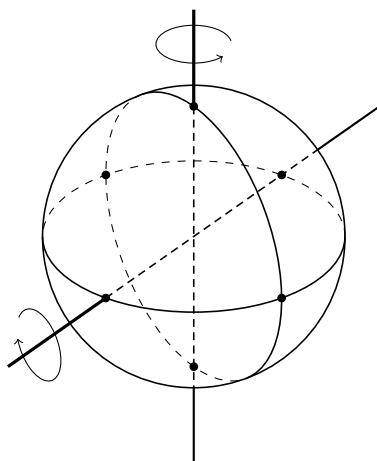


# Организационная модель Системы научных семинаров Лаборатории непрерывного математического образования

---

Обобщение опыта



А. В. Смоленский  
М. В. Чистякова  
А. А. Шперх  
Е. В. Алампиева  
И. В. Смоленский



# Оглавление

<b>Общая структура системы семинаров</b>	<b>7</b>
Роли участников научных семинаров . . . . .	8
Типы семинаров . . . . .	10
Создание проекта или исследования . . . . .	12
<b>Научные семинары в сравнении с другими формами дополнительного образования</b>	<b>16</b>
<b>Научные руководители</b>	<b>20</b>
Кадровый состав . . . . .	20
Поиск и привлечение научных руководителей . . . . .	24
<b>Организационный и методический аппарат</b>	<b>27</b>
Зачетная книжка участника научного семинара ЛНМО . . . . .	28
<b>Особенности семинаров в зависимости от профиля</b>	<b>30</b>
Научные семинары по математике, физике и программированию . . . . .	30
Научные семинары биологического профиля . . . . .	32
Научно-практические семинары инженерного профиля . . . . .	37
<b>Библиография</b>	<b>41</b>
<b>Приложение: список семинаров</b>	<b>42</b>
Математическая площадка . . . . .	42
Химико-биологическая площадка . . . . .	44
Инженерная площадка . . . . .	47

Настоящее издание посвящено описанию и обобщению опыта организации и проведения научных семинаров для учащихся старших классов в Лаборатории непрерывного математического образования.

Научные семинары являются неотъемлемой составляющей работы ЛНМО с момента ее основания в 1992 году и представляют воплощение концепции «непрерывного образования». В традиционной схеме образования разбиение на стадии «общее — высшее — постдипломное» создает для обучающихся трудности при переходе между ступенями, связанные с изменением формата обучения, резким повышением требований к уровню компетенций и самостоятельности, порядком контроля успеваемости. В результате значительное время и усилия тратятся на адаптацию к новым условиям. Альтернативный подход, называемый «непрерывным образованием», сокращает разрыв между ступенями образования посредством плавного и постепенного внедрения вузовских практик в среднее образование. Успешность этой концепции подтверждается многочисленными примерами решения открытых научных проблем старшеклассниками, которые еще незадолго до этого не интересовались наукой и не были вовлечены ни в какие формы дополнительного образования — хотя обычно начало научной деятельности относят ко времени аспирантуры.

Справка:

В 2018–2019 году ЧОУ ОиДО «ЛНМО» работало над проектом «Научное руководство (наставничество) проектами и исследованиями школьников как результат системной работы по организации взаимодействия общего, дополнительного образования и научной деятельности» в рамках гранта Президента Российской Федерации на развитие гражданского общества, предоставленного Фондом президентских грантов. Главной целью проекта было обобщение и систематизация опыта, полученного сотрудниками образовательного учреждения с 1992 года. В результате работы над проектом

- был создан пакет организационных и методических материалов, которые можно использовать в организации работы кружков, научных семинаров, спецкурсов для учащихся;

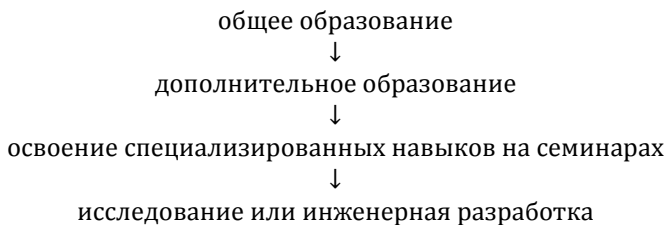
- был проведен 61 регулярный годовой научный семинар для более чем 400 школьников в возрасте 11-18 лет;
- в качестве научных руководителей (наставников) был привлечено 52 сотрудника, из которых 45 работали в рамках гранта;
- 38 участников семинаров стали победителями (дипломы I степени) научных конкурсов и конференций всероссийского и международного уровней, 82 участника — призерами таких конкурсов и конференций;
- ЧОУ ОиДО «ЛНМО» заключило 12 договоров с компаниями и предприятиями, вузами, НИИ для осуществления совместной деятельности.

Модель работы Системы научных семинаров, представленная в настоящем издании, может стать основой организации подобной деятельности в образовательных учреждениях, ставящих своей целью работу с мотивированными школьниками и развитие их исследовательских способностей.

Полученным опытом сотрудники ЧОУ ОиДО «ЛНМО» готовы делиться со всеми, кто заинтересован в создании подобной модели.

В ЛНМО концепция «непрерывного образования» реализуется в двух аспектах. Во-первых, в углубленной общеобразовательной программе и дополнительном образовании, расширяющем общее, во-вторых, в системе научных семинаров.

В самых общих чертах работа учащегося в системе научных семинаров описывается цепочкой



Продвижение учащегося по этой цепочке сопровождается уменьшением размеров группы, в которой проходит обучение,

и все большей интенсификацией индивидуального взаимодействия с научным руководителем. Одновременно меняются и формы работы — от пассивного восприятия лекционного материала и решения упражнений через подготовку докладов и создание мини-проектов к самостоятельному изучению специализированной литературы и работе над собственным исследованием. Разнообразие этапов участия школьников в работе семинаров, форм этой работы и возможных индивидуальных траекторий диктует необходимость классифицировать типы семинаров по образовательным целям, форматам взаимодействия участников с руководителем и между собой, соотношению теоретической и практической частей и так далее. Для эффективной работы системы научных семинаров все вовлеченные лица должны ясно представлять особенности отдельных семинаров, в работе которых они принимают участие, а также их место в общей структуре.

Жизнеспособность Системы научных семинаров ЛНМО связана с основными принципами ее функционирования на протяжении 26 лет:

- с преемственностью традиций работы лучших научных коллективов ;
- с привлечением молодых выпускников школы для работы в рамках семинаров;
- с отсутствием жесткой регламентации в работе научных семинаров и спецкурсов;
- с ориентацией на конкретный результат — создание научного исследования или проекта и выступления на научном конкурсе и конференции;
- с ориентацией на молодежь в подборе научных руководителей, как живо заинтересованных в решении научной проблемы, перед ними стоящей;
- с сохранением традиций фундаментального образования и то же время с решением проблем современных технологи-

ческих вызовов, связанных с IV технологической революцией;

- с системным принципом организации работы, связывающим систему научных семинаров с общим и дополнительным образованием.

В целом Система научных семинаров ЛНМО является той качественно разработанной экосистемой, которая, несмотря на свою традиционность, полностью отвечает на вызовы современного мира и позволяет подготовить специалистов, способных реагировать на быстрые изменения в современном мире, уже сегодня совершающиеся в рамках нового технологического уклада. Каждый отдельный научный семинар, работающий в рамках нашей системы, имеет активные деятельные связи не только с другими семинарами внутри модели — многие научные семинары работают на основании активного взаимодействия с крупными компаниями, НИИ, вузами, небольшими предприятиями, работая в рамках тех задач, которые ставит перед собой наука и бизнес, и воспитывая профессионалов будущего.

## Общая структура системы семинаров

Научный семинар ЛНМО — это разновозрастная группа людей (от двух до 20 человек), объединенных целью решения научной задачи или создания инженерного проекта, желанием изучать ту или иную область человеческого знания, способных к научному творчеству и осуществляющих регулярную совместную практику проведения экспериментов, анализа научной литературы, проведения исследований или инженерных разработок.

Занятия на семинаре осуществляются регулярно от двух месяцев до года, знакомят учащегося с современной наукой и способствуют дальнейшему выбору научной специальности. Именно на семинаре учащийся может почувствовать эстетику и красоту науки, важность и значимость умственной работы, интеллектуального труда, приобщиться к культуре занятия наукой, добиться своих первых научных результатов, ощутить неравнодушные и поддержку к себе и своей работе, участие взрослых (педагогов, ученых) в становлении его научной карьеры.

Для руководства научными семинарами с одаренной молодежью ЛНМО привлекает высокопрофессиональных ученых, аспирантов, студентов, которые наряду с научными результатами обладают способностью объединить вокруг своих научных интересов молодых людей и добиться результата в виде освоенной научной области или созданного исследования или проекта.

Современная концепция непрерывного образования обязывает рассматривать систему годовых научных семинаров, с одной стороны, как регулярный и систематичный процесс, с другой стороны, как процесс, организованный свободно и динамично, гиб-

ко ориентированный на каждого учащегося, отвечающий его познавательным интересам и соответствующий его психологическим (возрастным) возможностям.

Научные семинары в ЛНМО осуществляются как в очном (занятия в аудиториях вузов и школ, в компаниях), так и в заочном (он-лайн) формате.

Научные семинары в ЛНМО проводятся по трем научным направлениям (математические науки, естественные науки, технические науки) на трех площадках, арендуемых ЧОУ ОиДО «ЛНМО» в государственных школах Санкт-Петербурга для обучения мотивированных детей.

Формат научных семинаров ЛНМО, с одной стороны, легко подстраивается под традиционные школьные образовательные модели, так как сохраняет самые ценные традиции российского образования, с другой стороны, является привлекательной формой работы для молодежи ввиду современной свободной модели самоорганизации и ориентации на решение самых сложных проблем на острие современной науки и бизнеса.

Резкое расширение Системы научных семинаров ЛНМО от 30 до 60 научных руководителей (благодаря использованному гранту) показало жизнеспособность модели и привлекло к работе не только в 2 раза больше руководителей, но и в 3–4 раза больше участников семинаров, оживило вечернее пространство, усилило конкуренцию, привлекло к научным исследованиям всех, кто был способен достигать высоких результатов в исследовательской и проектной деятельности, усилило интерес к научной деятельности не только учащихся ЛНМО, но и учеников других школ Санкт-Петербурга и страны.

## **Роли участников научных семинаров**

Среди участников работы системы семинаров можно выделить следующие позиции:



**Руководитель системы семинаров** осуществляет общее административное руководство, ведет учет списка реализуемых семинаров и работающих на них участников, управляет работой руководителей научных направлений и координирует их деятельность, руководит формированием делегаций на научно-практические конференции.

**Руководитель направления** осуществляет общее научное руководство семинарами по направлению. Руководитель направления

- на этапе формирования списка семинаров анализирует слабо представленные области знания и сопоставляет их с потребностями учащихся;
- осуществляет поиск потенциальных научных руководителей семинаров и определение совместно с ними тематики будущего семинара;
- оказывает общую консультационную помощь научным руководителям в организации занятий;
- утверждает программы семинаров и планы исследований;
- контролирует реализацию планов исследований.

**Научный руководитель** проводит семинарские занятия, формирует по согласованию с руководителем направления программу семинара или план исследования (в зависимости от типа семинара), осуществляет научное руководство исследованием учащегося.

Справка о словоупотреблении. По результатам работы над проектом после проведения анкетирования 100 сотрудников ЛНМО для дальнейшей реализации проекта выбран термин «научный руководитель». В отличие от используемого сегодня термина «наставник» термин «научный руководитель» ориентирует на наличие некоей иерархичности в деятельности научных коллективов, профессионализм, значимый научный подход, возможность получения реального результата, и продолжает традиции словоупотребления

в системе современного российского образования. Слово «наставник», наоборот, возвращает носителей русского языка к советским реалиям обучения неопытных специалистов необходимым профессиональным навыкам и несет в себе коннотацию «наставлять», непривлекательную для молодежи. Положительных коннотаций ответственности, профессионализма, результативности у слова нет.

**Участник семинара**, выбрав интересный для себя семинар (по предложению или по согласованию с руководителем направления), еженедельно участвует в работе семинара с целью познакомиться с интересующей научной областью или создать научное исследование или проект.

## Типы семинаров

Семинары ЛНМО можно разделить на три типа: теоретический, практический и исследовательский.

**Теоретический образовательный семинар** направлен на освоение учащимися дополнительных разделов областей знаний, заявленных в качестве тематики семинара и не входящих в программу общего образования или в программу дополнительного образования, либо же освоение расширенных вариантов разделов программы дополнительного образования. Основная форма работы на теоретическом семинаре — классическая лекция, подкрепленная, при необходимости, решением упражнений для закрепления изученного материала. В старших классах также возможна подготовка и представление участниками коротких докладов по результатам самостоятельного изучения предложенных руководителем семинара источников.

Основная задача теоретического семинара — ознакомление с областями, не входящими в образовательные программы школ, центров дополнительного образования, а иногда и вузов, но служащими основанием для прикладных дисциплин и актуальных сфер научной деятельности.

**Теоретический образовательный семинар с включением практической части** (далее Практический семинар) направлен на освоение учащимися дополнительных разделов областей знаний, заявленных в качестве тематики семинара и не входящих в общую программу, и отработку связанных с тематикой семинара практических навыков. На таком семинаре закрепление изученного материала производится посредством расширенных практических занятий, которые могут реализовываться в одной из следующих форм:

- решение задач и упражнений в режиме реального времени при консультационной поддержке руководителя,
- практикум с использованием компьютерной и или иной техники или оборудования,
- лабораторные занятия в аудитории, оснащенной оборудованием для физических, химических или биологических опытов,
- экспедиции и выезды для сбора материала,
- опытно-конструкторские работы.

**Семинар с выходом на проектную или исследовательскую деятельность** направлен на реализацию участниками научного исследования, опытно-конструкторского проекта или иной практической разработки (алгоритм, программа, программно-технический комплекс, база данных). Такой семинар имеет наименьшую численность участников и наиболее индивидуализированный подход к учащимся.

Таким образом, возникает естественное сопоставление:

общее образование	по углубленной программе основных дисциплин
дополнительное образование	освоение новых по отношению к общему образованию разделов
освоение специализированных навыков	теоретический семинар + практический семинар
исследование или инженерная разработка	исследовательский семинар

В зависимости от соотношения объемов теоретической и практической частей практический семинар может быть как ближе к теоретическому, так и иметь выход на инженерные разработки.

Каждый семинар встраивается в общую структуру в соответствии с поставленными целями — результаты участия в предшествующих семинарах составляют основу для успешной работы на последующих. В частности, для каждого семинара должны быть определены навыки и компетенции, получаемые участниками.

## **Создание проекта или исследования**

Целям сокращения разрыва между общим образованием и высшим служат теоретические и практические семинары, исследовательские же семинары направлены непосредственно на вовлечение в научную и конструкторскую деятельность. Результатом работы на исследовательском семинаре является завершённый проект, и все в организации и формате должно отвечать этой цели. Если материалы, изучаемые на теоретическом или практическом семинаре, могут быть усвоены частично или с разной степенью уверенности (что все равно приносит учащемуся пользу),

частичное исполнение запланированного проекта не может расцениваться как реализация цели исследовательского семинара. Это означает, что критически важным является этап **подбора и постановки задачи**. Научная или инженерная задача, предлагаемая участнику, должна удовлетворять следующим критериям:

- **Соответствие уровню подготовки исполнителя.** Задача должна быть, во-первых, посильна школьнику, то есть полное ее решение должно быть ожидаемым (при условии достаточных трудовых и интеллектуальных усилий). Во-вторых, задача не должна быть слишком простой. Если предполагать, что учащийся-исполнитель проекта освоил на предшествующих семинарах некоторый навык или технологию, то ставящаяся ему задача не должна быть простой комбинацией применения этих навыков, потому что в этом случае не происходит развитие компетенций.
- Задача должна быть **не слишком узкоспециальной**. С одной стороны, это означает, что для понимания постановки задачи (хотя бы в общих чертах) учащемуся не требуется длительного изучения узкой области научного знания или технологического процесса. Конкретизируя, можно выразить это требование следующим образом: после одного-двух занятий лекционного типа у исполнителя должно сформироваться понимание, какие дополнительные материалы требуется изучить, чтобы можно было приступить непосредственно к работе над задачей. С другой стороны, знания и навыки, полученные в процессе решения, должны быть применимы к каким-то задачам и областям кроме предложенной.
- Задача должна быть **не слишком общей**. Как правило, слишком размытая постановка задачи или слишком общий вопрос приводят либо к тому, что учащийся не знает, как к задаче подступиться и с чего начать, либо к тому, что в результате получается работа реферативного характера, не

отражающая личный вклад автора — в обоих случаях работа над проектом оказывается непродуктивной.

- **Актуальность задачи.** Проект должен решать какую-то фактическую проблему, возникающую на практике (отсутствие какой-либо компьютерной программы/технического комплекса/метода химического синтеза и так далее либо недостатки существующих решений) или имеющую теоретический характер (открытые вопросы математики, физики или биологии). Это не означает, что запрос на решение этой задачи должен быть заранее обозначен третьими лицами — важно, чтобы участник-исполнитель понимал, что задача не является строго учебной.
- **Обоснованность постановки задачи.** Существенно, что руководитель должен представить участнику исследовательского семинара указания, раскрывающие предполагаемое направление научного поиска и теоретическую возможность решения.

Можно выделить два пути постановки задачи: исходящий от руководителя и исходящий от исполнителя. В двух этих случаях функции научного руководителя на первом этапе различны.

Первый вариант — тему работы и задачу предлагает научный руководитель — более характерен для чисто исследовательских проектов, что обусловлено наличием у руководителя более глубоких знаний по тематике семинара (в частности, представления о том, какие открытые вопросы актуальны и посильны для решения). Руководитель предлагает одну или, лучше, несколько задач и консультирует учащегося о предполагаемой сложности каждой из задач, используемых техниках и методиках, с тем, чтобы будущий участник-исполнитель мог сделать осознанный выбор сообразно своим предпочтениям.

Второй вариант — у исполнителя уже есть какая-то задумка или идея — характерен для проектов в области программирования и техники. В этом случае научный руководитель на первом

этапе выступает как эксперт, который может, пользуясь своей квалификацией и опытом, скорректировать план, помочь уточнить и сузить постановку задачи. Для проектов, предполагающих использование специальных технических средств (вычислительные кластеры и суперкомпьютеры, станки и устройства для обработки материалов), руководителю также следует провести предварительный анализ доступности таких средств и безопасности их использования (например, наличие допуска по электробезопасности для сварочных работ, возможность запросить содействие в ресурсных центрах и мастерских).

После согласования задачи следует сформировать план работы над проектом. Важно привлечь участника-исполнителя к формированию плана, что развивает навык долгосрочного планирования.

Руководство текущей работой над проектом осуществляется посредством регулярных индивидуальных рабочих встреч с учащимся-исполнителем проекта. Руководитель контролирует продвижение в исследовании и корректность полученных результатов, следит за выполнением плана исследования. В случае значительного отставания от плана руководителю следует информировать руководителя направления для корректировки плана и задачи.

После завершения исследования руководитель оказывает консультационную помощь в оформлении результатов проекта, помогает в подготовке учащегося к представлению и защите результатов на семинарах и конференциях. Руководитель помогает учащемуся подготовить заявку на участие в конкурсах научных работ школьников, контролирует качество постера и доклада. В случае, если результаты исследования обладают высокой научной ценностью, руководитель помогает подготовить текст научной статьи для публикации в реферируемом журнале или на одном из сервисов публикации препринтов.

# Научные семинары в сравнении с другими формами дополнительного образования

Формы дополнительного образования, направленные на развитие у учащихся академических и инженерных навыков и расширение знаний о содержании различных областей знания, в первую очередь делятся по признаку регулярности. К **нерегулярным формам** относятся

- отдельные лекции и выступления,
- экскурсии,
- просмотр кинофильмов,
- интеллектуальные игры,
- хакатоны.

Такие формы способствуют проявлению первичного интереса у учащихся к различным предметам и областям за пределами общеобразовательной программы. Таким образом, они либо играют в образовательном процессе роль расширения основной программы, либо выступают как рекламный материал. Результатом проведения таких мероприятий является вовлечение учащихся в деятельность **регулярных занятий**, к которым относятся:

- кружки,
- секции,
- научные семинары.



Указанное разделение не является строгим, а отвечает устанавливаемым целям и, как следствие, избираемому формату занятий. В списке выше терминами «кружок», «секция» и «научный семинар» обозначены три крайних, кристаллизованных опции, в то время как в действительности на занятиях может быть реализован любой промежуточный вариант.

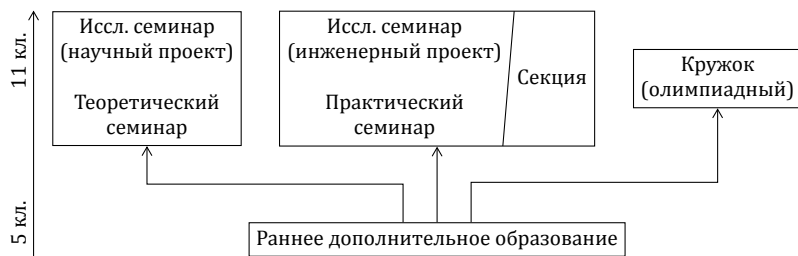
**Кружок** — форма практических занятий, направленных на приобретение отдельных навыков и изучение (по необходимости) сопутствующей теории. Модельным примером служит классическая система «математических кружков». Кружок отличается от других регулярных форм дополнительного образования ориентацией на отдельные сюжеты. Метрикой для оценки успешности участия в работе кружка могут служить результаты участия в профильных олимпиадах школьников.

Понимание кружка в рамках современного «Кружкового движения» как «формы самоорганизации талантов, объединенных идеей создания практик будущего» коррелирует с принципами организации всей Системы научных семинаров ЛНМО, с тем различием, что в ЛНМО разработана строго организованная модель, имеющая конкретные выходы в виде научных школ, научных объединений, реализующих реальные научные практики на протяжении многих лет.

**Секция** — форма практических занятий, целевым показателем которых является создание серии мини-проектов в ходе обучения и завершение созданием индивидуального учебного проекта большего объема. Типичным примером служат секции программирования, авиамоделирования и других технических дисциплин.

Основным отличием формы **научного семинара** является именно нацеленность на фундаментальные знания и систематическую подготовку. Как правило, указанные различия между кружками, секциями и научными семинарами проявляются тем сильнее, чем на более старших школьников они ориентированы. В частности, выделяя среди кружков специализированные кружки, ориентированные на подготовку к участию в олимпиадах, и

отождествляя кружки, секции и семинары, нацеленные на учеников младшей и средней школы, можно расположить формы регулярных занятий на следующей схеме:



Указанные отличия между кружками и секциями с одной стороны и научными семинарами с другой имеют важное следствие для системы оценивания эффективности. Так как верхняя ступень системы научных семинаров в среднем образовании — это участие в работе исследовательского семинара и создание собственного научного или инженерного проекта, что, в соответствии с изложенной выше схемой проведения исследования или разработки, является процессом с длительным периодом планирования и исполнения, естественно такое же удлинение производить на всех предшествующих этапах. Таким образом, цель участия школьника в той или иной системе дополнительного образования должна быть обозначена на одном из первых этапов, сразу после стадии вовлечения. Выбор цели непосредственно влияет на все последующие стадии обучения и на структуру системы дополнительного образования.

Разумеется, систему научных семинаров не следует выстраивать исключительно с целью максимизации количества научных работ и инженерных проектов, выполняемых школьниками. Целью служит именно подготовка к такой деятельности, а реальное выполнение проектов является лишь метрикой для оценки эффективности работы системы.

В этом отношении обнаруживается сходство научных семинаров с кружками, а именно в том, что и там и там участие оказывается учащемуся полезным и без удовлетворения формальных показателей вроде побед на олимпиадах. В то же время, например, в секциях техники отсутствие реализации заявленных в качестве цели проектов указывает на непродуктивность обучения — и здесь более тонкое членение на практические семинары и исследовательские позволяет за счет большей системности подготовки учащихся обеспечить полезность для участников работы практических семинаров даже без успеха на исследовательских.

Таким образом, несмотря на то, что по внешним признакам все регулярные формы дополнительного образования на ранних этапах обучения трудноразличимы, их внутренняя структура, план и цели должны отвечать задачам подготовки к следующим этапам. Отметим две конкретные особенности научных семинаров, которые необходимо учитывать при организации семинаров начального уровня.

Среди предлагаемых учащимся заданий должны быть как допускающими сиюминутное быстрое решение, так и требующими от учащихся длительного анализа. Традиционно в математических кружках выдаются большие домашние задания со сложными заданиями, зачастую требующими нескольких дней работы, однако с течением времени цель смещается на быстрое решение задач. Для научных семинаров скорость не важна, а смысл требующих длительной работы задач состоит в подготовке к работе над более сложными проектами на семинарах в старших классах.

В рамках работы научных семинаров рекомендуется организовывать групповую работу и иными средствами уменьшать составляемость процесса обучения, так как научный семинар — это прежде всего творческая среда, ориентирующая участников на совместный созидательный интеллектуальный труд ради достижения поставленной высокой цели.

# Научные руководители

## Кадровый состав

В качестве научных руководителей семинаров привлекаются преподаватели вузов, научные сотрудники исследовательских институтов, аспиранты и студенты, специалисты, работающие в индустрии (разработчики программного обеспечения, инженеры, сотрудники R&D). В каждом случае квалификация руководителя должна отвечать тематике семинара и его уровню. Так, например, теоретический семинар по элементарной математике для учащихся средней школы может быть проведен студентом младших курсов математических специальностей, в то время как для руководства исследовательским семинаром по узкой тематике студенту-младшекурснику в большинстве случаев не хватит широты знаний и опыта научной работы. С другой стороны, не следует отвергать возможность привлечь в качестве руководителя исследования студента младших курсов. Если такой студент уже вовлечен в активную научную работу на высоком уровне и, например, является сотрудником исследовательской лаборатории, то осуществление им руководства имеет следующие преимущества:

- Небольшая разница в возрасте между руководителем и участниками делает работу семинара менее формальной, снижает психологические барьеры для учащихся в высказывании смелых предложений и в свободном научном поиске;
- Студент, как правило, имеет больше времени для взаимодействия с учениками, так как не скован многочисленными

обязанностями по основному месту работы;

- Область научных интересов студента еще не слишком узкая, что положительно влияет на охват и разнообразие путей развития семинара.

С другой стороны, в большинстве случаев большее значение имеют квалификация и опыт, которыми обладают научные сотрудники и преподаватели вузов.

Одним из способов одновременно использовать преимущества молодых и более опытных руководителей служит форма совместного руководства. Например, научный сотрудник или преподаватель привлекает к работе руководимого им школьного научного семинара своего ученика — студента или аспиранта — который обеспечивает текущую работу (разбор задач и упражнений, подготовку докладов участников) и участвует в обсуждении продвижений в поставленных исследовательских задачах, в то время как научный руководитель обеспечивает постановку задач и корректирует общее направление. Именно по такому принципу много лет работает научный руководитель кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник лаборатории «Современная алгебра и приложения» СПбГУ С. О. Иванов, который в 2018–2019 году проводил научный семинар «Свободные алгебраические объекты» совместно с аспирантом, молодым сотрудником лаборатории «Современная алгебра и приложения» А. А. Зайковским.

Среди научных руководителей Системы семинаров и спецкурсов ЛНМО можно выделить следующие профессиональные статусы научных руководителей:

- кандидаты и доктора наук, преподаватели вузов, научные сотрудники НИИ;
- аспиранты;
- студенты младших и старших курсов;
- школьные учителя;

- педагоги, работающие в системе общего и дополнительного образования (с ученой степенью и без нее);
- пенсионеры, заинтересованные в передаче опыта молодежи (с ученой степенью и без нее);
- инженеры, программисты компаний;
- руководители компаний.

Объединяет научных руководителей возможность, которую дает им ЧОУ ОидО «ЛНМО»: реализовать социальную потребность подключения к своим научным или инженерным изысканиям молодежь для совместного достижения результата — осуществления научного открытия или создания инженерного проекта, программы, продукта. На сегодняшний день именно эта сформулированная в рамках образовательного учреждения цель только и может привлечь к занятиям со школьниками людей, заинтересованных в реализации своих педагогических способностей и достижении конкретного значимого результата в своей деятельности.

Таким образом, именно образовательное учреждение, заинтересованное в формировании так называемого «кадрового резерва» для создания будущих прорывных технологий, может объединить в себе необходимые роли заказчика «продукта» научной или проектной деятельности, владельца помещений и финансовых ресурсов, организатора работы научных руководителей, создавать технологическую инфраструктуру, привлекать партнеров — и тем самым стать объединяющей силой для создания «экосистемы будущего». Такая модель, реализованная в ЛНМО, уже сегодня демонстрирует мощную эффективность, вовлекая в научные и инженерные практики не менее 60–70% обучающихся в рамках образовательной организации старшеклассников, соединяя на одной площадке студентов и докторов наук, привлекая к работе с молодежью вузы, НИИ, компании, и в целом создавая самовоспроизводящуюся творческую среду, которая за 25 лет своей работы воспитала известных ученых, инженеров, раз-

работчиков, заявляющих о себе в прорывных отраслях производства и науки.

Научные руководители в зависимости от своих педагогических склонностей, а также поставленных целей могут реализовывать в Системе научных семинаров самые разные организационные модели:

- индивидуальную работу с мотивированными школьниками;
- групповую работу по погружению в какую-либо научную тематику;
- групповую работу с выделением определенных ролей в научном коллективе для реализации проекта;
- групповую работу без выделения ролей для участников семинара;
- работу по созданию разновозрастных групп, связанных с привлечением одновременно известных ученых, аспирантов и школьников;
- работу в разновозрастных группах, объединяющих одновременно известных ученых, аспирантов и школьников;
- работу в разновозрастных группах, объединяющих школьников разного возраста;
- организацию самостоятельной деятельности участников семинара;
- организацию контролируемой деятельности участника семинара с жестким следованием образовательному маршруту.

Всего в рамках научных семинаров ЛНМО работали 52 научных руководителя, среди которых 2 доктора наук, 17 кандидатов наук, 6 аспирантов, 4 руководителя компаний, 15 студентов, 8 школьных учителей.



Руководители направлений не вмешивались в подходы научных руководителей к организации работы в рамках семинаров для осуществления их эффективности.

## Поиск и привлечение научных руководителей

Основной источник научных руководителей для исследовательских проектов школьников — студенты и аспиранты, которым интересно попробовать свои силы в чтении лекций, проведении практических занятий и руководстве научным исследованием. Многие из них после прохождения педагогической практики в университете обнаруживают свой интерес к преподаванию, но в то же время еще не могут преподавать в вузе, что обуславливает их энтузиазм в дополнительном школьном образовании и работе в рамках Системы научных семинаров — особенно если тематика занятий существенно выходит за пределы общеобразовательной программы и связана с научными интересами самих студентов.

Привлечение в качестве научных руководителей студентов и



аспирантов можно рассматривать как долгосрочную инвестицию — с течением времени квалификация и опыт такого руководителя будут расти, как в области его специализации, так и в области руководства семинаром. Кроме того, участники семинаров могут впоследствии стать учениками этого руководителя уже в университете и далее сотрудничать с ним в ведении научных исследований.

Эту связь можно использовать и в обратном направлении — научный сотрудник исследовательского института или преподаватель вуза может привлекать своих студентов к работе школьных научных семинаров. При договоренности с вузом такая работа может быть засчитана студентам в качестве педагогической или производственной практики.

Подобные контакты с вузами и институтами позволяют привлекать к научному руководству их сотрудников, особенно это актуально для семинаров биологического профиля (см. ниже), где часть работы проводится на базе лабораторий. Аналогично, для семинаров инженерного или компьютерного профиля такую же функцию выполняют контакты с промышленными предприятиями или компаниями, работающими в области наукоемкого программного обеспечения. В обоих случаях продуктивной оказывается схема соруководства «преподаватель — сторонний эксперт», где преподаватель осуществляет текущую работу с учащимися, а представить внешней организации ставит задачу и управляет разработкой проекта в целом.

Привлечение научных руководителей — сотрудников компаний и предприятий связано с преодолением коммерческой составляющей деятельности компаний. Преследуя коммерческий интерес, компании осознают работу со школьниками только как благотворительную деятельность. Эта деятельность может иметь далекие цели привлечения сотрудников, рекламы деятельности предприятия, воспитания будущих поколений профессионалов, что не отменяет осознания руководителями компаний работы со школьниками как сугубо затратную, некоммерческую. Учитывая типы руководителей компаний, в систему научных

семинаров и спецкурсов ЛНМО для руководства научными проектами привлекает, ориентируя их

- на социальную ответственность бизнеса;
- на желание осуществлять благотворительную поддержку талантливой молодежи;
- на проверку гипотезы о невозможности достигнуть коммерческого результата в деятельности со школьниками;
- в некоторых конкретных случаях конкретные интересы коммерческих предприятий совпадают с интересами образовательных организаций. Это происходит тогда, когда компания имеет кадровые и организационные возможности дать школьникам задачи с возможностью их реализации.

# Организационный и методический аппарат

Для организационного сопровождения работы Системы научных семинаров, составления программ семинаров планов работы над исследованиями, долгосрочного планирования и оценки эффективности были разработаны:

- Система взаимодействия между руководителями направлений и научными руководителями, включающая
  - методическую инструкцию научного руководителя,
  - образцы программ семинаров и планов работы над исследованиями,
  - формы отчетов научных руководителей о работе в рамках семинара;
- Организационно-правовые документы, включающие
  - должностные инструкции,
  - систему рекомендаций к приему на работу в рамках трудовых договоров и договоров гражданско-правового характера (договоров возмездного оказания услуг/договоров подряда) сотрудников;
- Систему учета результатов, состоящую из
  - списков конференций и конкурсов для участия с проектами и исследованиями и плана участия в них,
  - зачетной книжки участника семинаров для учета индивидуального образовательного маршрута учащегося.

ЧОУ ОиДО «ЛНМО» готово предоставлять по запросу эти документы организациям, заинтересованным в реализации модели Системы научных семинаров и спецкурсов.

## **Зачетная книжка участника научного семинара ЛНМО**

Для подведения итогов работы в рамках Системы научных семинаров ЛНМО (создания так называемого индивидуального маршрута участника семинара) в ЧОУ ОиДО «ЛНМО» создается так называемая «зачетная книжка» — документ, который фиксирует деятельность участника семинара на всех уровнях от сдачи устных экзаменов и зачетов по дисциплинам, необходимым для работы в рамках научных семинаров и спецкурсах, участию в Летних научных школах ЛНМО до побед на научных конкурсах и конференциях.

Для удобства работы с этой информацией в ЧОУ ОиДО «ЛНМО» разработана программа на основании базы данных, включающая в себя возможность поиска информации по любому аспекту деятельности в области дополнительного образования и участию в работе научного семинара:

- изученные дополнительные общеобразовательные дисциплины;
- сданные зачеты и экзамены;
- участие в летних школах и прослушанные там курсы;
- научный руководитель и его статус;
- посещенные научные семинары;
- тему научного проекта или исследования;
- тезисы проекта;
- участие в научных конкурсах и конференциях;

- победы на научных конкурсах и конференциях;
- статьи и публикации о победителе.

Программа синтезирует все успехи учащегося на разных модулях обучения, позволяет сравнивать их с другими достижениями, печатать зачетную книжку в установленном формате.

# Особенности семинаров в зависимости от профиля

## Научные семинары по математике, физике и программированию

Для семинаров по точным наукам более характерна, чем для других областей, вертикальная иерархия — для занятий требуется больший объем базовых знаний и навыков, для успешного освоения учебных материалов требуется полное понимание содержания предшествующих курсов, а более углубленные курсы включают в качестве прerreквизитов все более обширный список тем. В зависимости от тематики семинара, прerreквизиты можно осваивать либо последовательно, по мере усложнения и углубления материала, либо параллельно, если требующиеся темы независимы. Первый случай характерен для узкоспециальных исследовательских семинаров по чистой математике, так, например, для семинара «Комбинаторная и геометрическая теория групп» требуется предварительно изучить общую теорию групп в рамках семестрового или годовичного семинара, которому предшествует общий курс алгебры. Второй вариант — параллельное получение предварительных знаний и навыков — типичен для прикладных семинаров, использующих базовые понятия из разных областей. Например, семинару «Машинное обучение» предшествуют семинар «Линейная алгебра», курсы математического анализа и программирования, которые можно слушать в любом порядке, в том числе одновременно. Таким образом, длительность и иерархичность подготовки к работе на математических семинарах накла-

дывают дополнительные требования на процесс планирования работы семинаров.

## **Примеры семинаров**

Практический семинар «Основы цифровой обработки сигналов» под руководством Д. А. Артюшина, аспиранта Санкт-Петербургского отделения математического института им. В. А. Стеклова РАН, ориентированный на учащихся 9–10 классов, имел в качестве заявленной темы изучение теоретических основ выделения информации из различных сигналов (ЭЭГ и другие измерения частот) и практическая реализация связанных с этими задачами алгоритмов. Участники семинара укрепили свои знания о комплексных числах и линейной алгебре, установили их связь с проблемами обработки сигналов (фильтры, дискретное преобразование Фурье), реализовали стандартные алгоритмы (свертки, фильтры, ДПФ) на языке программирования Python.

Исследовательский семинар «Комбинаторная и геометрическая теория групп» под руководством И. С. Алексеева, студента третьего курса СПбГУ, ранее участника семинара под руководством С. О. Иванова (СПбГУ), имел целью создание исследовательских проектов в области теории групп. Ранее участниками семинара был освоен материал курса общей теории абстрактных групп. Все четыре участника успешно провели свои исследования:

- Проект «Геометрия геодезических в дискретной группе Гейзенберга» (исп. Р. Магдиев) был посвящен проблеме описания и классификации геодезических слов в группе целочисленных верхних унитарных матриц относительно естественных образующих. Проект получил Диплом I степени и Главную премию на Балтийском научно-инженерном конкурсе, Диплом ПОМИ РАН, а также I премию Американского математического общества на Intel ISEF.
- Проект «Вокруг гипотезы Столлинга в теории кос» (исп.

Г. Мамедов) изначально был посвящен известной гипотезе, в которой удалось получить существенное продвижение для особого класса кос. Проект получил Диплом I степени и Главную премию на Балтийском научно-инженерном конкурсе и Диплом ПОМИ РАН. Позже тематика была дополнена изучением минимальных диаграмм кос и их связи с однородными косами. Это расширенное исследование получило III премию Американского математического общества на Intel ISEF.

- Проект «Геометрические и алгебраические свойства групп твинов» (исп. А. Кривовичев и Д. Кудрявцев), посвященный конусам геодезических слов в специальном классе прямоугольных групп Кокстера, получил Диплом I степени и Главную премию на Балтийском научно-инженерном конкурсе, Диплом ПОМИ РАН и похвальный отзыв Американского математического общества на Intel ISEF.

## **Партнеры Системы научных семинаров ЛНМО математического и информационного профилей**

Междисциплинарная исследовательская лаборатория имени П.Л. Чебышёва (СПбГУ), лаборатория «Современная алгебра и приложения» (СПбГУ), Санкт-Петербургский государственный политехнический университет Петра Великого (СПбПУ), кафедра физико-математического образования СПб АППО, ООО «Диджитал Дизайн», ООО «Северный очаг», ООО «Инновационные комплексные системы», ООО «Образовательная робототехника».

## **Научные семинары биологического профиля**

Специфика естественнонаучных исследований — разделение на два принципиально разных подхода к сбору научного материала: эксперименты в лаборатории и наблюдение/сбор в полевой



экспедиции. Эти два подхода и соответствующие им тематики семинаров различаются не только методически, но и по минимальному возрасту участников, организации процесса и взаимодействию со сторонними организациями. Если полевое исследование обычно может быть организовано силами образовательной организации, то экспериментальные исследования проводятся либо в учреждениях дополнительного образования, оснащенных профильными лабораториями, либо в научных институтах или промышленных предприятиях. Для проведения полевых исследований ЧОУ ОиДО «ЛНМО» организует выезды и экспедиции под руководством своих специалистов и при получении соответствующего разрешения.

	Полевые исследования	Экспериментальные исследования
Возраст	7–9 классы	9–11 классы
Общая подготовка	Теоретические семинары по ботанике, зоологии с практическими занятиями. Экскурсии за город, в ботанический сад и зоологический музей	Теоретические семинары по физиологии, генетике, химии, микробиологии
Практическая подготовка	Учебная полевая практика, навыки сбора, фиксации и определения биологических объектов	Знакомство с техникой безопасности и правилами проведения экспериментов. Освоение экспериментальных методов работы.
Сбор материала	Летняя экспедиция 2–3 недели	Работа в лаборатории все лето, на весенних и осенних каникулах, при возможности — в вечернее время в будние дни.

Взаимодействие со сторонними организациями	Допуск на территории ООПТ, помощь в транспортировке и расположении участников группы. Участие научных сотрудников в проведении экскурсий, чтению теоретических и практических лекций, непосредственное руководство сбором материала и подготовкой исследовательских работ.	Допуск на территорию научных институтов и промышленных предприятий. Обучение участников навыкам экспериментальной работы. В случае работы в НИИ — включение участников в текущие научные исследования лаборатории или научной группы, где выполняется исследовательская часть семинара. Полное руководство или консультирование при подготовке участником семинара научного проекта.
--	--	--

## Примеры семинаров

Исследовательский семинар **«Нейробиология»** проводился под руководством И. В. Смоленского, кандидата биологических наук, научного сотрудника лаборатории молекулярных механизмов нейронных взаимодействий Института эволюционной физиологии и биохимии им. И. М. Сеченова РАН. Участник семинара Марк Пономарев посещал в 10 классе теоретический семинар «Цитология и гистология», где проявил глубокий интерес к нейробиологической тематике и присоединился к работе исследовательского семинара «Нейробиология», проводившегося в лаборатории молекулярных механизмов нейронных взаимодействий ИЭФБ РАН. За время работы Марк получил обширный

запас теоретических знаний по нейрофизиологии и освоил широкий спектр экспериментальных методов. Результатом его работы стало создание исследовательского проекта и победы на многочисленных научных конкурсах и конференциях.

Полученные теоретические знания: общие закономерности поведения экспериментальных лабораторных крыс, клинические проявления эпилепсии и молекулярно-клеточные механизмы эпилептогенеза, принципы функционирования глутаматергической системы головного мозга, разнообразие глутаматных рецепторов и их роль в процессах эпилептогенеза, методы фармакотерапии эпилепсии в клинике и эксперименте.

Освоенные методы: правила обращения с лабораторными крысами, моделирование височной эпилепсии введением лития и пилокарпина, методы изучения поведения крыс («открытое поле», тест предпочтения сахарозы, «У-образный лабиринт», «чужак-резидент», «fear conditioning»), методы компьютерной и статистической обработки результатов экспериментов.

Созданный исследовательский проект: Коррекция когнитивных нарушений у крыс в литий-пилокарпиновой модели височной эпилепсии с помощью мемантина.

Победы на конкурсах и конференциях: Балтийский научно-инженерный конкурс (Диплом I степени и Главная региональная премия), «Фестиваль науки — Дорога в Политех» (победитель в секции биологии и медицины), Конкурс научно-исследовательских работ школьников Международной недели познания мозга в СПбГУ (диплом I степени).

Исследовательский семинар **«Оценка влияния факторов среды на функциональное состояние организма учащихся»** проводился под руководством Т. Н. Сляпцовой, педагога дополнительного образования, учителя биологии ГБОУ СОШ 225, учителя высшей категории, и Е. В. Алампиевой, кандидата географических наук. У участницы семинара ученицы 11 класса Екатерины Антоновой уже был опыт успешного участия в научном семинаре в области неврологии (за время обучения в 10 классе), а также стимулирующий фактор — подготовка к поступлению в меди-

цинский вуз. Семинар объединил 3 учащихся, лидером в котором была Екатерина. Для подготовки к созданию полноценного самостоятельного исследования участники семинара посещали

- в 2017-2018 году дополнительный курс «медицинской анатомии» (преподаватель — М. Овчаренко);
- дополнительный курс цитологии и гистологии (преподаватель — И. В. Смоленский);
- спецкурс по физиологии доктора наук, профессора Педиатрической академии А. П. Пуговкина.

После сдачи зачетов по итогам работы на теоретических спецкурсах Екатерине Антоновой как лидеру семинара была поставлена задача «Оценка психо-эмоционального (физиологического) состояния учащихся в процессе подготовки Государственной итоговой аттестации по показателям кожно-гальванической реакции и тонуса вегетативной нервной системы».

В процессе работы над исследованием был осуществлен информационный поиск, проведены лабораторные исследования с использованием необходимой аппаратуры, в том числе предоставленной партнерами, позволяющие апробировать методику эксперимента и, таким образом, провести самостоятельное исследование.

Первые свои доклады по теме исследования Екатерина Антонова делала на специальном мероприятии — проводимой ЛНМО конференции «Академическая суббота», цель которой — представление исследовательской работы сначала в узком творческом коллективе научного семинара, а затем в расширенной аудитории школьной научно-практической конференции.

Позже проект был представлен на Балтийском научно-инженерном конкурсе 2019, Городской научно-практической конференции старшеклассников «Лабиринты науки» 2018/2019 учебного года (победитель, публикация – тезисы), Международной научной конференции школьников «XXIX Сахаровские чтения», XVIII Всероссийской научно-практической конференции

«Поленовские чтения», Всероссийской научно-инновационной конференции школьников «Открой в Себе Ученого» (диплом III степени), Алмазовском молодежном медицинском форуме 2019 (3 место в секции неврология (аспиранты, студенты)).

## **Партнеры Системы научных семинаров ЛНМО биологического профиля**

Для максимально эффективного осуществления такой деятельности руководители Системы научных семинаров и спецкурсов ЛНМО подписали соглашения о совместной деятельности с Федеральным государственным автономным образовательным учреждением «Национальный исследовательский Томский государственный университет, Институтом биомедицинских систем и технологий (ИБСиТ) СПбПУ, Федеральным государственным бюджетным учреждением «Петербургский институт ядерной физики им. Б. П. Константинова Национального исследовательского центра «Курчатовский институт», Института эволюционной физиологии и биохимии им. И. М. Сеченова РАН. Все соглашения актуальны и позволяют участникам Системы научных семинаров и спецкурсов ЧОУ ОидО «ЛНМО» осуществлять работу со специалистами этих институтов и в их лабораториях.

## **Научно-практические семинары инженерного профиля**

Научные семинары инженерного профиля отличаются прежде всего своей практической направленностью. Так как проекты учащихся связаны с инженерной деятельностью, основная форма работы в рамках семинаров — консультационная, направленная на поддержку конкретных проектов, реализуемых детьми. Одна из основных задач, реализуемых посредством научно-практических семинаров — формирование новых направлений,

в рамках которых может развиваться научно-исследовательская и проектная деятельность.

Научные семинары инженерного профиля отличаются прежде всего своей практической направленностью. Так как проекты учащихся связаны с инженерной деятельностью, основная форма работы в рамках семинаров — консультационная, направленная на поддержку конкретных проектов, реализуемых детьми. Одна из основных задач, реализуемых посредством научно-практических семинаров — формирование новых направлений, в рамках которых может развиваться научно-исследовательская и проектная деятельность.

Но, конечно, основная задача семинаров — стимулировать возникновение проектных идей, подпитывать их необходимыми знаниями, курировать работу проектных команд. Для инженерных проектов, реализуемых на базе школьных семинаров, можно выделить, в зависимости от источника задачи, три типа:

1. Проекты по тематике, которые школа считает перспективными. Администрация школы постоянно мониторит ситуацию в технической сфере и выбирает направления, в которых школе следует развиваться. В избранных направлениях продумывается система специальных курсов и научно-практических семинаров, ребят приглашают на эти курсы, в рамках которых совместными усилиями формулируются идеи практических работ.
2. Проекты по тематике, в которой школа может предоставить максимальную поддержку учащимся. Эта поддержка связана с наличием в школе тех или иных специалистов, оборудования или технологий. Специалист продумывает систему спецкурсов и научных семинаров, во время которых совместно с учащимися формулируются темы для проектных работ.
3. Проекты по тематике, сформулированной внешним заказчиком. Одним из следствий практической направленности

инженерной школы является то, что для многих работ существуют внешние заказчики. Именно они формируют идеи проектов, технические задания на них и предлагают систему спецкурсов и научных семинаров, которые покрывают потребности в знаниях, необходимых для реализации технического задания. На основе этих данных школа формирует систему семинаров и спецкурсов, призванных подготовить учащихся к реализации проектов по техническому заданию заказчика.

### **Пример семинара**

Проект «Проектирование и разработка музыкального синтезатора «Sequasion» с новым принципом генерирования звуковой волны» был выполнен учащимися ЛНМО в 2018–2019 учебном году. Тема была предложена во время работы летней школы, и была реализована И. Толмачевым и М. Мякишевым под руководством Д. В. Предтеченского, педагога дополнительного образования в ЛНМО, студента СПбГЭТУ «ЛЭТИ». В рамках подготовки к выполнению проекта ими были освоены разделы, посвященные математике звука, а в программу дополнительного образования включен специальный курс основ электроники и электротехники, без которого процесс разработки печатных плат и монтаж схем был бы невозможен.

Одним из факторов, повлиявших на выбор участниками темы для своего проекта, явилось то, что программирование для микропроцессора STM32 лежит в основе одного из магистральных направлений работы школы. Так как этому уделяется усиленное внимание, учащимся восьмого класса был предложен соответствующий курс программирования, освоение которого позволило точнее сформулировать свои идеи и получить базис для придумывания собственных проектов. Сам курс не заточен под личные проекты учащихся, но дает им знания, необходимые для того, чтобы понять, в какую сторону идти при выполнении своих работ.

## **Партнеры Системы научных семинаров ЛНМО инженерного профиля**

ООО «Инновационные комплексные системы», ООО «Образовательная робототехника», ООО «Центр лазерных технологий», научно-практическое предприятие «ТКА».



# Библиография

1. Чистяков И. А. Концепция обучения и экспериментальные программы академического класса Аничкова лицея с профильно-элитарным стандартом обучения по математике и физике. СПб.: Изд-во СПбГДТЮ, 1998.
2. Чистяков И. А., Штукенберг Д. Г., Михайлов В. Д. Концепция обучения и программы предпрофильного и профильного обучения. Специализация – математика. СПб., 2008.
3. Новиков Д. А., Глотова Н. П. Модели и механизмы управления образовательными сетями и комплексами. М.: Институт управления образованием РАО, 2004. URL: <http://www.methodolog.ru/books/mmuok.pdf> (дата доступа 08.07.15).
4. Чистякова М.В. Современные формы организации дополнительного математического образования // «Справочник заместителя директора школы. 2014. № 2. URL: [www.menobr.ru/products/1666/](http://www.menobr.ru/products/1666/) (дата доступа 07.07.15).
5. Чистяков И. А. Государственно-частное партнерство в области общего и дополнительного образования // Директор ссуза. 2014. июнь–июль. URL: <http://directorssuza.ru/index.php/2014-03-22-16-03-19/9-issues/51-june2014> (дата доступа 07.07.15).
6. О.Г. Петрова, Т.Н. Сляпцова, И.А. Яковлева. Методические рекомендации для учителя биологии по организации и проведению лабораторных работ на уроке и во внеурочной проектно-исследовательской деятельности с цифровыми лабораториями PASCO (в соответствии с ФГОС С(П)ОО), Полимедия. Москва, 2015. 267с.

# Приложение: список семинаров

## Математическая площадка

Тематика семинара	Руководитель семинара	Тип	Класс
Дифференциальные уравнения.			
Теоретическая подготовка к работе на роботе-бабочке	Ильин Юрий Анатольевич (к.ф.-м.н., СПбГУ, Мат-мех ф-т, доцент)	теор.	10–11 классы
Мера и категория	Куликов Петр Алексеевич (СПбГУ, Мат-мех ф-т, студент)	теор.	9 класс
Линейная алгебра	Семенов Андрей Вячеславович (ПОМИ, аспирант)	теор.	10 класс
Основы проективной геометрии	Золотов Борис Алексеевич (СПбГУ, Мат-мех ф-т, студент)	теор.	8 класс
Теория делимости	Богданов Иван Михайлович (СПбГУ, Мат-мех ф-т, студент)	теор.	7 класс
Основы цифровой обработки сигналов	Артюшин Денис Александрович (ПОМИ, аспирант)	теор.+пр	10 класс
Аэродинамика	Ряховский Алексей Игоревич (ФТИ им. А.Ф.Иоффе, Политех, аспирант)	теор.+пр	10 класс

Свободные алгебраические объекты	Иванов Сергей Олегович (к.ф.-м.н., СПбГУ, Лаборатория «САП»), Зайковский Анатолий Альбертович (СПбГУ, мат-мех ф-т, студент)	иссл.	инд
Комбинаторная и геометрическая теория групп	Алексеев Илья Сергеевич (СПбГУ, Мат-мех ф-т, студент)	иссл.	инд
Алгебра в естественных науках	Смоленский Андрей Вадимович (к.ф.-м.н., СПбГУ, Мат-мех ф-т, ассистент)	иссл.	инд
Алгебраическая топология	Соснило Владимир Александрович (СПбГУ, Мат-мех ф-т, аспирант)	иссл.	инд
Алгебраическая теория полугрупп	Кублановский Станислав Исакович (д.ф.-м.н.)	иссл.	инд
Верификация программ	Штукенберг Дмитрий Григорьевич (преподаватель университета ИТМО)	иссл.	инд
Анализ данных	Гученко Роман Александрович (к.ф.-м.н., СПбГУ, инженер-исследователь)	теор.+пр	9 класс
Семинары по информатике в Digital Design	ОАО Digital Design Мусихин Алексей Константинович (преподаватель ЛНМО)	вебинар	9–10 классы
Машинное обучение	Клеверов Максим Анатольевич (магистрант СПбПУ), Клеверов Денис Анатольевич (программист ЕРАМ)	теор.+пр	9–11 классы
Актуальные проблемы естественных наук в Лаборатории физического эксперимента СПбГУ	Лепескин Юрий Павлович (преподаватель ЛНМО), Калинин Сергей Анатольевич (к.ф.-м.н.)	практ.	7–11 классы

Теория групп	Федоров Алексей Алексеевич (выпускник СПбГУ, преподаватель ЛНМО)	теор.	10 класс
Изучение языка Java	Чубаха Никита Игоревич (преподаватель ЛНМО)	практ	11 класс
Химический эксперимент	Фидаров Алан Фидарович (к.х.н., преподаватель ЛНМО)	теор.	8 класс
Семинар по решению задач Международного турнира юных математиков		практ.	9–10 классы
Семинар по решению задач Международного турнира юных математиков		практ.	8 класс

## Химико-биологическая площадка

Тематика семинара	Руководитель семинара	Тип	Класс
Фармацевтика	Воронаев Иван Геннадьевич (учитель химии 1 категории), Сляпцова Татьяна Николаевна	иссл.	9-11 классы
Химические и физико- химические методы анализа	Воронаев Иван Геннадьевич (учитель химии 1 категории, педагог доп. образования)	иссл.	9-11 классы

XV Всероссийский химический турнир школьников. Подготовка сборной команды школы	Воронаев Иван Геннадьевич (учитель химии 1 категории, педагог доп. образования)	теор.	
Биостатистика	Данилов Лаврентий Глебович (магистрант каф. генетики и биотехнологии СПбГУ)	компл.	9, 10 классы
Биологические экскурсии	Дюмина Александра Викторовна (бакалавр биологии, Лаборатория паразитологии ЗИН РАН)	практ.	7-9 классы
Основы биологического эксперимента	Дюмина Александра Викторовна (бакалавр биологии, Лаборатория паразитологии ЗИН РАН)	практ	7 класс
Экология	Дюмина Александра Викторовна (бакалавр биологии, Лаборатория паразитологии ЗИН РАН)	теор.	8-9 классы
Теория и практика научного исследования в области биологии	Дюмина Александра Викторовна ( бакалавр биологии, Лаборатория паразитологии ЗИН РАН)	компл.	8-9 классы
Экологическая физиология	Еркудов Валерий Олегович (к.м.н., старший преподаватель кафедры нормальной физиологии СПбГПМУ)	иссл.	9-11 классы
Систематика растений	Иваненко Юрий Алексеевич( к.б.н., доцент биологического факультета СПбГУ)	теор.	8-9 классы
Антропология	Квасов Иван Дмитриевич (к.б.н)	теор.	11 классы
Генетика	Квасов Иван Дмитриевич (к.б.н.)	теор.	10 класс
Эволюция	Квасов Иван Дмитриевич (к.б.н.)	теор.	9 класс

Биологическая стереохимия	Пожванов Геннадий Александрович (к.б.н., ассистент кафедры физиологии и биохимии растений биологического факультета СПбГУ)	компл.	11 класс
Физиология человека	Пуговкин Андрей Петрович (д.б.н.)	компл.	10 класс
Микробиология	Сигунова Дарья Андреевна, Кузнецова Ульяна Евгеньевна (студенты кафедры Микробиологии СПбГПМУ)	иссл.	9-11 классы
Технология получения фуллеренов	Суясова Янина Вадимовна (к.ф.-м.н.)	иссл., инд.	11 класс
Основы биоразнообразия животных	Смирнова Анастасия Денисовна (бакалавр биологии РГПУ им. А. И. Герцена, магистрант биологического фак-та, каф. беспозвоночных)	теор. + иссл.	7-9 классы
Нейробиология	Смоленский Илья Вадимович (Институт эволюционной физиологии и биохимии им. И. М. Сеченова РАН, лаборатория молекулярных механизмов нейронных взаимодействий)	иссл.	9-11 классы
Цитология и гистология	Смоленский Илья Вадимович (Институт эволюционной физиологии и биохимии им. И. М. Сеченова РАН, лаборатория молекулярных механизмов нейронных взаимодействий)	теор. + иссл.	10 класс
Палеонтология	Каменцев Лев Игоревич	компл.	7-11 классы

Оценка влияния факторов среды на функциональное состояние организма учащихся	Аламбиева Елена Владимировна (к.г.н.)	иссл.	инд.
Влияние светового потока на развитие и продуктивность кресс-салата	Хомяков Юрий Викторович (к.б.н.), Сляпцова Татьяна Николаевна	практ.	9 класс

## Инженерная площадка

Тематика семинара	Руководитель семинара	Тип	Класс
3D-моделирование	Родичкин Артем Андреевич (к.ф.-м.н, СПбГУ)	практ.	8+
Использование САПР для создания средств электрического транспорта	Родичкин Артем Андреевич (к.ф.-м.н, СПбГУ)	практ.	8+
Пилотирование малоразмерных летальных аппаратов (мастер-классы компании «Инновационные комплексные системы»)	Астахова Наталья Леонидовна (член федерации авиамodelьного спорта, сборная России по дрон-рейсингу, магистр социальной педагогики, организатор соревнований по дрон-рейсингу)	практ.	7+

Создание электронных устройств для мониторинга окружающей среды	Черкасов Тимофей Михайлович (к.ф.-м.н, СПбГУ)	практ.	8+
Разработка и проектирование микроконтроллерных электронных устройств для	Предтеченский Дмитрий Вкентьевич (СПбГЭТУ, студент)	практ.	8+
Принципы конструирования аниматорных устройств при помощи 3D печати	Шперх Анатолий Альбертович (СПбПУ, инженер, к.ф.-м.н.), Горбульский Александр Давидович (программист, к.ф.-м.н.)	практ.	8+
Технология силиконового литья для изготовления компонентов робототехнических систем	Казанцев Александр Сергеевич (к.ф.-м.н., МВТУ)	практ.	7+
Система биометрического контроля	Горчакова Елизавета Юрьевна (СПбГУ, инженер)	практ.	8+
Практическая электроника	Черкасов Тимофей Михайлович (к.ф.-м.н, СПбГУ)	практ.	8+
Практическая аэродинамика (мастер-классы компании «Инновационные комплексные системы»)	Лукашов Василий Александрович (генеральный директор ООО «Инновационные комплексные системы», чемпион России и чемпион Европы по авиамodelьному спорту)	теор. + пр.	7+



Исследование оптимальных условий хранения музейных экспонатов		практ.	8+
История развития инженерной мысли через историю транспорта	Столов Валерий Борисович (СПбГУПС)	теор.	7+
Инженерное конструирование	Филиппова Татьяна Сергеевна (РГПУ им. А.И.Герцена, магистр)	практ.	5+
Цифровая лаборатория	Шперх Анатолий Альбертович (СПбПУ, инженер)	практ.	8+
Лабораторные работы в сотрудничестве с Лабораторией физического эксперимента СПбГУ	Калин Сергей Анатольевич (к.ф.-м.н.), Лепескин Юрий Павлович (преподаватель ЛНМО)	практ.	7+