochisirius.ru/obuchenie/nauka/smena1615/7699> (ноябрьская образовательная программа по химии 2023 года).
5. <https://sochisirius.ru/obuchenie/nauka/smena1687/7863> (февральская естественнонаучная образовательная программа 2024 года).
6. <https://www.chem.msu.ru/rus/sirius/library.html>.
7. <https://sochisirius.ru/obuchenie/nauka/smena1470/7376>.
8. <https://sochisirius.ru/obuchenie/nauka/smena1751/8108>.
9. <https://sochisirius.ru/edu/pedagogam>.
10. <https://teachersofchemistry.siriusconf.ru/>.
11. <https://edu.sirius.online/#/>.
12. <https://edu.sirius.online/schedule.pdf>.
13. *Еремин В.В., Дроздов А.А., Лунин В.В.* Химия. 8 класс. Учебник, углублённый уровень. – М.: Просвещение, 2024.
14. *Еремин В.В., Дроздов А.А., Лунин В.В.* Химия. 9 класс. Учебник, углублённый уровень. – М.: Просвещение, 2024.