

## ОБУЧЕНИЕ ХИМИИ В СУНЦ МГУ: ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ И МЕТОДИЧЕСКИЙ АСПЕКТЫ

**Морозова Н.И., Загорский В.В., Галин А.М., Менделеева Е.А.**

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

DOI 10.55959/MSU012061-2024-20-65-97

Школа при любом вузе несёт на себе его «отпечаток», транслируя реализуемые в нём подходы к обучению, соблюдая принятые традиции и так или иначе привлекая его ресурсы. Неудивительно, что главная особенность обучения в Специализированном учебно-научном центре МГУ, проявляющаяся во многих аспектах, состоит в том, что СУНЦ входит в структуру Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова на правах факультета. Что из этого следует?

СУНЦ МГУ – не московская школа, несмотря на то что территориально расположена в Москве. МГУ имеет федеральное подчинение, и в СУНЦ МГУ поступают старшеклассники со всей России. Несмотря на то что традиционно наша школа ориентирована на европейскую часть страны, в конкурсе ежегодно принимают участие и школьники из отдалённых от Москвы регионов. Среди учеников СУНЦ МГУ есть ребята из Тюмени, Новосибирска, Забайкальского края и других регионов. Всего в 2023 году жители Сибири и даже Дальнего Востока составляли 19 % абитуриентов химического отделения (и 11 % биологического). В то же время при несколько снизившемся общем конкурсе в 2021–2023 годах выросло относительное число абитуриентов из Москвы и Московской области. Это, видимо, связано с тем, что в постпандемийные годы родители опасаются отпускать своих детей жить в другом регионе.

Чтобы попасть учиться в СУНЦ, абитуриенты проходят конкурсный отбор. Вступительные испытания проводятся в два этапа. Первый этап испытаний до 2019 года проходил очно по регионам России, с 2020 по 2023 год поступающие выполняли задание дистанционно, в условиях прокторинга. Абитуриенты, поступающие в 10 классы химического отделения, на первом этапе сдают письменные экзамены по химии и математике (а поступающие в классы биологического отделения, кроме того, сдают и биологию). Задание по математике выполняется в течение двух часов, по химии и биологии – в течение часа. Существуют льготы для победителей и призёров предметных олимпиад – они проходят без экзаменов на второй этап.

Прошедших первый этап приглашают на второй – в Колмогоровскую летнюю школу, где на примере изучения нового материала проверяется способность к обучению, а сами школьники могут «примерить» на себя учебную нагрузку, расписание ученика СУНЦ и жизнь в общежитии. Общий конкурс на химическое и биологическое отделения в 2023 году составил 2,4 человека на место (зачислено 72 человека из 170 участников первого тура испытаний).

Большинство преподавателей профильных дисциплин преподают на различных факультетах МГУ или ведут там научную работу. Так, на кафедре химии работают 13 преподавателей, из них 4 – на полставки и 4 – на четверть ставки, то есть являются совместителями (а также 4 лаборанта по четверти ставки – студенты МГУ). Это вызывает некоторые проблемы с составлением расписания уроков – согласовать часы работы с расписаниями множества совместителей на их факультетах довольно сложно! Но привлечение специалистов даёт школьникам возможность получать не только знания, ограниченные программой (которая для профильных классов весьма продвинута), но и новости с самого переднего края науки. Преподаватели также участвуют в организации и проведении олимпиад, летних школ для старшеклассников, заочных школ, семинаров для школьных учителей, в создании новых курсов и учебных пособий.

Однако в первую очередь ребята обращают внимание на характер преподавания. Лекционно-семинарская система, принятая в СУНЦ, построена по университетской модели. Ещё одно следствие «родственных связей» СУНЦ и факультетов МГУ – практикумы для учащихся, проводимые на факультетах. Например, в учебном плане химического класса [1] – три семестровых практикума, которые стоят в сетке расписания и являются полноценными предметами. Во второй половине дня учёба не замирает: проводится множество различных дополнительных занятий. Спецкурсы всерьёз рассматривают отдельные области науки, по ним сдаются зачёты. Организуются экскурсии, встречи с учёными, конкурсы, научно-популярные лекции. Темы проектных или исследовательских работ школьников, обязательно включающих эксперимент, предлагаются как преподавателями кафедр, так и лабораториями факультетов МГУ, а также научно-исследовательских институтов, с которыми налажено сотрудничество.

Наличие в СУНЦ МГУ двух потоков – химико-биологического и физико-математического – определяет необходимость по меньшей мере двух программ по химии, принципиально различающихся своими целями, наполнением и временем, выделяемым на их изучение. Учащиеся химического класса обычно планируют своё дальнейшее обучение на факультетах МГУ и в других вузах химического, биологического и медицинского профиля. Поэтому одной из задач, стоящих перед преподавателями (но, разумеется, не единственной), является формирование у выпускников не только знаний и умений, требующихся для поступления в вуз, но и всего комплекса компетенций, необходимых для дальнейшего успешного обучения в МГУ и участия в его научной жизни.

Далее мы подробно рассмотрим, какими средствами это достигается.

### **Специфика программы и учебного плана**

Программа по химии для химического, биологического и естественнонаучного классов включает материал программы вступитель-

ных экзаменов по химии в МГУ и федеральной образовательной программы среднего общего образования (профильный уровень). В связи со спецификой направленности учебного заведения в программу введены следующие элементы:

**1. Химические теории, необходимые для построения логической структуры химии.** Так, знания о химических элементах и свойствах их соединений даются на основе расширения и углубления представлений о строении вещества, химической связи и закономерностях протекания реакций, рассматриваемых с точки зрения химической кинетики и термодинамики. Изучение периодического закона и периодической системы химических элементов базируется на современных квантовомеханических представлениях о строении атома. Химическая связь объясняется с точки зрения энергетических изменений при её образовании и разрушении, а также механизмов её образования. Изучение типов реакций дополняется формированием представлений об электрохимических процессах и электродных потенциалах. В курсе органической химии при рассмотрении реакционной способности соединений уделяется особое внимание электронным эффектам, взаимному влиянию атомов в молекулах и механизмам реакций.

Фрагмент основного содержания темы «Ароматические углеводороды» (10 класс): *Электронное и пространственное строение бензола с точки зрения теории гибридизации и резонанса. Аromaticность, правило Хюккеля, примеры ароматических соединений.*

Фрагмент основного содержания темы «Строение веществ» (11 класс): *Вещества молекулярного и немолекулярного строения. Зависимость типа кристаллических решёток и физических свойств веществ от типа связи. Методы описания химической связи. Метод валентных связей. Механизмы образования связей. Гибридизация орбиталей. Теория пространственного строения молекул Гиллести. Связь электронной структуры молекул с их геометрическим строением (на примере соединений элементов второго периода). Метод молекулярных орбиталей. Энергетические диаграммы молекулярных орбиталей.*

*Металлическая связь с точки зрения молекулярных орбиталей. Валентная зона, зона проводимости, запрещённая зона.*

**2. Обзор некоторых веществ и реакций, полезных для понимания химии в целом и обеспечения целостности курса.** Изучение дополнительного материала позволяет получить более полное и строгое представление о химических свойствах элементов и логически обосновать закономерности, выполняющиеся в химии.

Фрагмент основного содержания темы «Амины. Аминокислоты. Белки» (10 класс): *Азосоединения. Понятие об азокрасителях. Соли диазония: получение и химические свойства. Различия в химических свойствах ароматических и алифатических диазосоединений – реакция отщепления азота и устойчивость соответствующих карбкатионов. Реакции ароматических диазосоединений с выделением азота (замещение диазогруппы на галоген, гидроксильную группу и цианогруппу) и без выделения азота (азосочетание с аренами, имеющими заместитель с +M эффектом). Побочные реакции при диазотировании и азосочетании.*

Фрагмент основного содержания темы «Неметаллы» (11 класс): *Бор. Трифторид бора. Орто- и тетраборная кислоты. Тетраборат натрия.*

**3. Комплекс практикумов**, целями которого являются:

- поддержка курсов органической и неорганической химии для более эффективного их усвоения;
- практическое изучение методов анализа и разделения ионов;
- овладение простейшими экспериментальными навыками, необходимыми для дальнейшей работы в лаборатории;
- освоение правил техники безопасности при работе с химическими веществами и лабораторным оборудованием.

Предусмотренное число часов по химии в химическом классе, включая практикум, – 8 в неделю (табл.). Семинарские занятия преподаватели ведут вдвоём, для практикумов за основу берётся рекомендация химфака МГУ: один преподаватель на восемь человек. Препо-

даватель, работающий на полную ставку, имеет аудиторную нагрузку 12 академических часов в неделю согласно университетским нормам.

Курс органической химии (10 класс) рассчитан на 34 учебных недели и включает лекции (68 часов) и семинарские занятия (68 часов). Практикум по органической химии проводится во II семестре и рассчитан на 17 учебных недель (68 часов).

Курс общей и неорганической химии (11 класс) рассчитан на 32 учебных недели (с учетом раннего окончания учебного процесса в связи с проведением ЕГЭ) и состоит из лекций (64 часа) и семинарских занятий (96 часов в I семестре и 32 часа во II семестре, всего 128 часов). Практикум по неорганической химии проводится во II семестре, рассчитан на 16 учебных недель (64 часов).

Практикум по качественному и количественному анализу (10 класс) проводится в I семестре и рассчитан на 17 учебных недель (68 часов).

Таблица

Число часов по химии (включая практикумы) в неделю  
для химического класса СУНЦ МГУ

Класс, семестр	Лекции	Семинары	Практикумы	Всего
10 класс I семестр	2	2	4	8
10 класс II семестр	2	2	4	8
11 класс I семестр	2	6	0	8
11 класс II семестр	2	2	4	8

Освоение некоторых тем программы по химии требует знаний, получаемых в рамках других предметов: математики, физики, биологии. И, наоборот, определенные знания по химии необходимы для изучения биологии. Взаимное согласование программ – один из аспектов сотрудничества между кафедрами СУНЦ МГУ.

Наиболее тесно сотрудничают кафедры химии и биологии, ведь химия – профильный предмет также в биологическом и естественнонаучном классах. Органическая химия имеет особенную актуальность для учащихся биологической направленности. Акцент делается на изучение природных источников органических веществ и их переработки, биологически активных веществ, химии процессов, протекающих в природе и живых организмах, экологических проблем и путей их решения. Для биологического класса предусмотрен практикум по органической химии, а для естественнонаучного, имеющего в том числе экологическую направленность, – по аналитической химии. Довольно часто учащиеся этих классов выбирают химические темы для проектных и исследовательских работ.

С кафедрой математики согласована программа по алгебре и началам анализа для химического класса, в результате чего ученики владеют необходимым математическим аппаратом к началу изучения соответствующих разделов химии. Например, когда начинается тема «Химическая термодинамика» (середина октября 11 класса), изучены показательная и логарифмическая функция, к теме «Химическая кинетика» (ноябрь 11 класса) ребята умеют решать простые дифференциальные уравнения.

Нельзя не упомянуть и о взаимодействии с факультетами МГУ. Химический факультет – «родительский» для кафедры химии СУНЦ МГУ. Большинство преподавателей кафедры его закончили. Химфак оказывает большую поддержку в виде практикумов по аналитической, органической и неорганической химии, которые проводятся на базе факультета. Представители факультета приезжают с лекциями, проводят экскурсии для учащихся, курируют часть исследовательских работ школьников. Каждый год несколько студентов химфака проходят в СУНЦ МГУ педагогическую практику. Многолетнее сотрудничество и «родственные связи» существуют также с факультетом наук о материалах. Первый заведующий кафедрой химии Юрий Михайлович Корнев – представитель обоих факультетов.

## **Формы взаимодействия преподавателя и ученика: адаптация к вузу**

С первых дней в СУНЦ МГУ школьник сталкивается с лекционно-семинарской системой преподавания профильных предметов вместо традиционной урочной системы. Психологически старшеклассники уже готовы переходить от уроков к лекциям и семинарам. Однако, когда они вдруг попадают в вуз, смена привычной формы обучения даётся тяжело. Многие первокурсники не сразу понимают, что лекции надо конспектировать, некоторые относятся к ним халтурно: оценки ведь не ставят. В первом семестре 10 класса СУНЦ происходит адаптация школьника к новой форме обучения.

На **лекциях** преподаватель излагает основное содержание курса, используя презентации и привлекая видеоролики химических экспериментов. Начиная читать лекции детям, необходимо помнить, что удерживать внимание начинающих слушателей трудно. Выступление должно быть, с одной стороны, ярким, с другой – чётким, логичным и систематичным. Нужно не просто «начитать материал, и пусть потом учат» (ужасный термин), а добиться понимания. Приёмы удержания внимания известны – делать паузы на забавные истории, вовлекать детей в диалог, показывать запоминающиеся иллюстрации и видео.

Это, разумеется, не исключает самостоятельной работы учащихся с пособиями и справочными материалами [2–4]. Для отсутствующих есть возможность посмотреть презентации и видеозаписи лекций на страницах сайта СУНЦ МГУ [5–7].

Работа на **семинарах** разнообразна. Обсуждаются моменты, вызвавшие затруднение в лекциях и домашних заданиях; выполняются несложные демонстрационные опыты; проводятся коллоквиумы; решаются задачи различного характера, а именно:

1. Короткие тренировочные работы, содержащие простые задачи на закрепление изучаемой темы. Например:



*Вариант X*

1) Возможна ли реакция между перманганатом калия и сульфидом натрия в щелочной среде? Ответьте, пользуясь таблицей стандартных потенциалов. Рассчитайте  $\Delta G^{\circ}_{298}$  этой реакции.

2) Чему равен рН раствора, в котором потенциал платины, насыщенной водородом, равен  $-0,236$  В?

3) Найдя  $E^{\circ}(\text{Cu}^{2+}/\text{Cu})$  и  $E^{\circ}(\text{Cu}^{+}/\text{Cu})$  в таблицах стандартных потенциалов, вычислите  $E^{\circ}(\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}^{+})$ .

2. Задания, направленные на выработку исследовательских навыков [8]. Учащиеся находят необходимые им данные в справочнике и делают выводы на их основании. Подобные задачи принципиально отличаются от обычных задач, предлагаемых школьникам: их невозможно свести к комбинированию всех данных условия с тем, чтобы получить похожий на правду ответ, так как данных в условии почти нет, нужно понять, какие величины требуются, и поискать их самостоятельно. Такие задания имитируют реальные моменты научной работы, когда исследователь должен принять решение, какими из имеющихся данных воспользоваться с той или иной целью, а каких не хватает и где их можно найти. Пример задания:

***Работа со справочником Лурье******Растворимость***

0. Найдите и изучите таблицу растворимости соединений в воде.

1) Найдите в таблице самую малорастворимую соль рубидия и вычислите молярную концентрацию её насыщенного раствора при  $20^{\circ}\text{C}$ .

2) Постройте графики зависимости растворимости  $\text{H}_2$  и  $\text{I}_2$  от температуры (в одних осях координат): а) в г/100 г воды; б) в моль/л. Какое из веществ растворимо лучше? Обоснуйте свою точку зрения.

3) Найдите в таблице растворимости два твёрдых вещества, растворимость которых сначала увеличивается, а потом уменьшается с увеличением температуры.

4) Сколько граммов  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  и воды надо взять для приготовления 200 г насыщенного раствора при  $60^\circ\text{C}$ ?

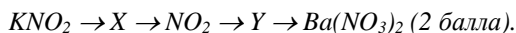
5) Сколько граммов  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  выпадет в осадок при охлаждении этого раствора до  $0^\circ\text{C}$ ?

3. Большие проверочные работы, содержащие задания вступительных экзаменов на различные факультеты МГУ:

### **Конкурсные задачи на тему «Азот-1»**

#### *Вариант 1*

1) (Хф-пр99) Напишите уравнения окислительно-восстановительных реакций, протекающих по схеме:



2) (Хф-90) Приведите не менее четырёх химических реакций, в результате которых может быть получен азот. Укажите необходимые условия проведения реакций (агрегатное состояние веществ, растворитель, катализатор, температура, давление (3 балла).

3) (Хф-91) Приведите уравнение реакции, в результате которой можно получить одновременно: а) оксид азота(II) и воду; б) оксид азота(IV) и воду (2 балла).

4) (Хф-98) Газ, полученный при действии избытка концентрированной азотной кислоты на 8,1 г серебра, пропустили через 120 г 8,0%-ного раствора гидроксида натрия, после чего раствор подкислили. Какая максимальная масса иода может образоваться при добавлении иодида калия к полученному раствору? (4 балла).

5) (Хф-пр90) Продукты сгорания 29,12 л смеси аммиака с кислородом пропущены последовательно через 100 г раствора фосфорной кислоты (массовая доля кислоты в растворе 39,2 %) и трубку с раскалённым углём. Объём газа при пропускании над углём не изменился и оказался равным 4,48 л. Вычислите массовые доли соединений, содержащихся в растворе, если объёмы газов даны при н. у. (5 баллов).

4. Олимпиадные задачи, решаемые коллективно, с обсуждением.  
Например:

(Всероссийская олимпиада школьников, 2008) При добавлении к 50 мл 1 М раствора гидроксида натрия 0,5 М раствора соляной кислоты температура образующегося раствора заметно повышается. Численные данные добавляемого объёма соляной кислоты и повышение температуры образующегося раствора представлены в таблице.

Объём HCl, мл	10	30	50	70	90	110	130	150	170
Повышение температуры, К	1,11	2,50	3,34	3,90	4,29	4,17	3,71	3,34	3,04

### Вопросы

1) Протеканием какой химической реакции обусловлено повышение температуры образующегося раствора? Запишите уравнение этой реакции в молекулярном и ионном виде.

2) Приведите формулы, необходимые для расчёта теплового эффекта реакции по данным таблицы. Рассчитайте тепловой эффект данной реакции (кДж/моль).

3) Рассчитайте максимально возможное повышение температуры в этом эксперименте. При каком соотношении реагентов оно будет достигнуто?

4) Рассчитайте максимальное повышение температуры, полученное при сливании 1 М растворов гидроксида калия и азотной кислоты. Постройте график зависимости повышения температуры от объёма добавленного раствора кислоты при добавлении к 50 мл 1 М раствора гидроксида калия 1 М раствора азотной кислоты.

Примерно раз в четверть проводятся **коллоквиумы**. Из-за того что экзамен по химии везде письменный, основной упор в обучении и контроле должен делаться на решение и проверку задач. Но как объяснить, насколько учащийся умеет мыслить – объяснять причины химических явлений и выводить их из строения атомов и веществ, обсуждать взаимодействие веществ в разных условиях, сравнивать свойства веществ и т. п.? На помощь приходит коллоквиум – это индивидуальная устная беседа с преподавателем по мотивам заданий:

Примеры задания коллоквиумов I четверти 10 класса и III четверти 11 класса:

**Коллоквиум «Введение в органическую химию»**

**Вариант 2**

1) Приведите пример углеводорода, молекула которого содержит 11  $\sigma$ -связей и одну  $\pi$ -связь. Это вещество не может существовать в виде цис-транс-изомеров. Определите тип гибридизации атомов углерода в этом веществе и дайте ему название по номенклатуре ИЮПАК.

2) Напишите структурную формулу соединения состава  $C_4H_9Br$ , обладающего оптической изомерией, и дайте ему название по номенклатуре ИЮПАК.

3) Сколько монохлорпроизводных образуется при взаимодействии 2-метилбутана с хлором на свету? Как изменятся продукты реакции при бромировании этого же вещества на свету?

4) Как из карбида алюминия в три стадии получить этан? Напишите уравнения реакций.

5) Какие два вещества вступили в реакцию, если в результате образовались вода и нитрометан? Напишите уравнение реакции.

**Коллоквиум «Неметаллы»**

**Вариант 2**

1) У какого из двух галогенов – Br или I – больше энергия диссоциации молекулы? Дайте объяснение.

2) Расположите кислоты в порядке увеличения силы: серная, теллуровая, селеновая (приведите формулы).

3) Избыток оксида азота(IV) прореагировал с раствором, содержащим в 1 л 1 моль гидроксида лития и 1 моль гидроксида рубидия. Какие вещества находятся после этого в растворе? Напишите все возможные формулы веществ и одну из реакций их образования.

4) Напишите уравнения реакций, иллюстрирующих схему превращений:



5) *Раствор бромида калия приливают по каплям в свежеприготовленную хлорную воду. Напишите уравнения реакций.*

На коллоквиуме школьник должен объяснить решение и продемонстрировать понимание тех законов и формул, которыми пользовался. Преподаватель оценивает не только результат выполнения этих заданий, но и логику рассуждений учащегося, и ответы на дополнительные вопросы.

В конце каждого семестра проводится **экзамен**: в 10 классе устный, приближенный по формату к большому коллоквиуму, а в 11 классе письменный. Письменный экзамен составляется из задач вступительных экзаменов прошлых лет на разные факультеты МГУ.

Еще одним элементом адаптации к вузу служат сдачи работ практикума, о которых будет написано отдельно.

### **Формы взаимодействия преподавателя и ученика: индивидуальная учебная траектория**

В химический класс СУНЦ МГУ попадают учащиеся разного уровня и разных интересов. Одни систематически побеждают в олимпиадах школьников и далеко продвинулись на этом пути, другие только приступают к участию в олимпиадах начальных уровней, третьи вообще не интересуются успехами в олимпиадах, делая акцент на освоение основной программы, достаточно сложной и объёмной. Одни активно занимаются научными исследованиями и выступают на конференциях, другие более склонны к прикладным проектам, третьи не хотят посвящать проектной деятельности много времени. Кому-то более интересна физическая химия, кому-то – неорганика, кто-то планирует стать медиком... Возможность вывести каждого ученика на его собственную учебную траекторию осуществляется за счёт различных **спецкурсов и факультативов**, проводимых в послеобеденное время вне основного расписания уроков.

Спецкурсы, которые предлагают все кафедры, открыты для посещения любыми учащимися СУНЦ МГУ по их желанию, а какие-то из них кафедра может рекомендовать для определенного класса как

обязательные. Так, учащийся 11 химического класса обязан посещать один из двух курсов: «Олимпиадная химия» или «Подготовка к ЕГЭ по химии», но в них могут участвовать и ученики физико-математических классов. Список спецкурсов и факультативов меняется в зависимости от потребностей учащихся и возможностей преподавателей.

Спецкурсы, предлагаемые кафедрой химии, делятся на три категории:

1. Занятия для продвинутых учащихся. Кроме большого спецкурса «Олимпиадная химия», проводимого три раза в неделю для «олимпиадников» разных уровней, сюда относятся курсы по узким темам: «Биохимия», «Основы медицины», «Механизмы органических реакций», «Физические методы исследования в химии», «Металлоорганическая химия» и т. д. В разные годы проводились спецкурсы «Термодинамика и кинетика быстрых экзотермических процессов», «Нанотехнологии», «Человек и окружающая среда», «Химия на английском», «Химические датчики» и другие.

Пример фрагмента рабочей программы спецкурса «Биохимия» (И.Д. Ожималов):

*Блок 2. Катаболические пути клетки.*

*Понятия катаболизма, анаболизма, метаболизма, транспорт глюкозы, гликолиз, энергетический выход, регуляция. Гормоны: инсулин и глюкагон.*

*Биохимические пути глюкозы в клетке. Цикл трикарбоновых кислот, энергетический выход, регуляция.*

*Электрон-транспортная цепь, полный расчёт катаболизма глюкозы.*

*Пентозо-фосфатный путь, режимы работы, энергетический выход, регуляция.*

*Вход моносахаридов в общий путь катаболизма. Окисление жирных кислот – альфа, бета, омега. Расчёт энергетического выхода окисления липида.*

*Катаболизм аминокислот, понятия кето/гликогенных аминокислот. Катаболизм азота. Цикл мочевины.*

*Катаболизм углеродных скелетов аминокислот.*

*Физиология пищеварения. Биохимические аспекты переваривания питательных веществ и их распределение в организме человека.*

*Катаболизм азотистых оснований. Консультация перед тестом.*

*Тест по второму блоку.*

2. Занятия для тех, кому нужно подтянуть свои знания. Это курсы «Подготовка к ЕГЭ по химии», «Решение заданий ДВИ по химии для абитуриентов», «Решение задач по химии для всех (10 класс)» и т. п. Ранее проводился курс «Органический ликбез», посвященный повторению, обобщению и структурированию материала по органической химии в 11 классе для подготовки к вступительному экзамену по химии в вуз. Сейчас по его материалам издано пособие для самостоятельного изучения [9]. Кроме рассмотрения характерных физических и химических свойств классов соединений, в программу этого спецкурса были включены такие темы, как изомерия и номенклатура органических соединений, идентификация органических соединений, взаимосвязь строения – свойства и формула – строение, обсуждение взаимодействия веществ (при неоднозначном результате взаимодействия), органические цепочки (восстановление уравнений реакций по полным и неполным схемам).

3. Нехимические факультативы, которые ведут преподаватели химии. Например, «Фотография», «Фехтование».

Также каждый учащийся химического класса должен за время обучения в СУНЦ (10–11 классы) выполнить во внеурочное время **индивидуальную проектную или исследовательскую работу** [10], которая была элементом подготовки к будущей научной деятельности задолго до того, как проект, согласно новым ФГОС, стал обязательным для школьников. Не секрет, что исходное представление учащихся о том, как работает наука, весьма расплывчато и базируется на

устаревшем содержании учебников и не всегда корректных публикациях в СМИ. Работа над проектом построена как модель научного исследования, в результате её выполнения школьник расширяет свой кругозор, приобретает навыки научной деятельности, развивает свои творческие способности и логическое мышление, учится представлять и обсуждать то, что получил в ходе эксперимента.

Работы проводятся как под руководством преподавателей СУНЦ, так и сотрудников и аспирантов факультетов МГУ и некоторых дружественных НИИ. Куратор от СУНЦ МГУ обеспечивает взаимодействие сторонних научных руководителей с учащимися и оперативно решает возникающие проблемы.

За первый месяц учебного года формируется перечень возможных тем исследовательских и проектных работ и происходит ознакомление школьников с ним. Однако сам по себе список тем, даже с аннотациями, недостаточен ни для мотивации к работе, ни для чёткого понимания, с чем учащимся предстоит работать. На сайте СУНЦ выкладываются сведения обо всех выполненных работах прошлых лет, откуда новичок может почерпнуть представление о тематике и особенностях проектов у разных потенциальных научных руководителей. Там же с красочными фотографиями рассказывается о конференциях, конкурсах и выставках, в которых эти работы участвуют [11]. Кроме того, традиционно в сентябре-октябре организуются экскурсии на факультеты МГУ и в НИИ, проводятся встречи с их представителями и потенциальными научными руководителями, иногда в СУНЦ читаются научно-популярные лекции по темам возможных работ. Так, в прошедшем году состоялись встречи учащихся с и. о. декана Химического факультета МГУ С.С. Карловым и куратором работы химфака со школьниками А.В. Вутолкиной, с представителями Факультета космических исследований МГУ, были прочитаны научно-популярные лекции М.Г. Хреновой о молекулярном моделировании и Л.А. Ваймугина о чистых веществах, организованы экскурсии на кафедры Химического факультета, в Институт нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева РАН и Институт общей и неорганической



химии им. Н.С. Курнакова РАН. Учащиеся выбирают темы сообразно своим индивидуальным интересам.

Приведём несколько примеров тем работ разного характера, выполненных за последние 5 лет. Начнем с чисто проектных работ (напомним, что проект и исследование – немного разные вещи: цель проекта – получить заранее неизвестным способом заданный результат (продукт), а цель исследования – изучить неизвестные характеристики заданного объекта или процесса).

*Проектные работы, выполненные в сотрудничестве с факультетами МГУ или НИИ:*

«Синтез комплексов меропенема с производными с носителями DD и их изучение с помощью спектроскопических методов» (2023, ХФ МГУ).

«Разработка новых антибактериальных материалов на основе мезопористых полимерных матриц» (2023, ХФ МГУ).

«Двухфазные магнитные обменно-связанные нанокompозиты на основе магнитотвердых частиц гексаферрита стронция» (2019, ФНМ МГУ).

Проектные работы, выполненные на базе СУНЦ МГУ под руководством преподавателей:

«Оптимизация метода титриметрии органических кислот с использованием полуавтоматического титратора» (2023).

«Создание визуальной таблицы растворимости» (2022).

«Синтез неорганических розовых красителей» (2021).

*Исследовательские работы, выполненные в сотрудничестве с факультетами МГУ или НИИ:*

«Определение пестицидов методом поляризационного флуоресцентного иммуноанализа» (2023, ХФ МГУ).

«Исследование влияния температуры синтеза на свойства катодного материала  $\text{LiMn}_{0.75}\text{Fe}_{0.25}\text{PO}_4$ » (2023, ХФ МГУ).

«Исследование поведения мономеров и осаждение полимеров в сверхкритическом диоксиде углерода» (2019, ИНЭОС РАН).

*Исследовательские работы, выполненные на базе СУНЦ МГУ под руководством преподавателей:*

«Качественный анализ природной воды на ионы тяжёлых металлов в р. Сетунь» (2023).

«Изучение влияния различных условий на протекание синтеза кристаллов меди» (2021).

«Определение кинетических параметров пероксидазы борщевика Сосновского в сравнении с пероксидазой хрена обыкновенного» (2020).

Работа начинается со сбора информации по выбранной теме, результатом чего является написание мини-варианта литературного обзора и короткий доклад по нему с постановкой целей и задач и обоснованием актуальности.

Далее следует этап эксперимента, анализ полученных данных и формулировка выводов. Основное требование – самостоятельность исследования. Разумеется, самостоятельность не доводится до абсурда. Никто не ожидает, что школьника допустят, например, к съёмке рентгенограммы или получению изображений на электронном микроскопе. В реальной науке также не практикуется, чтобы каждый учёный лично выполнял все анализы и виртуозно владел всеми методами, которыми характеризуется изучаемый им объект. Но как учёный, так и школьник, проводящий исследование, обязан иметь понятие о принципах, лежащих в основе всех используемых в работе методов, и интерпретации полученных результатов. Одна из задач научного руководителя – договориться об организации экспериментов, для проведения которых требуется специалист, и сформировать у учащегося представление о сути используемых методов. Руководитель обсуждает с подопечным полученные данные, помогает их проанализировать и сделать правильные выводы.

На защиту учащиеся выносят небольшое, но завершённое исследование, оформленное в виде тезисов доклада, которые кроме обоснования актуальности, целей и задач должны содержать краткое описание методики исследования, основные результаты, выводы

и список литературы. Работа защищается на кафедральной конференции «Кореневские чтения» в виде доклада на 3–5 минут (в зависимости от объёма) с презентацией. Целью преподавателей на защите является проверка понимания учащимся выполненного им эксперимента и отслеживание логики его рассуждений. Это выявляется в основном с помощью ответов школьника на вопросы, что требует особого внимания к формулировке вопросов и анализу ответов на них.

На защитах решается, какие из работ далее выйдут на московские, российские и международные конференции и выставки, какие могут рассчитывать на участие во «взрослых» конференциях. Даются рекомендации по корректировке, оформлению, написанию текстов в требуемом формате и изготовлению постеров.

### **Комплекс практикумов**

При разработке программ практикума мы отказались от подхода к школьному эксперименту по химии как к выполнению определенных операций по прописи и поставили перед собой цель сделать его действительно полезным для усвоения курса химии в частности и развития научного мышления в целом.

Лабораторные работы в рамках урока с ограничением по времени (45 минут) и по оборудованию (комплект школьного кабинета химии) не дают адекватного представления о работе химика. Химический практикум у химического, биологического и естественнонаучного классов СУНЦ МГУ – отдельный предмет в учебном плане. Практикумы в химическом классе проводятся каждую неделю в течение трёх из четырёх семестров, длительность занятия – четыре академических часа. Занятия проходят на химическом факультете МГУ, что даёт не только хорошую материальную базу для экспериментальной химии, но и возможность для школьников ощутить себя частью университетского сообщества.

Практикум по аналитической химии направлен на изучение качественных реакций на неорганические ионы, овладение методикой качественного анализа смесей, изучение объёмных методов анализа (титриметрии): овладение техникой титрования, приготовления рас-

творов с точной концентрацией и методами титриметрического анализа растворов. Цель практикумов по органической и неорганической химии – поддержка соответствующих теоретических курсов для более эффективного их усвоения. В практикуме по органической химии происходит освоение приёмов разделения, синтеза и анализа органических веществ. Практикум по неорганической химии состоит из демонстрационного эксперимента по свойствам элементов силами учащихся и индивидуальных работ по синтезу и очистке веществ с исследовательской компонентой.

К темам практикума привязано изучение правил техники безопасности и техники работы в лаборатории. В качестве примера приведём фрагмент программы практикума по неорганической химии:

#### ***Тема 4. Галогены***

*Техника безопасности при работе с галогенами.*

*Очистка газов. Применение промывалок и U-образных трубок. Сушка газов. Очистка газов от аэрозолей. Характеристика сухих газов, хорошо растворимых в воде: опыт «фонтан».*

*Демонстрационный эксперимент: 1) получение хлора и хлорной воды и изучение их свойств; 2) свойства брома и бромной воды; 3) агрегатные состояния и растворимость галогенов; 4) сравнение окислительно-восстановительных свойств галогенов и галогенидов; 5) получение и свойства хлороводорода; б) качественные реакции на галогенид-ионы.*

*Насыщение раствора газом. Различие в техническом оформлении для хорошо растворимых в воде газов ( $\text{HCl}$ ) и плохо растворимых ( $\text{Cl}_2$ ). Приемы упаривания, водяная баня. Запаивание вещества в ампулу.*

*Индивидуальная практическая работа (по выбору преподавателя или учащегося): получение галогенов; синтез безводных галогенидов металлов; получение галогенатов; получение галогенидных комплексов.*

Каждому практическому занятию предшествует подготовительная работа учащихся дома. Отчётность – оформление лабораторного

журнала и заключительная индивидуальная беседа с преподавателем по каждой работе, а в конце курса – зачёт.

Рассмотрим, как протекает занятие с демонстрационным экспериментом в практикуме по неорганической химии [12].

В процессе подготовки учащийся изучает правила техники безопасности и приёмы работы в лаборатории и готовит в лабораторном журнале таблицу отчёта: заполняет графы «название опыта» и «проведение опыта». Умение кратко и схематично описать опыт присуще не всем школьникам, многие начинают с банального переписывания методического руководства. При сдаче работы на это обращается внимание, и к окончанию курса умение должно быть сформировано.

Во время занятия демонстраторы, назначенные преподавателем, берут у лаборанта необходимое оборудование и реактивы, собирают приборы (если нужно), просматривают, всё ли необходимое находится под рукой. Преподаватель в это время проверяет лабораторные журналы и беседует с остальными учащимися. Далее начинается демонстрационный эксперимент. Демонстраторы показывают опыты так, чтобы всей группе было видно происходящее, и громко комментируют свои действия. Остальные учащиеся записывают наблюдения и умозаключения, делают рисунки. Преподаватель обращает внимание на важные моменты проводимых опытов, задаёт вопросы. Он может отменить какой-либо опыт (чаще всего при недостатке времени отменяются опыты, доказывающие, что какая-то реакция не идёт) или провести дополнительный опыт (например, разъясняющий какой-либо неочевидный момент).

Учащиеся записывают в лабораторный журнал все уравнения реакций, соответствующие их наблюдениям, и выводы. Адекватному наблюдению приходится учить, неподготовленные учащиеся нередко пропускают половину наблюдений. Хороший тест – попросить назвать наблюдаемые признаки реакции горения спички. Мало кто называет больше двух, а их явно не меньше пяти. Распространены также «псевдонаблюдения» – так, в качестве наблюдений к взаимодействию серы с кислородом ученики пишут: «Сера реагирует с кис-

лородом, образуется сернистый газ». Но в данной фразе нет ни одного наблюдения, это просто передача уравнения реакции словами.

Чтобы стимулировать учащихся к внимательному и эффективному наблюдению, была введена особая форма контроля. Учащимся предъявляются фотографии веществ и процессов, с которыми они знакомились на предыдущем занятии практикума, либо видеоролики. В качестве ответа должны быть представлены названия и формулы веществ либо уравнение реакции или название процесса.

Также школьники учатся различать выводы из опыта и умозаключения из конкретных наблюдений. Умозаключением является, например: «Бумажка потемнела, значит, образовался сульфид меди». Однако образование сульфида меди не может являться выводом из опыта «Сульфиды металлов», охватывающего несколько реакций солей металлов с сероводородом и сульфидом аммония. Выводы должны быть не частными, а обобщающими (пример частного вывода: «Сероводород реагирует с солями меди»; пример обобщающего вывода: «Сульфиды с относительно низкими значениями ПР выпадают в осадок при пропускании  $H_2S$  через растворы солей»).

В процессе сдачи работы преподаватель просматривает лабораторный журнал и беседует с учащимся, задавая вопросы. При этом могут корректироваться сделанные школьником умозаключения и выводы.

Индивидуальная работа проводится иначе. Чаще всего это синтез какого-либо вещества. Он может проводиться двумя способами: либо строго по методике (учебная работа), либо с модификациями или сопутствующим исследованием (исследовательская работа). Выбор способа осуществляется по согласованию с преподавателем заранее (при обсуждении индивидуального задания) или в процессе выполнения синтеза (если возникают интересные нюансы).

С целью научить самостоятельному планированию и постановке эксперимента в нашем практическом руководстве [12] мы стараемся отходить от подробного описания опытов и особенно от картинок с готовыми схемами приборов в пользу их разработки самими учени-

ками. 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 какое оборудование ему понадобятся, какие осушители и в каком узле использовать, как нагревать (или охлаждать). Например, описание синтеза нитрозилгидросульфата состоит из двух строчек:

*Пропустить смесь осушенных оксидов азота(II) и (IV) в стакан с концентрированной серной кислотой.*

Но к нему даются задания:

- 1) *Нарисуйте узел для получения смеси осушенных оксидов азота.*
- 2) *Напишите уравнение реакции получения смеси оксидов азота.*
- 3) *Нарисуйте узел для пропускания оксидов азота в серную кислоту.*

В результате подготовки в лабораторном журнале должно быть приведено название синтеза, уравнения всех проводимых реакций, необходимые расчёты, список требуемой посуды и реактивов, рисунки предполагаемых приборов, включая все узлы, места прикрепления штативных лапок, положение колец, нагревательных приборов, насосов, направление тока воды в холодильнике или поддува воздуха, а также ответы на вопросы. Переписывание методики из пособия не требуется.

В начале занятия преподаватель беседует с учащимся о предстоящей работе, указывает место для работы и даёт, если необходимо, дополнительные рекомендации, например изменить что-то в конструкции (не обязательно из-за ошибок ученика, но и из-за технических возможностей: скажем, ученик хочет использовать разборную ловушку, а её нет, зато есть U-образные трубки). Стоит согласовать эксперимент с соседями: например, неразумно располагать рядом горелку для одного синтеза и баню со льдом для другого.

Сразу после этого учащийся получает у лаборанта всё необходимое оборудование и реактивы. В лабораторном журнале по ходу работы учащийся очень подробно записывает всё, что делает, отмечает

все свои наблюдения, а также отклонения своих действий от методики. Приветствуется фотографирование, видеосъёмка.

Курс практикума завершается зачётом. Для успешной сдачи зачёта по неорганическому практикуму необходимо:

1. Уметь изобразить приборы и узлы (с указанием мест присоединения лапок, направления тока воды в холодильнике и того, что находится в частях прибора) и объяснить, для чего они нужны: горелки; узел для получения хлора, хлороводорода, сернистого газа, оксидов азота(II) и (IV) (в том числе осушенных); приборы для фильтрации; приборы для перегонки; узлы осушки; узлы насыщения раствора газом; аппарат Киппа.

2. Знать названия и предназначение химической посуды, технику сборки прибора на шлифах и без шлифов.

3. Знать основные правила техники безопасности при работе с водородом, галогенами, сероводородом, серной кислотой, азотной кислотой, фосфором, щелочными металлами.

4. Знать технику и теоретические основы очистки веществ перекристаллизацией, перегонкой, фильтрованием.

5. Знать методы сбора газов (водорода, кислорода, хлора, хлороводорода, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, NO, CO<sub>2</sub>), способы их идентификации (различения), получения и очистки.

6. Знать приёмы нагревания и охлаждения, состав охлаждательных смесей.

7. Уметь характеризовать и сравнивать кислотно-основные, окислительно-восстановительные, комплексообразовательные свойства веществ, а также их растворимость на основании простых химических экспериментов.

8. Уметь различать вещества (а также доказывать их присутствие) на основании простых химических экспериментов.

### **Химия для физико-математического отделения**

Главная цель преподавания химии в классах физико-математического отделения – развитие научного мировоззрения, понимания межпредметных связей химии с другими науками: физикой,



биологией, математикой, а также обеспечение общекультурного минимума знаний по химии для ориентации в современном мире. В связи с этим в программу, основанную на базовом образовательном стандарте среднего (полного) общего образования по химии, дополнительно включены:

1. Темы, связанные с экологической проблематикой и применением химии и химических веществ в человеческом обществе. Введение этого материала в программу имеет целью воспитать у выпускников грамотный и критический подход к псевдохимической информации в СМИ и способность ориентироваться в области экологии и производства. Например, при изучении органической химии даётся понятие о полициклических аренах (нафталин, бензпирены) и пестицидах (гексахлорциклогексан и ДДТ).

2. Физико-химический материал, введённый в программу в связи со спецификой направленности учебного заведения. Изучение данного материала учащимися физико-математического профиля обеспечивает понимание ими места химии среди естественных наук и её связи с физикой и полезно в дальнейшем при изучении физики. Физико-химические закономерности, как правило, имеют математическое выражение, и овладение ими может рассматриваться как практика применения математического аппарата для решения конкретных задач естественных наук. В качестве примера приведём фрагменты рабочей программы 11 класса:

*Строение атома. ... Квантовомеханическая модель атома. Волновая природа электрона. Электронное облако. Решение уравнения Шрёдингера для атома водорода. Квантовые числа, их происхождение и физический смысл.*

*Химическая термодинамика. ... Функции состояния. Стандартные условия. Энтальпия. Энтальпия образования, энтальпия сгорания, энтальпия фазовых переходов, потенциал ионизации, сродство к электрону, электроотрицательность, энергия химической связи. Энтропия с макроскопической и статистической точек зрения. Свободная энергия Гиббса. Критерий самопроизвольности процессов.*

В классах, где химия не является профильным предметом, на её изучение отводится один час в неделю. На наш взгляд, это очень мало: ведь в СУНЦ обучаются будущие физики и инженеры, которым крайне важно разбираться в свойствах веществ и материалов. Показательно, что на физическом факультете МГУ ввели курс химии, когда стало ясно, что она физикам необходима. Однако число часов в учебном плане ограничено санитарными нормами, и естественно, что при распределении учебной нагрузки на физико-математическом отделении предпочтение отдаётся физике и математике.

Спасает ситуацию то, что учащиеся, поступившие в СУНЦ, как правило, имеют личностные характеристики, благоприятствующие эффективному обучению: хорошую память, достаточную скорость мыслительных процессов, относительно развитое логическое мышление. Поэтому большинство учащихся способно освоить предлагаемую программу.

С другой стороны, при обучении в непрофильных классах возникают очевидные проблемы:

- 1) отсутствие у большинства учащихся мотивации к изучению химии;
- 2) отсутствие у многих учащихся базовых знаний по химии при формально положительной оценке за 8–9 классы.

Чтобы мотивировать учеников, нужно сделать химию интересной для целевой аудитории. Для этого, в частности, и введён в программу физико-химический материал, систематически демонстрируется применение математического аппарата для решения различных химических проблем. Важен грамотный подбор фотографий и видеороликов, иллюстрирующих изложение материала [13]. Хорошо воспринимаются в презентациях операции с объектами, знакомыми учащимся (например, понятие о перегретой жидкости закрепляется опытом с нагреванием воды в микроволновой печи и последующим добавлением кофе), фрагменты из художественных и документальных фильмов (так, в теме «Галогены» демонстрируется отрывок из фильма «На западном фронте без перемен», показывающий действие боевых

отравляющих веществ, а в теме «Переходные металлы» – кадры документальной съёмки исследователя Кусто, снятые на Амазонке при добыче золота с использованием амальгамы). Следует учитывать, что химические эксперименты с «ожидаемыми» результатами (вспышки и взрывы) запоминаются хуже, чем проведённые неожиданным образом (например, дегидратация сахара серной кислотой).

Кроме того, яркий отклик у учащихся находят напоминания или рассказы о некоторых исторических фактах, связанных с изучаемыми веществами. Например, в теме «Галогены» учащиеся знакомятся с последствиями первой газобаллонной атаки: 22 апреля 1915 года на англо-немецком фронте 180 т хлора поразили за пять минут 15 тысяч человек. Инициатором применения хлора в качестве оружия был талантливый химик Фриц Габер. На том же уроке рассказывается про малоизвестное событие первой мировой войны – подвиг защитников русской крепости Осовец. Отравленные хлором умирающие солдаты и офицеры смогли пойти в контратаку, которая вошла в историю как «атака мертвецов». Кислородное соединение – хлорат калия (бертолетова соль) – применялось для поджигания противотанковых бутылок в годы Великой Отечественной войны. Но еще одно применение бертолетовой соли оставило в истории России мрачный след: на основе хлората калия были сделаны запалы бомб, применённых террористами для убийства Александра II и высших чиновников.

Слабые знания по химии, выявляемые на входном тестировании, могут быть скорректированы с помощью консультаций и спецкурсов, таких как «Решение задач по химии для всех». Но стоит заметить, что посещение спецкурсов добровольное, и без желания учащегося исправить ситуацию его знания так и останутся недостаточными.

### **Дистанционная поддержка обучения**

Ввод дистанционных компонентов в очное обучение особенно актуален из-за выпадения многих сильных школьников из учебного процесса. Поездки на олимпиады, сборы к ним, исследовательские школы, проектные смены и т. п. отбирают время от учёбы в классе. Кроме того, уровень здоровья школьников ухудшается, дети чаще

пропускают учёбу по болезни. Дистанционная поддержка также играет большую роль в обучении физико-математических классов из-за малого количества выделенных очных часов.

Материалы всех курсов (видеозаписи лекций и важных семинаров, где разбираются сложные моменты; тексты пособий; тесты и задачи, в том числе домашние задания и самостоятельные работы; ссылки на дополнительную информацию) размещены в интернете: курс органической химии для профильных классов в свободном доступе [5], для остальных курсов открыты только лекции и пособия [6, 14, 15], а интерактивная часть доступна школьникам, зарегистрированным в Центре дистанционного обучения СУНЦ МГУ [16]. Центр дистанционного обучения использует платформу Moodle.

Элемент «задание» в этой системе даёт возможность не только ознакомиться с условиями задач самостоятельной работы, но и загрузить решение и получить обратную связь от преподавателя (баллы и комментарии). Широко используются также тесты с автоматической проверкой – как в курсах для непрофильных классов, так и в спецкурсе «Подготовка к ЕГЭ по химии».

В курс химии для 11 физико-математических классов входят 30 видеолекций по физической и неорганической химии, презентации и сопроводительные тексты. Кроме того, созданы тренировочные задания по материалам лекций (25 комплектов), разбор заданий и 17 сетевых контрольных работ [17]. Сетевые работы – не только способ контроля знаний в непрофильных классах, но и стимул учащемуся ещё раз вернуться к лекции, повторить какие-то фрагменты, посмотреть разбор заданий. Ведь первичная неудовлетворительная оценка – не приговор, школьник может решать задание несколько раз и совершенствовать свой результат. Такая система соединяет в себе контрольную и обучающую функции.

Для интересующихся школьников даются ссылки на дополнительную информацию. Например, в теме «Предельные углеводороды» для 10 профильных классов [5] приведены ссылки на дополнительные лекции «Радикальные реакции», «Разные интересные циклы» и на ви-

деоролик «Производство авиабензина». Курс для 11 класса [7] содержит ссылки на видео по металлургии «Самостоятельное получение железа: от руды до ножа», «Добыча и переработка урановой руды», «Как получают алюминий на Иркутском и Богучанском заводах». В теме «Химическая кинетика» для физико-математических классов [18] присутствует ссылка «Горит ли железо? Влияние разных факторов на скорость реакции», «Борис Павлович Белоусов – открыватель колебательной реакции», а также видео проведения колебательной реакции и её рецепт, и т. п.

### **Итоги обучения в СУНЦ МГУ**

Созданная система подготовки учащихся позволяет большинству из них не опасаться ни ЕГЭ, ни дополнительных вступительных испытаний. Практически 100 % выпускников химического отделения СУНЦ поступают в вузы; единичные случаи выпускников, не поступивших сразу после окончания СУНЦ (4 человека за последние 10 лет), связаны скорее с личными и семейными причинами, а не с низкой подготовленностью.

Всего за время существования химического класса СУНЦ МГУ его закончили 707 человек (данные на сентябрь 2023 года). Из них 75 % (530 человек) поступили в МГУ, а 53 % всех выпускников (376 человек) – на его факультеты, связанные с химией: химический факультет, факультет наук о материалах, факультет фундаментальной физико-химической инженерии. Однако следует иметь в виду, что эти суммарные проценты распределены по конкретным годам не поровну. Доля поступающих в МГУ снижается: в частности, за последние 10 лет с 79,2 % до 45,5 %. Такая тенденция отмечается не только для химического класса, у выпускников физико-математических классов она выражена гораздо ярче. Это связывается как с ростом межвузовской конкуренции (открытие новых факультетов в других вузах, их активные приёмные кампании, более высокие стипендии и т. д.), так и с отсутствием дополнительных вступительных испытаний в другие вузы, что облегчает поступление.

Какие вузы выбирают выпускники химического класса кроме МГУ? Некоторые ребята с самого начала планируют стать врачами и ориентированы на медицинские вузы (в меньшей степени на факультет фундаментальной медицины МГУ – не только из-за его преобладающей направленности на медицину как науку, но и из-за весьма небольшого набора). Часть поступает в другие химические вузы: РХТУ им. Д.И. Менделеева, РТУ МИРЭА (Институт тонких химических технологий им. М.В. Ломоносова), РГУНГ им. И.М. Губкина и т. п., кто-то – из желания специализироваться в определенной области химии, а кто-то – осозная, что в МГУ ему будет сложнее учиться. А некоторые школьники за два года обучения в СУНЦ понимают, что их интересы сместились от химии к другим профильным предметам – физике, математике или иным. Если они поступают в МГУ, то на иные факультеты – механико-математический, физический, факультет космических исследований, биологический, факультет биоинженерии и биоинформатики и другие.

Высокая мотивация к обучению, целеустремленность и работоспособность выпускников СУНЦ позволяют им активно участвовать в научной работе начиная с младших курсов [19]. В дальнейшем выпускники, как правило, выбирают научную либо педагогическую работу и успешно способствуют развитию высоких технологий и фундаментальной науки в России, что означает выполнение задачи, поставленной перед СУНЦ МГУ его основателями. Около 30 % выпускников СУНЦ МГУ защищают кандидатские диссертации. Среди наших выпускников – лауреаты конкурсов для студентов и молодых учёных: 5 из 13 преподавателей кафедры химии СУНЦ являются его выпускниками.

Школа Колмогорова, ФМШ-18 (так когда-то назывался СУНЦ МГУ) была основана как чисто физико-математическая школа. Однако после преобразования в СУНЦ в 1989 году и создания в ней новых направлений – химического, биологического – произошло существенное расширение набора профильных предметов. В результате на сегодняшний момент численность учащихся на физико-математическом

отделении сопоставима с таковой на химическом и биологическом отделениях. За годы, прошедшие с момента основания СУНЦ МГУ, было существенно увеличено количество преподавателей химии. Если посмотреть на различные параметры, характеризующие результаты работы отделений, то мы увидим, что химическое отделение ничуть не отстаёт от физико-математического по числу победителей и призёров олимпиад, количеству участников конференций и выпускников, поступающих в профильные вузы. Всё это показывает, что создание химического и биологического отделений было верным решением, оно вдохнуло в СУНЦ МГУ новую жизнь, сделало учебный процесс в целом более разнообразным.

На начальном этапе своего существования кафедра химии перепробовала различные методические приёмы и схемы организации обучения. Допущенные ошибки исправлялись, удачные находки становились традицией. За минувшие годы был накоплен большой методический опыт, прошедший своеобразный естественный отбор. Однако это ещё не значит, что нужно останавливаться на достигнутом. Мир не стоит на месте, меняются исходные знания и личностные характеристики учащихся, меняются требования вузов к абитуриентам и формы выпускных экзаменов, развиваются как химия и материаловедение, так и психологическая наука. Мы всегда открыты инновациям.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Учебный план СУНЦ МГУ. Химико-биологический профиль (класс с углублённым изучением химии) // СУНЦ МГУ. Школа им. А.Н. Колмогорова. – URL: <https://internat.msu.ru/media/uploads/2018/09/aesc-curriculum-chb-chim.pdf>.
2. Менделеева Е.А., Морозова Н.И. Органическая химия. – М.: ООО «Луч», 2020.
3. Морозова Н.И., Корнев Ю.М., Овчаренко В.П. Общая химия: пособие для 11 классов. – М.: ООО «Луч», 2021.
4. Морозова Н.И. Неорганическая химия: пособие для 11 профильных классов. – М.: ООО «Луч», 2020.

5. *Менделеева Е.А.* Органическая химия для 10ХМН // СУНЦ МГУ. Школа им. А.Н. Колмогорова. – URL: <https://internat.msu.ru/chemistry/tekushhaya-informatsiya-dlya-10l-n/organ-10lmn/>.

6. *Морозова Н.И., Загорский В.В., Жиров А.И.* Лекции // СУНЦ МГУ. Школа им. А.Н. Колмогорова. – URL: <https://internat.msu.ru/chemistry/tekushhaya-informatsiya-dlya-11l-n/lektcii/>.

7. *Морозова Н.И.* Химия для 11ХМН // СУНЦ МГУ. Центр дистанционного обучения. – URL: <https://cdo.internat.msu.ru/course/view.php?id=98>.

8. *Морозова Н.И., Колясников О.В.* Методические особенности подготовки химических задач для школьников СУНЦ МГУ // Естественнонаучное образование: методические основы разработки заданий по химии. Методический ежегодник химического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова. – М.: Изд-во Моск. ун-та. 2022. Т. 18. С. 85–97.

9. *Морозова Н.И.* Органический ликбез. Повторение органики для тех, кто не знал или забыл. – Калуга: Изд-во АКФ «Политоп», 2021.

10. *Колясников О.В., Морозова Н.И., Тишкин А.А.* О системе организации выполнения исследовательских работ учащихся на кафедре химии СУНЦ МГУ // Исследователь/Researcher. 2019. № 3. С. 109–114.

11. Творческие / исследовательские работы по химии // СУНЦ МГУ. Школа им. А.Н. Колмогорова. – URL: <https://internat.msu.ru/chemistry/tvorcheskie-issledovatelskie-raboty-po-himii/>.

12. *Корнев Ю.М., Морозова Н.И., Жиров А.И.* Практикум по неорганической химии: 2-е изд., перераб. и доп. – М.: МАКС Пресс, 2013.

13. *Загорский В.В., Миняйлов В.В., Морозова Н.И.* Образ химии в презентациях и мультимедийных заданиях для самостоятельных и контрольных работ // Естественнонаучное образование: взгляд в будущее. Методический ежегодник химического факультета МГУ им.М.В. Ломоносова. – М.: Изд-во Моск. ун-та. 2016. Т. 12. С. 156–164.

14. Материалы для 10 физ.-мат. классов // СУНЦ МГУ. Школа им. А.Н. Колмогорова. – URL: <https://internat.msu.ru/chemistry/materialy-dlya-10-fiz-mat-klassov/>.

15. Материалы для 11 физ.-мат. классов // СУНЦ МГУ. Школа им. А.Н. Колмогорова. – URL: <https://internat.msu.ru/chemistry/materialy-dlya-11-fiz-mat-klassov/>.

16. Курсы кафедры химии СУНЦ МГУ // СУНЦ МГУ. Центр дистанционного обучения. – URL: <https://cdo.internat.msu.ru/course/index.php?categoryid=10>.

17. *Загорский В.В., Морозова Н.И.* Дистанционный электронный курс «Физическая и неорганическая химия» // Актуальные проблемы преподавания гуманитарных наук в СУНЦ МГУ им. М В Ломоносова. – М.: ООО Макс Пресс, 2021. С. 62–70.



18. *Загорский В.В., Морозова Н.И.* Химия для 11 физ.-мат. классов СУНЦ МГУ. // СУНЦ МГУ. Центр дистанционного обучения. – URL: <https://cdo.internat.msu.ru/course/view.php?id=13>.

19. *Колясников О.В., Морозова Н.И.* Опыт оценки эффективности исследовательской работы старшеклассников с использованием библиографической системы «ИСТИНА» // *Естественнонаучное образование: проблемы оценки качества. Методический ежегодник химического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.* – М.: Изд-во Моск. ун-та. 2018. Т. 14. С. 146–158.