

ПРОЕКТНЫЕ ХИМИЧЕСКИЕ СМЕНЫ  
В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ЦЕНТРЕ «СИРИУС»,  
ОРГАНИЗОВАННЫЕ ИНСТИТУТОМ ХИМИИ СПбГУ

**Карцова А.А.**

*Институт химии СПбГУ*

DOI 10.55959/MSU012061-2024-20-156-171

Искусство – это я, наука – это мы.

*В. Гюго*

В статье рассмотрен опыт исследовательской деятельности школьников на примере проектных химических смен в образовательном Центре «Сириус», где успешно (для тех, кто учил, и для тех, кто учился!) работают проектные смены по химии, организованные преподавателями Института химии СПбГУ при надёжной поддержке волонтеров – студентов и аспирантов.

Проектная деятельность школьников – ещё одна грань единого образовательного процесса, способствующая готовности к постоянному самообразованию, приобретению опыта (и *вкуса!*) самостоятельной творческой деятельности, формированию значимых мотивов обучения. Ведь образование – не только цель, но и продвижение к цели. Поиск путей мотивации интереса к данному предмету остаётся приоритетной задачей. При этом важно не просто достигнуть определённого уровня освоения знаний, но и высокого уровня в их применении. Кажется, что это очевидно, но мы нередко сталкиваемся с ситуацией, когда факты знают, но приложить их и интерпретировать не могут. А ведь серьёзный прорыв в науке могут сделать лишь креативные, нестандартно мыслящие люди. Немаловажный аспект в организации исследовательской работы школьников – получение *нового* знания, возможность увидеть и понять, с какими материалами и какими

методами сегодня работают учёные. А знакомство («из первых рук») с профессией химика-исследователя позволяет сделать обоснованный прогноз и на свою будущую профессию. Всё это вносит в образовательный процесс эмоциональный комфорт и чувство сопричастности.

Какова же логика и каков замысел программ проектных смен?

Обучение в рамках данной Программы проходят учащиеся 9–11 классов (предпочтение отдавалось ученикам 10 классов), проявившие направленный интерес к химической науке и продемонстрировавшие высокую результативность как при освоении образовательной программы (что подтверждается дипломами Всероссийской олимпиады школьников и олимпиад списка РСОШ), так и в области научно-технологического проектирования (подтверждение – дипломы региональных и всероссийских конференций и конкурсов исследовательских работ). Количество поступающих заявок ~ 1 550. Общее количество участников проектной химической смены – 70 человек. В Программу была включена и стажировка учителей, которые, как и юные участники сессии, прошли достаточно серьёзный предварительный отбор. Межпредметный характер выполняемых исследовательских работ – тоже одна из целей задуманных для реализации проектных сессий. Перед тем как приступить к выполнению конкретного исследования, юные участники прослушали лекции, посвящённые основам той проблемы, которая будет решаться созданным научно-исследовательским коллективом, а последующие семинарские занятия позволяют проверить усвоенное. Хотя главная проверка выявляется при подготовке к итоговой научно-практической конференции, где, обсуждая будущее выступление и презентацию, участники моделируют в том числе и возможные вопросы, которые могут возникнуть. И они возникают!

Одинаков ли вклад участников проекта в его выполнение? Это бывает по-разному. Обычно во второй половине смены выделяются лидеры, те, кто работают лучше, размышляют интереснее. К ним подтягиваются остальные. Работа над проектами проходит в первую половину дня, до обеда. И конечно, после лабораторий участники смены

активно обсуждают между собой, что удалось получить, а где предполагаемые ожидания не сбылись. Эта «информированность» позволяет на итоговой конференции задавать интересные, а иногда неожиданные для авторов проекта вопросы. И не только! Крайне редко, но возникает и такая ситуация: один из участников, слушая восторженные отклики других, вдруг осознаёт, что более интересный проект он пропустил.

Хорошо известны слова Плутарха: «Ученик, не сосуд, который надо наполнить, а факел, который надо зажечь!» Кому может быть доступна эта миссия – зажечь такой факел? Как сделать так, чтобы участники проектной смены рассматривали цель, поставленную перед ними, как свою собственную? Руководители проектов – молодые кандидаты наук, держатели грантов, в недалеком прошлом успешные олимпиадники, ещё не забывшие свою первую Встречу с химической наукой и то творческое очарование ею, определившее их будущую профессию, также отстаивали своё право на участие в проектной образовательной смене в «Сириусе». Необходимыми условиями были профессионализм, эрудированность, незашоренность. Немаловажным являлся и выбор темы предлагаемого исследования – актуальной, значимой и понятной по востребованности. Именно химия сегодня стоит на стыке многих наук: биологии, медицины и других. В этой связи удачным оказалось включение в Программу двух проектов физиков СПбГУ. Свой педагогический опыт и опыт психолога приобретался (и передавался волонтерам, некоторые из которых становились позднее руководителями проектов) в процессе самих сессий, чему в существенной степени способствовали и ежедневные вечерние планёрки с анализом прошедшего дня: своеобразная *педагогическая мастерская*. Особенностью формирования небольших исследовательских коллективов с решением конкретной задачи являлась и грамотная организация работы в группе. Важная функция наставника – научного руководителя – на определённом этапе распределить конкретные роли среди исполнителей.

В целом Программа направлена на формирование у школьников представлений о современной методологии и технике лабораторного химического синтеза и анализа: участники сессий осваивали аппаратные возможности современных синтетических лабораторий; методы синтеза органических и неорганических соединений; современные физико-химические методы исследования вещества.

В Программу были также включены:

- научные и научно-популярные лекции приглашённых лекторов по наиболее интересным направлениям химической науки;
- эрудицион и олимпиадные тренинги; мастер-класс по решению олимпиадных задач и проведение муниципального этапа химической олимпиады;
- музыкально-поэтического вечер;
- экскурсия в Институт растениеводства (г. Сочи), что обусловлено тематикой одного из выполняемых проектов (см. ниже);
- научно-практическая конференция по итогам выполнения исследовательских проектов.

Но всё-таки главная задача – погружение в научно-исследовательскую работу. Как много вместил в себя этот путь длинной от 1 до 24 ноября!

Для предварительного выбора того или иного проекта за 10 дней до начала смены на сайте Сириуса размещались краткие презентации и аннотации предполагаемых проектов. На открытии проектной смены (1 ноября) руководители защищали перед аудиторией участников идеи, положенные в основу предлагаемых ими проектов, а учащиеся заносили в Гугл-таблицу свои приоритеты относительно выбора конкретного исследовательского проекта. Таким образом, состав научно-исследовательских групп (5–7 человек) формировался в первый день смены.

Диапазон тем исследовательских проектов весьма широк и разнообразен, что находится в хорошем соответствии с запросами участников сессии: от классических экспериментальных работ до моделирования химических процессов и конструирования микроустановок

для проведения химических реакций. Составители проектов учли и последние достижения химической науки, удостоенные Нобелевскими премиями в 2022 и 2023 годах (*клик-химия, квантовые точки*), что также нашло своё отражение в ряде проектов.

Вот только некоторые из реализованных проектов в ноябрьских проектных химических сменах, организованных Институтом химии СПбГУ.

*Проект «Хроматографический профиль антиоксидантов растений субтропических культур» (руководитель проекта Бессонова Е.А., к. х. н., доцент кафедры органической химии СПбГУ)*

Перед выполнением экспериментальных работ участников знакомили с теоретическими и практическими основами хроматографии и капиллярного электрофореза. Особое внимание уделялось разработке способов подготовки образцов растительного происхождения к анализу: очистка, концентрирование и выделение биологически активных соединений (БАВ). Исследованы объекты субтропического происхождения (чай и сорта цитрусовых культур), произрастающие в Краснодарском крае, плоды и листья которых имеют в питании человека большое профилактическое и лечебное значение и содержат такие биологически активные компоненты, как полифенолы, аминокислоты, витамины, сахара и органические кислоты. Методом высокоэффективной тонкослойной хроматографии (ВЭТСХ) с денситометрическим детектированием исследованы образцы Краснодарского чая (*бирюзовый, белый, золотой, зелёный, красный, Гоба, Колхида*) и селекционные образцы чая, предоставленные Институтом растениеводства (г. Сочи). Получены характеристические хроматографические профили БАВ и проведена их хемометрическая обработка. В итоге предложен экспрессный вариант определения кофеина, катехинов и аминокислот в чае и мандаринах методом ВЭТСХ с видеоденситометрическим детектированием. Выявлены доминирующие аналиты, определяющие различие между сортами чая.

*Проект «Синтез биосовместимых люминесцентных наноматериалов на основе соединений лантаноидов и квантовых точек графе-*

на» (руководитель проекта Мереценко А.С., д. х. н., доцент кафедры лазерной химии и лазерного материаловедения, Институт химии СПбГУ).

Одним из перспективных направлений, комбинирующих в себе подходы химии, материаловедения, биологии и медицины, является дизайн многофункциональных наноматериалов, среди которых наиболее востребованы гибридные наноккомпозиты на основе соединений редкоземельных элементов, содержащих как органические, так и неорганические вещества, что обусловлено их потенциальным применением в биологии (*красители для люминесцентной микроскопии*), медицине (*контрастные агенты для магнитно-резонансной и рентгеновской томографии*), аналитической химии (*электрохимические и люминесцентные сенсоры для обнаружения токсичных и взрывчатых соединений*) и др. Синтезированы неорганические нанокристаллические люминофоры на основе соединений  $M\text{LnF}_4$  ( $M = \text{Na, K, Rb, Cs; Ln} = \text{Y, Gd, Lu}$ ), обладающих стоксовой ( $M\text{LnF}_4: \text{Eu/Tb}$ ) и антистоксовой ( $M\text{LnF}_4: \text{Yb, Ho/Er}$ ) люминесценцией. Изучено влияние типа люминесцентного иона на оптические свойства, структуру соединений и морфологию частиц. Соединения, допированные ионами европия и тербия, проявляют стоксовую люминесценцию и светятся красным и зелёным светом соответственно при возбуждении УФ-светом длиной волны 365 нм. Соединения, одновременно допированные ионами иттербия и гольмия, проявляют антистоксовую люминесценцию и светятся жёлто-зелёным светом при возбуждении ИК-светом длиной волны 980 нм; синтезированы квантовые точки оксида графена, в том числе допированного атомами азота. Квантовые точки оксида графена светятся голубым светом при возбуждении УФ светом длинами волн 365 или 405 нм, Квантовые точки оксида графена, допированные атомами азота, светятся желто-зелёным светом при возбуждении УФ светом длинами волн 365 или 405 нм, максимумы люминесценции наблюдаются на длинах волн 490 и 585 нм. Выявлено, что допирование квантовых точек оксида графена атомами азота существенно увеличивает интенсивность люминесценции.

*Проект «Современные синтетические методы в химии: путь от колбы к чипу» руководитель проекта Михайлов В.Н., к. х. н., доцент Института Химии СПбГУ)*

Этот проект направлен на формирование у школьников представлений о современной и безопасной методологии микрореакторного лабораторного химического синтеза, а также новых современных каталитических процессов в органической химии. Экспериментальное исследование включало разработку архитектуры микрофлюидного устройства с использованием современных систем автоматизированного проектирования. Участники проекта получили навыки изготовления функциональных чипов из стекла и силиконовых материалов на основе матрицы собственной разработки, выполненной с применением аддитивных технологий фотополимерной 3D-печати. Спроектированные и изготовленные микрореакторные установки использованы для проведения химического эксперимента. В рамках ознакомления с практической стороной современной органической химии учащиеся синтезировали катализаторы на основе карбеновых комплексов меди для проведения реакции азид-алкинового циклоприсоединения (*клик-химия*).

*Проект «Простые синтезы для аналитической электрохимии: сенсорные покрытия на основе галогенидов серебра» (руководитель проекта Пешкова М.А., к. х. н., доцент Института химии СПбГУ)*

Целью проекта явился поиск условий изготовления электродов типа «серебро – галогенид серебра». Для получения покрытий галогенидов серебра химическим способом выбран так называемый «пероксидный» способ, для которого оценивалась зависимость качества покрытия от содержания окислителя (пероксида водорода) в реакционной смеси. Покрытия на основе трёх галогенидов – хлорида, бромиды и йодида – получены при помощи электролиза с варьируемыми плотностями тока и концентрацией галогенидов калия в ячейке электролизёра. Изготовленные исполнителями проекта электроды проверялись на стабильность потенциала во времени. После подтверждения их стабильности они были использованы в качестве электродов сравне-

ния при градуировке стеклянного рН-электрода и определении рН образцов воды из Черного моря, воды из бассейна на территории ОЦ «Сириус», воды из аквариума в аудитории 139 школы Сириуса, чёрного и зелёного чая.

*Проект «Получение микро- и нанодисперсных материалов».*  
(руководитель проекта Рогожин В.Б., к. ф.-м. н., старший преподаватель, СПбГУ)

Целью этого проекта, которому отдали предпочтение неутомимые изобретатели, явилось получение микро- и нанодисперсных материалов на основе низкомолекулярных веществ и полимеров, а также внедрение в их состав магнитных микро- и наночастиц с целью создания функциональных магнитоуправляемых материалов различного назначения. Спроектированы и собраны лабораторные установки для получения микро- и наночастиц и волокон. Получено магнитоуправляемое волокно путем смешивания исходного раствора полиметилметакрилата с частицами магнетита. Проанализированы области возможного применения подобных материалов: создание долговечных катализаторов, магнитоуправляемых микроманипуляторов, устройств управления микропотоками жидкости в микрофлюидике, медицинских устройств и т. д.

*Проект «Разделение ионов редкоземельных элементов методами ионно-обменной хроматографии»* (руководитель проекта Курапова О.Ю., к. х. н., доцент Института химии СПбГУ)

Целью проекта явилось знакомство обучающихся с теоретическими и практическими аспектами ионообменных процессов, строением и свойствами органических и неорганических ионообменных материалов, с современными методами их получения и дальнейшего практического применения для разделения сложных смесей (*ионообменная хроматография, спектрофотометрия, потенциометрия*). Участники проекта ознакомились с основами синтеза и структурой ионитов, экспериментального определения их основных физико-химических характеристик (констант обмена, обменной ёмкости), ос-



новами хроматографического разделения ионов и успешно осуществили поиск оптимальных условий для разделения сложных смесей редкоземельных элементов, а также «дидима» на  $Pt^{3+}$  и  $Nd^{3+}$  методом ионообменной хроматографии.

*Проект «Пара жемчужин из богатого мира наночастиц: магнитная жидкость и коллоидное золото» (руководитель проекта Ванин А.А., к. х. н, доцент Института химии СПбГУ)*

Проект на практике знакомит школьников с нанотехнологиями. В теоретической части рассмотрены такие вопросы, как синтез наночастиц, приготовление и устойчивость коллоидных систем. При создании наноматериалов участники познакомились с подходом «снизу вверх», суть которого состояла в направленном химическом синтезе из ионов и молекул частиц нанометрового размера с последующим приготовлении коллоидных систем. Получены наночастицы магнетита, золота, серебра и ферритов  $MFe_2O_4$  (марганцевого и кобальтового). Введение наночастиц магнетита, стабилизированных лимонной кислотой, в водный раствор альгината натрия позволило получить магнитный сорбент (магнитная «чёрная икра»). Максимальная концентрация  $Fe_3O_4$  в устойчивой суспензии составила 18 %(масс.). Проведена сорбция ионов меди из водного раствора гранулами альгината кальция с добавлением магнитных наночастиц и без них.

*Проект «Сравнение различных способов пробоподготовки при определении подвижных форм металлов в почвах» (руководитель проекта Савинов С.С., старший преподаватель, к. х. н., доцент Института химии СПбГУ)*

Целью работы явилось сравнение различных способов пробоподготовки при определении подвижных форм металлов, которые обычно попадают в почву из техногенных источников и впоследствии накапливаются в её поверхностном слое. Были анализировали образцы почв Сочи, Санкт-Петербурга и Череповца. Проведена экстракция подвижных форм металлов из почв различными способами. Определено содержание подвижных форм тяжёлых металлов в почвах мето-

дами молекулярной фотометрии и титриметрии. Участники проекта установили, что наименьшая концентрация марганца обнаружена в почве Сочи, несколько бóльшая – в почве Санкт-Петербурга. В обоих случаях концентрация марганца меньше ПДК, вероятно потому, что пробы были отобраны из экологически чистых районов. В случае Череповца, где образцы отбиралась вблизи заводов, концентрация марганца превысила ПДК, что свидетельствует о неблагоприятной экологической обстановке. Содержание цинка в почве Череповца также выше, чем в почвах Сочи и Санкт-Петербурга, однако во всех трёх случаях значение ПДК не превышено. Установлено, что разные методики пробоподготовки дают различные результаты определения подвижных форм металлов для разных проб. Наиболее сильно это проявляется для микроэлементов Mn и Zn.

*«Ядерный магнитный резонанс в земном поле» (руководитель проекта Иевлев А.В., научный сотрудник, СПбГУ, физический факультет)*

Метод ЯМР является одним из самых мощных инструментов для неразрушающего изучения как физико-химических свойств различных веществ, так и исследования самой структуры вещества. Проведён цикл экспериментальных работ в рамках проекта по ЯМР в земном поле, что позволило участникам ознакомиться с основными модификациями метода ЯМР, а также с его особенностями в слабых магнитных полях. Логика выполнения проекта следующая: участники сессии получили необходимую начальную информацию об основах метода, освоили работу с ЯМР-магнитометром и ЯМР-спектрометром, работающих в слабых магнитных полях; научились настраивать и контролировать работу экспериментальной установки, находить сигнал ЯМР, добиваться оптимальных режимов работы, регистрировать спектры ЯМР в земном магнитном поле, вычислять некоторые характеристики веществ, а также получать карты магнитного поля Земли. В отличие от сложных и дорогостоящих ЯМР-спектрометров с сильными магнитами, в этих приборах в качестве магнита используется магнитное поле Земли. Земное магнитное поле очень однородно,

что важно для ЯМР: в поле с достаточной однородностью можно изучать образцы большего объёма, чем в традиционном ЯМР.

*Проект «Полимерные мицеллярные катализаторы в реакциях гидролиза» (руководитель проекта Фетин П.А., к. х. н., доцент Института химии СПбГУ)*

Проект посвящен синтезу полимерных мицеллярных катализаторов и исследованию их каталитической активности на модельной реакции щелочного гидролиза. Основным структурным фрагментом катализатора выступал поверхностно-активный мономер 11-акрилоилоксиундецилтриметиламмоний бромида (АУТА-Br), способный к свободно-радикальной полимеризации с термическим иницированием. Целью проекта стало получение новых полимерных мицеллярных катализаторов с использованием сополимеризации поверхностно-активных мономеров с мономерами различной гидрофобности. Получены растворимые в воде, а также ограниченно набухающие в воде гидрогелевые структуры. Разработка полимерных мицеллярных катализаторов полностью соответствует концепции *зелёной химии*, так как отрывает возможности проведения многих органических реакций в воде, исключая использование токсичных органических растворителей. Для изучения каталитической активности полученных соединений использовали модельную реакцию щелочного гидролиза *para*-нитрофенилбутирата. Продуктом гидролиза являлся окрашенный в жёлтый цвет фенолят анион, что позволило изучать кинетику данной реакции на спектрофотометре.

*Проект «От наночастицы к полимерному нанокомпозиту для эффективной водоочистки» (Кузьмина А.И., к. х. н. ассистент Института химии СПбГУ)*

В настоящее время активно развиваются мембранные технологии, которые относятся к процессам устойчивого развития (*sustainable processes*). Мембранные процессы являются альтернативой традиционным методам разделения. В настоящее время они находят промышленное применение для очистки воды (ультрафильтрация, обратный

осмос, мембранная дистилляция), в медицине (гемодиализ), на нефтеперерабатывающих заводах (очистка природного газа методом газоразделения). Во время лекционных занятий участники проекта знакомылись с механизмами мембранного разделения, типами наноматериалов, методами получения полимерных нанокомпозитов и последующего приготовления полимерных пористых и непористых мембран; получили навыки обработки результатов ИК-спектроскопии и изображений АСМ, поиска научной литературы и использования баз данных, приобрели навыки работы в ПО Origin. Приготовлены полимерные композиты на основе альгината натрия и полиакрилонитрила (в качестве модифицирующей добавки использованы наночастицы  $TiO_2$  и  $ZnO$ ); пористые и непористые мембраны. Собрана установка для определения углов смачивания водой методом *сидячей капли*. Полученные результаты использованы для характеристики гидрофильно-липофильного баланса поверхности разработанных непористых материалов.

*Проект «Разработка и анализ перспектив нестандартных путей использования супергидрофобных покрытий» (руководитель проекта Лезова А.А., к. ф.-м. н., старший преподаватель СПбГУ)*

В ходе выполнения проекта удалось создать две модели искусственного лёгкого, а также предложить пути дальнейшего усовершенствования использованных методик. Собрана и испытана установка, позволяющая опреснять морскую воду только за счёт энергии окружающей среды. Создана и проверена в действии установка по непрерывному отделению высоколетучих компонентов, которую можно применять непосредственно в биореакторе в процессе жизнедеятельности микроорганизмов. Исследовано поведение ферромагнитных жидкостей на супергидрофобной поверхности и проанализированы возможности применения супергидрофобной поверхности в контакте с ферромагнитной жидкостью.

*Проект «Модифицированные ионные жидкости: от синтеза и изучения свойств к применению при экстракции биомолекул» (руко-*

*водитель Сафонова Е.А. к. х. н., доцент кафедры физической химии СПбГУ)*

Ионные жидкости (ИЖ) представляют собой органические соли с низкой температурой плавления. Особенностью ИЖ являются низкая летучесть, негорючесть и высокая термическая стабильность. Благодаря этим свойствам ИЖ первоначально рассматривали как безопасную замену органическим растворителям. В ходе работы над проектом рассмотрены основные подходы к структурному дизайну «*task-specific*» ИЖ, особенностям фазового поведения изучаемых систем. Участники проекта познакомились с ионными жидкостями, водно-солевыми системами на их основе и их практической значимостью. Проведён синтез аминокислотной ИЖ, *лизинат 1-бутил-3-метилимидазолия*, структура которой подтверждена на основании данных  $^1\text{H}$  спектроскопии ЯМР; получены надёжные экспериментальные результаты, на основании которых построены фазовые диаграммы равновесия жидкость – жидкость для водно-солевых систем, содержащих галогенидную (хлорид-) и аминокислотную (синтезированную в рамках проекта) ИЖ; освоена методика количественного анализа модельного биокомпонента – ванилина методом спектрофотометрии; получены новые данные о коэффициентах распределения ванилина между жидкими фазами и оценена экстрагирующая способность изучаемых водно-солевых систем.

*Проект «Органический синтез в действии: красители, люминофоры и лекарства» (руководитель проекта Ростовский Н.В. и аспирант Института химии СПбГУ Филиппов И.П.)*

В эту группу был наибольший конкурс: в неё стремились попасть 32 участника, но повезло только шестерым! В рамках проекта участники освоили большой объём лекционного материала по основам органического синтеза, свойствам аминов, ЯМР, УФ, ИК-спектроскопии и масс-спектрометрии. Участники проекта синтезировали соли диазония и на их основе азокрасители; люминофоры – флуоресцеин и диариллоксалат. Многого успели, многое узнали! Свой проект на заключительной научно-исследовательской конференции

участники защищали в халатах, выкрашенных синтезированными ими красителями.

*Проект «Термохимия процессов в растворах» (разработчик и руководитель программы к. х. н. Богачёв Н.А., старший преподаватель Института химии СПбГУ)*

При выполнении этого проекта руководителем и волонтером (участником первой проектной смены, а в настоящее время студентом 4-го курса СПбГУ) был задуман интересный творческий и педагогический эксперимент. Методические указания с соответствующими иллюстрациями участники создавали непосредственно в процессе выполнения самой работы с тщательной апробацией всех её этапов.

Проект объединил несколько областей химии: термохимию, неорганическую химию, химию растворов и комплексных соединений. Участникам было предложено самостоятельно собрать калориметр для измерения теплот растворения на основе термодатчика и автоматической программируемой системы управления, провести синтез комплексных соединений (сольватов галогенидов кобальта, никеля, меди, кадмия и цинка с органическими растворителями и кристаллогидратов этих соединений), их идентификацию и на основе экспериментально полученных теплот растворения с привлечением необходимых литературных данных рассчитать энтальпии образования синтезированных соединений и энергии их кристаллических решеток. В качестве калориметра использовали самостоятельно собранный прибор, состоящий из стеклянного сосуда Дьюара объёмом 200 мл, термодатчика DS18B20 с возможностью погружения в жидкость, системой управления термодатчиком на основе Arduino Nano. Функционал прибора предполагал выполнение двух основных функций: термостатирование и проведение эксперимента. Выводы данных осуществляется на ЖК дисплей LCD1602, а также на монитор COM-порта через USB-порт платы Arduino. Цветовая индикация работы прибора осуществляется с помощью диодов (LED), прибор подаёт звуковой сигнал (Buzz) в начале и в конце работы.

*Проект «Вычислительный микроскоп – новый инструмент химика» (руководитель проекта Ванин А.А., к. х. н., доцент Института химии, СПбГУ)*

Участники проекта познакомились с основами метода молекулярной динамики, научились пользоваться пакетом программ GROMACS, созданным для компьютерного моделирования молекулярных систем, провели расчёты обширного ряда систем и выполнили обработку полученных данных. Для визуализации результатов расчётов были освоены программы VMD, Excel. Один из этапов проекта состоял в поиске и работе с научной литературой и сравнении полученных в ходе МД-расчётов результатов с опубликованными экспериментальными данными. Ниже перечислены исследованные системы моделирования:

– *аргон* как газ из одноатомных частиц: отклонение от уравнения состояния идеального газа, резкое охлаждение газа с последующими конденсацией и кристаллизацией и образованием наночастиц, наблюдение Ван-дер-Ваальсовых молекул;

– *азот, кислород и их смесь (воздух)*: сжижение смеси кислорода и азота, отклонение от уравнения состояния для идеального газа, поверхностная активность азота в двухфазной системе газ-жидкий воздух;

– *этан* как пример многоатомной молекулы с внутренним вращением: рассмотрение конформаций и изменение распределения молекул по двугранным углам в зависимости от температуры, отклонение от уравнения состояния для идеального газа;

– *хлорид натрия* как пример ионного соединения: анализ структуры молекулярной системы с использованием радиальных функций распределения, плавление, испарение, конденсация и кристаллизация, оценка температур фазовых переходов; *вода*: водородные связи в водяном паре, зависимость плотности жидкой воды от температуры;

– *органические растворители* (этанол, диметилформамид, диметилсульфоксид, тетрагидрофуран): смеси с водой во всем диапазоне

изменения состава, расчёт молярных объёмов смешения и молярных энтальпий смешения, сравнение с литературными данными.

Апофеозом сессии была научно-практическая конференция по итогам выполненных исследовательских проектов при активном участии всей аудитории, взявшей на себя роль экспертов, рецензентов и просто заинтересованных слушателей.

На очередном закрытии сессии один из юных участников признался: «Это был лучший ноябрь в моей жизни!» И главными словами, когда наступил момент прощания, были: «До встречи!» И руководители, и их подопечные понимали, что продолжение следует.

### **Главные итоги и что дальше**

По итогам проведённых сессий в издательстве СПбГУ вышла книга «Путь в профессию», уже разлетевшаяся по стране, с подробным описанием и иллюстрациями выполненных работ. Для коллектива преподавателей Института химии СПбГУ эта смена была шестой, но каждый раз руководители проектов возвращались с новыми идеями – научными и педагогическими (но при этом всегда – творческими!). Благодаря «Сириусу» рождались и новые совместные исследовательские проекты, реализуемые на химическом факультете СПбГУ. Руководители проектов приобрели ценный педагогический опыт, оставаясь в постоянном общении со своими подопечными, некоторые из них стали соавторами совместных публикаций. Результатом стал и осознанный выбор участниками проведённых сессий университета, факультета и своего конкретного научного руководителя в вузе, а также высокий статус профессии преподавателя и высокий рейтинг Института химии СПбГУ среди абитуриентов, которые знакомы с этим вузом не понаслышке.