

Четыре уровня проектной деятельности на примере курса по сканирующей зондовой микроскопии

Борис Альбертович Логинов

Национальный исследовательский университет «МИЭТ»
124498, г. Москва, г. Зеленоград, пл. Шокина, д. 1; e-mail: b-loginov@mail.ru

Предлагается выделение четырёх уровней образовательной проектной деятельности для учебных курсов, использующих учебно-научные приборы. Изучение принципов работы и конструкции прибора; выполнение лабораторных работ со стандартными образцами; подбор, создание и исследование своих образцов; и, наконец, пробное вхождение в мировую науку на образцах от исследователей всего мира – все эти уровни имеют качественные различия, что показывается на примере учебного курса по сканирующей зондовой микроскопии. Выделение четырёх уровней со своими задачами и индикаторами результативности улучшает организацию и показатели образовательной проектной деятельности в целом, а также формирует рекомендации к разработке учебных пособий – приборов. Учебный курс с четырьмя уровнями проектной деятельности применим от среднего до высшего профессионального образования, включая дополнительное образование, за счёт выбора подходящих уровней.

Ключевые слова: образовательная проектная деятельность, сканирующая зондовая микроскопия, нанотехнологии.

Введение

Отмеченное Нобелевской премией открытие в области сканирующей зондовой микроскопии и начавший активно развиваться на её основе широкий фронт нанотехнологий придали новый импульс в развитии образовательных программ [1, 2], и особенно в части проектной деятельности ввиду доступности этих микроскопов [3]. Более чем 15-летний опыт преподавания в этой области как для студентов ВУЗа, так и для школьников 8-11 классов, с постоянным поиском новых эффективных приёмов ввиду молодости самого предмета, привёл у нас к естественной дифференциации стадий – уровней образовательной проектной деятельности, предлагаемых к выполнению учащимися, с последующим выявлением специфических качеств и показателей достижения для каждого уровня. Беглое рассмотрение других образовательных программ, также использующих в качестве учебных пособий экспериментальную технику, позволило сделать предположение о возможности рассмотрения дифференциации стадий образовательной проектной деятельности как об общем факторе, который можно развить и рекомендовать к учёту при разработке новых учебных курсов и пособий к ним.

Постановка задач и индикаторы выполнения четырёх уровней проектной деятельности

Изучение принципов работы и конструкции прибора как первый уровень образовательной проектной деятельности, видимо берёт своё начало в самой психологии человека, если вспомнить то, что правильно делает младенец со своими первыми игрушками начиная познавать мир разбирая их. Как правило, все лабораторные работы начинаются с подачи теории определённого явления, на котором основана работа использующегося прибора, и с краткого описания конструкции и правил пользования этим прибором. Однако далее учащимся чаще всего предлагается просто начать пользоваться тем или иным прибором, исполняя по инструкции шаг за шагом тестовое задание. Опыт преподавания в таком ключе сканирующей зондовой микроскопии всегда приводил к невысокому проценту формирования устойчивой компетенции по умению пользования приборами: после прохождения обучения с успешной сдачей контрольных мероприятий ключи от комнаты с микроскопами редко можно было доверить учащимся для самостоятельной инициативной работы. На удивление хорошие результаты, когда после обучения ключи от комнаты стало возможным доверить почти каждому учащемуся, было достигнуто при переформатировании этапа освоении теории и пользования прибором в формат отдельной проектной деятельности – в тот самый формат, в котором работает психология младенца при познании игрушки. Мы переработали конструкцию микроскопа и дали учащимся чемоданчик с отдельными деталями, из которых им предлагалось в качестве проекта собрать прибор с нуля. Кроме того, используя то, что чаще всего все приборы имеют модификации для разных применений, мы также разработали и предложили учащимся дополнительные детали, используя которые они могут собрать более 20 модификаций микроскопа для различных задач и выполнить соответствующее количество проектов. Ввиду того, что учащиеся сами рассматривают детали и осмысленно собирают из них микроскоп своими руками, глубина освоения микроскопа абсолютным большинством группы учащихся увеличивается настолько, что микроскоп для них становится просто «обычным инструментом». Он не остается «волшебной коробочкой», как это зачастую на учебных курсах с использованием тех или иных приборов. Это очень важно, так как чтобы в современной науке сделать открытия, чаще всего требуется не просто пользоваться стандартным прибором, а делать разные дополнительные приспособления, например, подогреть образец, подать напряжение или поместить в вакуум. Вероятность сделать открытие стандартной техникой очень мала ввиду того что стандартной техникой уже пользовалось очень большое количество пытливых людей. Конечно же, как-то переделать микроскоп под условия своего специфичного эксперимента может только тот, кто досконально знает микроскоп и из-за этого не боится рискнуть, знает, что не

сломает его. Собравшие своими руками микроскоп учащиеся начинают понимать, что «не боги горшки обжигают» и вполне можно делать любые такие же сложные научные приборы - это важно в современных условиях использования в качестве учебных пособий чаще всего импортных приборов, что создаёт неверное представление о том, что в отечестве их делать не умеют.



Рисунок 1. Чемоданчик с деталями микроскопа СММ-2000 и сдача предпрофессионального экзамена со сборкой микроскопа и исследованием на нём предоставленных образцов.

Выполнение лабораторных работ со стандартными образцами стало выделяться нами в качестве второго уровня образовательной проектной деятельности. Как подготовка к следующему уровню, в этом уровне необходимо чтобы учащийся познакомился с набором разнообразных приспособлений, применяемых на практике при использовании этого прибора. Для микроскопа это различные виды креплений, в том числе приклейки образца, способы приложения к нему напряжения, создания магнитного поля и другие. Казалось бы, что сложного в том, чтобы припаять к образцу проволочку, но реальность такова, что на вопрос «кто умеет паять» – отвечают единичные студенты из пришедших в ведущий ВУЗ страны по электронике, и без формирования у них набора этих мелкомоторных компетенций ничего не получится. Поэтому учащимся предлагается стандартный набор разных образцов, но приспособиться к исследованию на микроскопе каждого из них превращается для них в настоящую проектную деятельность. В этом же этапе – собственно получение первых результатов с этих разных образцов, куда включается умение получить результат на

приборе, у которого так же много кнопок управления с их многообразием взаимодействия между собой, как и у мобильного телефона, и это также часть проектной деятельности, формирующей соответствующие умения.

В качестве контрольного мероприятия по освоению школьниками первых двух уровней проектной деятельности у нас выступает предпрофессиональный экзамен, утверждённый в Министерстве просвещения РФ и предоставляющий школьникам возможность получения дополнительных баллов при поступлении в ВУЗы. За один час экзамена более двухсот из сдающих его ежегодно у нас около трехсот школьников успешно справляются со всеми заданиями экзаменационных билетов – успевают не только собрать и включить микроскоп, но и установить в него образец с зондом, получить кадр, обработать его подходящим по ситуации алгоритмом фильтрации и измерить параметры найденных на кадре объектов, например, определив их характерные размеры, что говорит о реальных возможностях школьников в случае высокой мотивации.

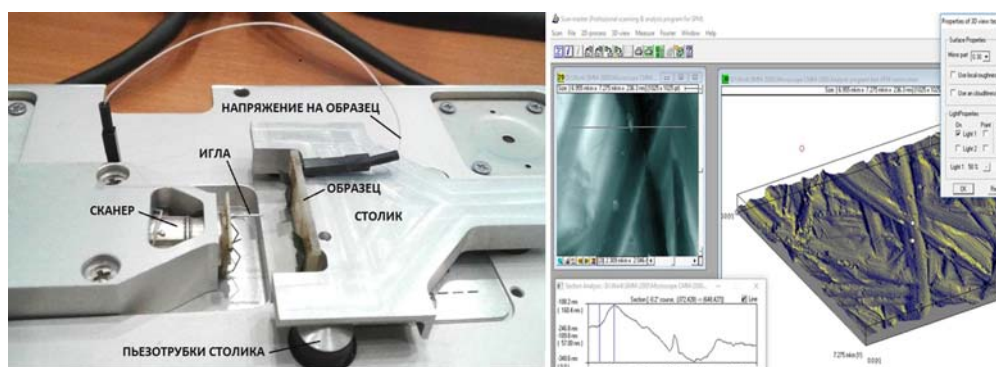


Рисунок 2. Установка образца с зондом и освоение программы управления во втором уровне проектной деятельности.

Сравнительно недавно, около двух лет назад, в третий образовательный уровень проектной деятельности нами выделен и даёт хорошие результаты этап, в котором мы предлагаем учащимся самим выявить какую-то проблему или хотя бы просто поставить вопрос, и провести исследование с получением решения. Этот этап мы проводим для подготовки самосознания учащихся к итоговому четвёртому этапу, от которого как от итога образовательной проектной деятельности от учащихся ждут и даже требуют решение пусть микрозадач, но с непременно с народохозяйственной пользой или научными открытиями. Удивительно, но этого ждут даже от школьников – при том, что решение задачи даже в аспирантуре для признания кандидатом физико-математических наук предполагает наличие научного руководителя, который и

определяет тему исследований, и курирует выполнение работы, которая ещё всё-таки считается учебной научной работой, выполненной не по самостоятельному выбору проблематики. Также является удивительным и прискорбным тот факт, что в нашем обществе сейчас весьма низок престиж научной деятельности, и, конечно, хотелось бы восстановить уважительное отношение учащихся к людям,двигающим науку и создающим наше будущее. Поэтому в третьем уровне проектной образовательной деятельности мы и предлагаем учащимся попробовать что-то изобрести пока самим и своё, используя присущее им в их возрасте мнение что они «самые-самые». Пусть попробуют изобрести что-то новое, что-то исследовать и выявить что-то такое, что ещё не замечал никто до них. Пусть пробуют всё что придумают – выясняют, отчего листья одних и тех же растений бывают и блестящими, и нет, или камешки в одном месте более черные, чем в другом. Кроме сканирующих зондовых микроскопов для направлений подготовки «новые материалы» и «нанотехнологии» нами была также создана несложная и рассчитанная даже на школьников вакуумно-плазменная установка, позволяющая учащимся не выходя из комнаты с микроскопами создавать бесконечное количество проектов за счёт возможностей термического, плазменного, магнетронного и электроискрового напыления различных материалов в различных комбинациях. Им стало доступным создание наночастиц различных свойств, выполнение проектов по энергетике и другим приоритетным областям науки и техники. Например, всего лишь поочерёдное напыление меди и алюминия с последующим вытравлением меди даёт высокоэффективный электрод большой площади для источников тока. Бывает, что учащиеся проявляют наблюдательность и вскрывают и объясняют разные неожиданные закономерности, но всё-таки число таких проектов единично, и все учащиеся наконец-то всё-таки начинают понимать, что вскрыть проблему и даже поставить вопрос, чем занимается наука – это далеко совсем не просто. Итак, третий уровень проектной

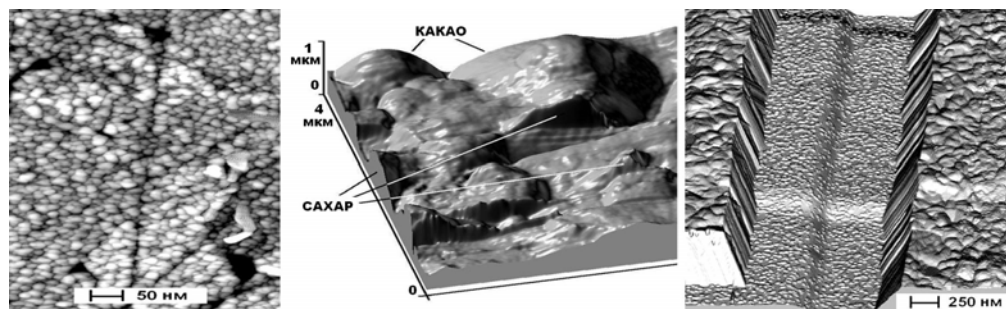


Рисунок 3. Инициативный поиск учащимися различий в структуре фарфора (слева) чашек из разных стран, шоколада (по центру) разных вкусовых качеств и флеш-памяти (справа) разной ёмкости.

деятельности – это воспитание «вкуса» к самостоятельным открытиям, получение неопенимого опыта в поиске и решении непознанного, и появление уважения к людям настоящей науки.

Четвёртый, итоговый выделяемый нами уровень образовательной проектной деятельности, мы даём учащимся выполнять как пробное вхождение в мировую науку на образцах от исследователей всего мира. За прошедшие первые три уровня проектной деятельности учащиеся уже умеют хорошо работать с прибором, готовы к пробному шагу в настоящую науку, и они уже ценят работу настоящих исследователей, рады пообщаться с ними, т.к. на практике поняли трудность этого в третьем уровне и начали уважать их. Для подключения учащихся к науке и получения образцов необходимо различными способами довести до научной общественности информацию о наличии хорошего прибора и учащихся, которые рады бесплатно поработать на науку. Например, неплохо создать об этом страничку на сайте учебной организации. Хорошие результаты нам дают выступления на научных конференциях различных тематик с изложением результатов уже сделанных исследований, с объяснением принципов работы и возможностей зондовых микроскопов и устным предложением широкой аудитории прислать образцы на бесплатные исследования. Зондовые микроскопы, созданные специально для демонстрации учащимся изображений атомов, за что их изобретатели и были отмечены Нобелевской премией – оказываются весьма привлекательны для применения людям науки, особенно если эти микроскопы ещё и входят в Госреестр средств измерений, как, например, наш отечественный микроскоп СММ-2000. Практика последних 10 лет преподавания в МИЭТ студентам и школьникам показала эффективность такого четвёртого этапа проектной деятельности. Студенты, и даже школьники до поступления в ВУЗ – становятся соавторами настоящих научных публикаций, так как ученые, которые посылают образцы, курируют исследования учеников, передают им свою «искру научного поиска», и в ответ на получение хороших результата по своей инициативе часто вписывают учеников соавторами в публикации с рейтингами мирового уровня. Это хорошо профориентирует учащихся и даёт им «входной билет» в науку, так как школьники с такими публикациями в качестве личных достижений могут претендовать на поступление в более престижные ВУЗы, а в качестве студентов могут претендовать на именные стипендии и даже на гранты на проведение собственных исследований.

Заключение

Четыре уровня образовательной проектной деятельности, имея описанные выше различные задачи, наполнение и виды результатов, формируют также рекомендации к учебным приборам. Хорошо, если прибор можно разобрать «до винтика» и собрать

обратно чтобы досконально понять его учащемуся; хорошо если прибор может быть переконфигурирован учащимися в разных вариантах применения; хорошо если к прибору есть типовые образцы его применения с разными приспособлениями для них; хорошо, если к прибору есть дополнительные технологические установки, на которых можно моделировать и делать разнообразные образцы для последующего изучения их на приборе; и хорошо если несмотря на то что это учебный прибор, чтобы он был не усеянного качества, а наравне с настоящими научными приборами; при этом если он ещё и входит в Госреестр средств измерений и таким образом подтверждается истинность показаний на нём, это дополнительно повысит число работников науки и техники, которые придут и привлекут учащихся к своим настоящим задачам.

Автор благодарит член-корреспондента РАН, д.ф.-м.н., профессора Горбачевича А.А., заведующего кафедрой квантовой физики и наноэлектроники МИЭТ, а также весь ректорат МИЭТ за всяческую поддержку в совершенствовании учебного курса, и выражает признательность д.ф.-м.н., профессору Ханину С.Д., заведующему кафедрой физики Военной академии связи им. Маршала Советского Союза С. М. Будённого, за методическую помощь и мотивацию к публикации наработанного материала.

Литература

1. Карпухин С.Д., Быков Ю.А., Щекотов М.А. Сканирующая туннельная микроскопия. Аппаратура, принцип работы, применение: Учебное пособие. – М.: МГТУ им. Н.Э.Баумана, 1999 г., 48 стр.
2. Логинов Б.А. Сканирующая туннельная и атомно-силовая микроскопия: Учебно-методическое пособие. – М.: МИФИ, 2008 г., 224 стр.
3. Логинов Б.А. Новые возможности в преподавании курсов по зондовой микроскопии и нанотехнологиям. – Физическое образование в вузах, 2017 г., № 4, стр. 71-78.

Four Levels of Educational Project Activity on the Example of Learning Course on Scanning Probe Microscopy

Boris A. Loginov

*Head of nuclear modification and semiconductor surface analysis research laboratory,
senior lecturer of quantum physics and nanotechnology department,
National Research University of Electronic Technology;
Head of Precision Instruments Department, Plant JSC «Zavod PROTON»
bld. 1, Shokina sq., Zelenograd, Moscow, 124498, Russia; e-mail: b-loginov@mail.ru*

Received August 19, 2019

PACS 01.50.Qb

It is proposed to allocate four levels of educational project activities for training courses using educational and scientific instruments. The study of the principles of operation and design of the device; laboratory work with standard samples; creation and study of their unique samples; and finally, a trial entry into world science on samples from researchers around the world – all these levels have qualitative differences, as shown by the example of the training course on scanning probe microscopy. The allocation of four levels with their objectives and performance indicators improves the organization and performance of educational project activities in General, as well as forms recommendations for the development of teaching educational devices. The training course with four levels is applicable from secondary to higher professional education, including additional education, through the selection of suitable levels.

Keywords: educational project activities, scanning probe microscopy, nanotechnology.

References

1. Karpuchin S.D., Bykov Yu.A., Schekotov M.A. Scanning Tunneling Microscopy. Instruments, principle of operation, application: Tutorial – Moscow, Bauman Moscow State Technical University, 1999, 48 p.
2. Loginov B.A. Scanning Tunneling and Atomic Force Microscopy: Tutorial – Moscow, National Research Nuclear University MEPhI, 2008, 224 p.
3. Loginov B.A. New opportunities in teaching courses on probe microscopy and nanotechnologies – Physics in Higher Education, Vol. 23, No. 4, 2017, p. 71-78.