

УДК : 538.9

*А. А. Спахов, В. В. Беляев, Н. В. Зверев, А. А. Синявина, В. В. Грудина**

ЖИДКИЕ КРИСТАЛЛЫ КАК ТЕМА ШКОЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ ДЛЯ УРОКОВ ФИЗИКИ В УСЛОВИЯХ НОВЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ СТАНДАРТОВ

LIQUID CRYSTALS AS TOPIC OF SCHOOL PROJECTS FOR PHYSICS LESSONS IN TERMS OF NEW EDUCATIONAL STANDARDS

Московский государственный областной университет,
Научно-образовательный центр физических и химических исследований
материалов и наносистем, Москва, ул. Радио, д. 10а. E-mail: spakhov@mail.ru
*МКОУ средняя образовательная школа № 5 с УИОП г. Солнечногорск

Большинство школьников слышали о жидких кристаллах, но никогда с ними напрямую не работали. В то же время это достаточно доступный и интересный объект для исследований, затрагивающий не только важные вехи развития науки и техники, но и раскрывающий разные аспекты явлений самосборки и самоорганизации, вопросы химической термодинамики, процессы получения наноструктурированных материалов, многих современных «умных» устройств. Явления фотоориентации и фотоанизотропии имеют перспективное применение в создании и функционировании жидкокристаллических устройств. Целью работы является внедрение в методику учебного процесса школьника изучения, получения результатов в наносреде и, в частности, работы с жидкими кристаллами.

Ключевые слова: жидкие кристаллы, фотоориентация, анизотропия, дихроизм, полимеры, красители, двулучепреломление.

Most students have heard of liquid crystals, but never directly worked with them. At the same time, it is quite affordable and interesting object for research that addresses not only the important milestones in the development of science and technology, but also shows different aspects of the phenomenon of self-assembly and self-organization, the issues of chemical thermodynamics, processes of preparation of nanostructured materials, many of today's «smart» devices. Phenomena of photoalignment and photoanisotropy have prospective application in the construction and operation of liquid crystal devices. The aim of this work is to implement into methodology of learning process of schoolchildren such steps as researching, obtaining results in nano environment, and in particular working with liquid crystals.

Key words: liquid crystals, photoalignment, anisotropy, dichroism, polymers, dyes, birefringence.

В настоящее время в образовании широко используется проектно-исследовательский метод, для которого характерно выполнение учебных проектов в рамках отдельных предметов или в дополнение к ним. Разработка и выполнение учебных проектов направлены на воспитание и развитие самоопределяющейся личности, обладающей проективным отношением к миру и способной к сотрудничеству с другими людьми.

Современный Федеральный государственный образовательный стандарт основного общего образования по физике [1] предъявляет требования к личностным, метапредметным и предметным результатам обучения в школе. Среди них особое

место занимает готовность учащихся к саморазвитию и самоопределению. При этом большое внимание уделяется формированию научного типа мышления, овладению научными методами и приемами, например, при наблюдении физических явлений, проведении опытов, простых экспериментальных и теоретических исследований. Поэтому при изучении физики проектная деятельность (учебный проект) занимает важное место.

Выполнение любого проекта связано с последовательным решением некоторых общих задач, например определением и анализом целей проекта; построением, оценкой и выбором вариантов проекта; формированием структуры, выбором состава исполнителей, ресурсов и сроков; управлением взаимодействия с внешней средой; управлением исполнителями; регулированием хода работ (внесением корректив). Решение перечисленных задач должно согласовываться с задачами управления проектом, например, прогнозированием и оценкой результатов; планированием; распределением ресурсов; стимулированием исполнителей; оперативным управлением.

Таким образом, проект имеет сложную структуру, все его составляющие также структурированы.

Проектно-исследовательская деятельность в рамках физики ориентирована на самостоятельную познавательную работу учащихся и всегда предполагает решение выбранной научной или инженерной проблемы, предусматривающей, с одной стороны, использование разнообразных методов, средств обучения, а с другой – интеграцию знаний, умений из различных областей и наук. Результаты выполняемых проектов всегда должны быть практически ориентированы, т. е., если это теоретическая проблема, то должен быть найден путь ее решения, если практическая, то необходим конкретный результат в виде модели или макета, вычислительной программы.

Аналогичные навыки должны развиваться и у других участников школьного образовательного процесса – учителей, тьюторов. В процессе работы над научным проектом у учащихся повышается мотивация учения по разным предметам, и не только по физике или информатике. У них формируются новые навыки самостоятельного учения. Эти навыки используются неоднократно и не только в точных и естественных науках, а и во всем, что окружает любознательного ученика. Проект должен рассматриваться как форма деятельности учащегося, направленная на формирование и развитие самостоятельности в обучении.

Работу над учебным проектом можно условно разбить на следующие этапы:

1. Постановка учебной проблемы, определение темы проекта, её обсуждение.
2. Формулировка цели и задач проекта.
3. Определение типа проекта (индивидуальный, парный, групповой), составление планов работы.
4. Поиск и отбор информации, систематизация и анализ собранного материала.
5. Разработка проекта, обсуждение полученных данных.
6. Оформление проекта, подготовка его к защите на различных школьных мероприятиях.
7. Защита проекта.
8. Обсуждение и оценка выступлений, подведение итогов, составление отчетов о проделанной работе.

В последнее время получает развитие проектная научная деятельность учащихся в рамках постоянного сотрудничества школа – вуз, которая реализует цели проектно-исследовательской деятельности, лежащие в основе образовательного стандарта, наилучшим образом. Задача такой работы – не только ознакомление с достижениями в науке и технике, но и непосредственное личное участие в процессе их развития.

Примером такой деятельности являются тьюторские и школьные проекты, развиваемые в Московском государственном областном университете (МГОУ) на кафедре теоретической физики, кафедре методики преподавания физики и в учебно-научной лаборатории теоретической и прикладной нанотехнологии [2]. На базе этих подразделений создан Научно-образовательный центр физических и химических исследований материалов и наносистем (НОЦ ФХИМН) МГОУ. Кроме образовательной деятельности, в НОЦ ФХИМН выполняются научные проекты различного уровня, в том числе по госконтрактам Министерства образования и науки РФ, грантам Президента РФ, грантам РФФИ.

В последнее время в НОЦ стало возможно выполнение учебных проектов любого уровня для средних школ в соответствии с новыми образовательными стандартами. В декабре 2011 г. студентами физико-математического факультета (ФМФ) МГОУ подготовлен ряд тьюторских проектов в рамках конкурса лучших научных кураторов школьных проектных работ (тьюторов), организованного компанией НТ МДТ, МГУ им. М.В. Ломоносова и проводившегося при поддержке корпорации Intel, Министерства образования и науки РФ, Фонда инфраструктурных и образовательных программ РОСНАНО [3].

В качестве общей темы по нанотехнологии выбраны жидкие кристаллы (ЖК) – среда с надмолекулярными структурными единицами, имеющими размеры в нанометровом диапазоне, что определяет отличие свойств ЖК как от твердых кристаллов, так и изотропных жидкостей. Другим направлением тьюторских проектов является взаимодействие ЖК с двумерными наноразмерными объектами. Эта тематика развивается в МГОУ в течение нескольких десятилетий [4—9]. Темы работ и ссылки на них представлены в табл. 1.

Таблица 1

Темы тьюторских работ ФМФ МГОУ по нанотехнологиям

№	Тема проекта	Автор (студент МГОУ)	Ссылки
1	Изучение зависимости диэлектрических свойств нематического жидкого кристалла от температуры	Дмитрий РЫБАКОВ	http://www.nanometer.ru/2011/12/28/liquid_crystal_266522.html
2	Исследование динамических структур жидких кристаллов акустическими методами	Юнна ФЕДОРОВА	http://www.nanometer.ru/2011/12/27/liquid_crystal_266491.html
3	Энергия сцепления жидких кристаллов с поверхностью кремний-органических пленок	Михаил СВЕТЛОВ	http://www.nanometer.ru/2011/12/28/liquid_crystal_266521.html
4	Фотоанизотропия в пленках полимеров с красителями	Алексей СПАХОВ	http://www.nanometer.ru/2011/12/29/fotoanizotropia_266577.html
5	Моделирование взаимодействия жидких кристаллов с поверхностью углеродных нанотрубок	Николай СМЕРНОВ	http://www.nanometer.ru/2011/12/28/matematiceskoe_modelirovanie_266520.html

Примером тьюторского проекта является проект: «Фотоанизотропия в пленках полимеров с красителями», выполненный студентом 53 группы физико-математического фа-

культета МГОУ Спаховым А. А. Структура проекта приведена на рис. 1 и 2. На рисунке 1 справа показана копия диплома победителя 1 этапа конкурса тьюторов.

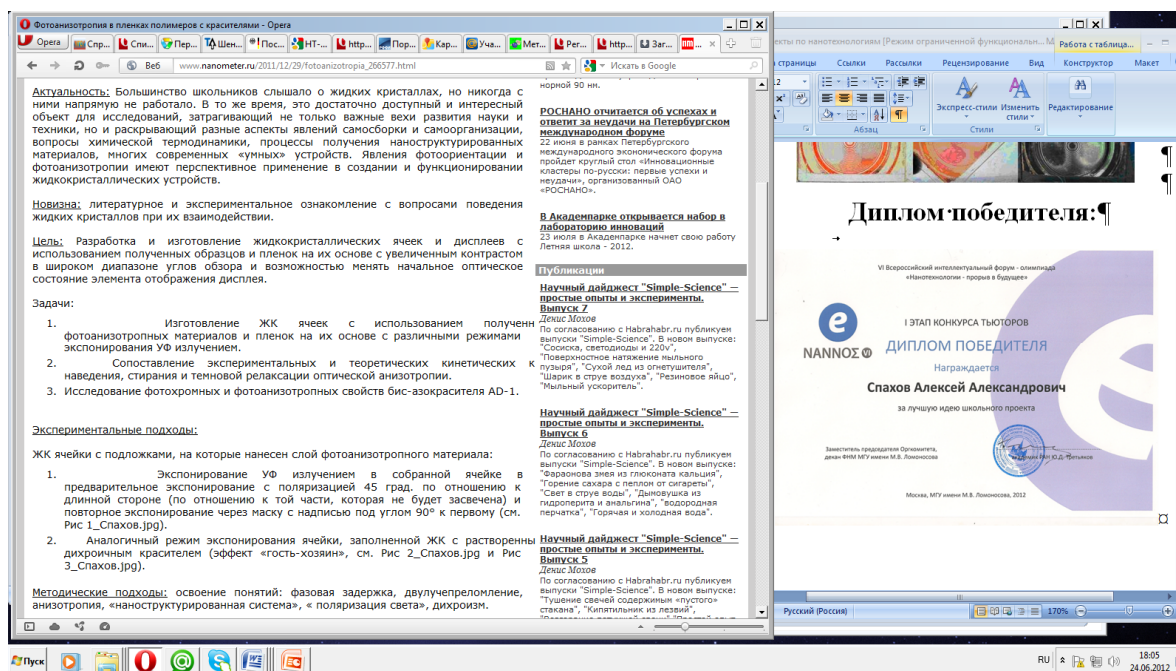


Рис. 1. Диплом победителя конкурса тьюторов

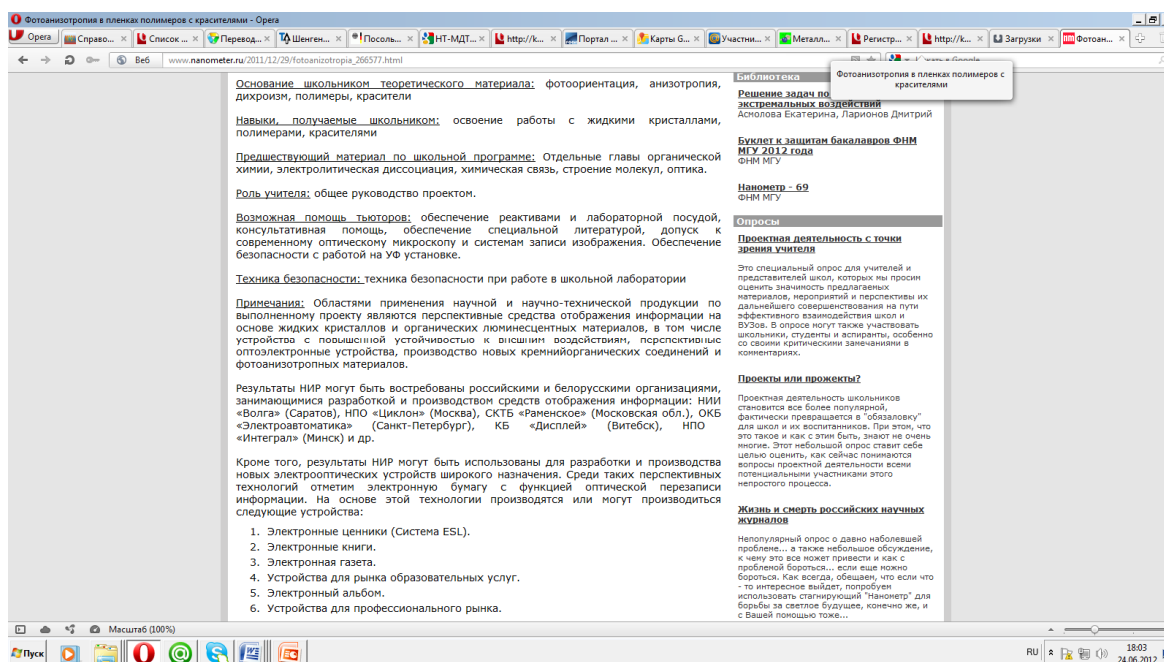


Рис. 2. Структура проекта

Примером реализации другого типа проектов для школ является научное взаимодействие сотрудников НОЦ ФХИМН и учащихся МКОУ СОШ № 5 г. Солнечногорска Московской области. Ранее упоминалось, что в МГОУ большое внимание уделяется вопросам исследования свойств жидких кристаллов и разработок материалов

и устройств на их основе. Также на ФМФ МГОУ на кафедре методики преподавания физики разрабатываются современные учебники по физике для российских средних школ. Они отличаются от других системностью изложения учебного материала и единством теоретического и экспериментального методов познания предмета физики.

Работа обеих кафедр (теоретической физики и методики преподавания физики) является серьезной базой для реализации школьных исследовательских проектов при изучении физики и технологии жидких кристаллов. В 2012 году ученицей 11 класса средней школы № 5 Климовкиной Алиной была выполнена исследовательская работа по теме «Исследование взаимодействия жидких кристаллов с фотоанизотропными полимерными пленками». В данной работе были использованы и результаты экспериментов, проведенных студентом кафедры теоретической физики Спаховым А. в проекте «Фотоанизотропия в пленках полимеров с красителями».

В обеих работах изучены два эффекта: а) кинетика фотоиндуцированного фазового перехода нематический жидкий кристалл (НЖК) – изотропная жидкость в азокси-соединениях как при поглощении прямого поляризованного или неполяризованного излучения, так и при распространении обратного излучения; б) переориентация ЖК под действием приложенного электрического напряжения.

Объектом исследования был выбран жидкий кристалл НИОПИК – российский материал ЖК-440, который был смешан в соотношении 2:1 с веществом производных диазоксибензола ($C_4H_9-C_6H_4-N(O)=N-C_6H_4-R_{1,2}$, где $R_1 = OCH_3$, $R_2 = OSCOC_6H_{13}$) с добавками ион-аддитивного бромида тетрабутиламмония. Каждое азокси-вещество представляет собой смесь двух изомеров, отличающихся положением атома кислорода в центральном соединении молекулы. Нематическая фаза лежит в диапазоне от $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+75\text{ }^{\circ}\text{C}$, скачок диэлектрической проницаемости $\Delta\epsilon(25\text{ }^{\circ}\text{C}) = -0,40$, скачок показателя преломления $\Delta n(25\text{ }^{\circ}\text{C}, \lambda = 589\text{ nm}) = 0,24$.

Активирующим источником света была ртутная лампа ДРШ-250 со стеклянным фильтром спектра и поляризационная призма Глана – Томпсона. Интенсивность активирующего излучения в плоскости образца была несколько мВт/см^2 . Фотоиндуцированные превращения были изучены при комнатной температуре ($22\text{ }^{\circ}\text{C}$) на длине волны $632,8\text{ nm}$, лежащей в диапазоне прозрачности образца, в течение процесса фотоактивации образца. Положение образца обеспечивало одинаковые направления поляризатора и ЖК-директора (длинных осей молекул нематических ЖК) на передней подложке внутренней поверхности.

Были измерены изменение спектра ЖК-440, а также зависимость поворотной оптической активности ячейки (10 мкм толщиной) от длины волны ($365, 405$ и 436 nm) активирующего излучения. Были также изучены поведение интенсивности рассеянного излучения и анизотропии образовавшегося дифракционного образца, изучено доменное микроскопическое строение излучающей ячейки с помощью поляризационного микроскопа MIN-8.

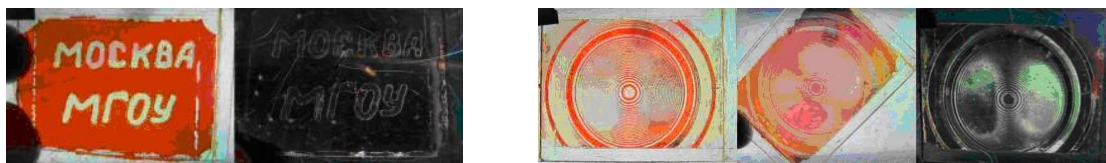


Рис. 3. Примеры ЖК-ячеек с полученными пленками

Исходные растворы молекул твердого вещества ЖК-440 (12 %) в полиметилметакрилате (ПММА) проявляют свойство фотоиндуцированного двойного лучепреломления, которое сохраняется в течение длительного времени. Голограммы, записанные на этих слоях посредством гелий-кадмиевого лазера (325 нм), сохранялись в течение нескольких часов, в то время как они исчезали в чистом веществе ЖК-440 через несколько минут. Примеры ЖК-ячеек с полученными пленками показаны на рис. 3.

Рассмотрим, как выполнялась вторая часть проекта: «Исследование взаимодействия жидких кристаллов с фотоанизотропными полимерными пленками».

Тема данной работы выходит за пределы школьного курса физики. Объектом исследования, как следует из темы проекта, стали свойства жидких кристаллов с пленками. Гипотеза, заявленная в работе, кроме изучения свойств и природы жидких кристаллов, состояла в том, что их физические свойства зависят от освещенности поляризованным лазерным лучом и от приложенного напряжения. Перед исследователем ставилась цель – получение доказательств возможности использования кристаллов и пленок с повышенным контрастом для увеличения диапазона углов обзора дисплея. Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- Изучена физическая природа и свойства жидких кристаллов.
- Проведен анализ недостатков ЖК-дисплеев.
- Проведены эксперименты на образцах и пленках, полученных в лаборатории МГОУ.
- Проанализирована зависимость освещенности поляризованного лазерного луча от приложенного напряжения.
- Показана возможность использования полученных образцов и пленок с повышенным контрастом для увеличения диапазона углов обзора дисплея.

При выполнении любого исследовательского проекта можно выделить три основных этапа работы: подготовительный, основной и заключительный.

На подготовительном этапе исследовательской работы ученицей был изучен и разобран с помощью учителя доступный для понимания научный материал по теме проекта, разработан план проведения исследований и измерений, подготовлен список требуемого измерительного и лабораторного оборудования, выяснены требования к алгоритму действий. В связи с трудностью приобретения школой исследуемого материала и оборудования на базе тесного сотрудничества школы с коллективом кафедры теоретической физики МГОУ были организованы исследовательские эксперименты в лаборатории кафедры, где учителем и ученицей был собран стенд с исследуемыми образцами, лазером, блоками питания и измерительным комплексом приборов, выполнены исследования и измерения (рис. 4).

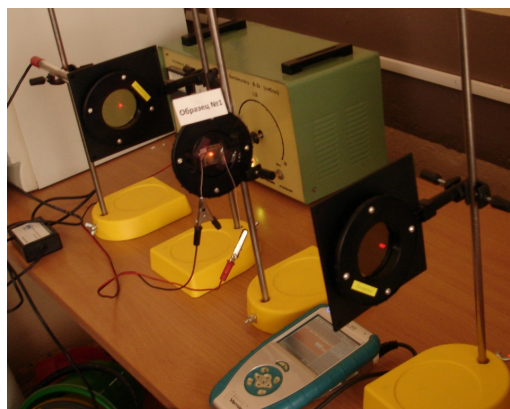


Рис. 4. Измерительный комплекс приборов для исследования образцов лазером

Полученные результаты и измеренные параметры жидких кристаллов и пленок в зависимости от воздействия лазерного излучения легли в основу исследовательской работы. Ученицей под руководством учителя и в сотрудничестве с заведующим кафедрой были сформулированы основные тезисы работы, получены экспериментальные графики (рис. 5), обсуждены и изучены полученные результаты и расчеты, подготовлены выводы.



Рис. 5. Вольт-контрастная характеристика исследуемых соединений

На третьем этапе ученица на основании данных, полученных при исследовании, оформила обоснованные научные выводы по проектной работе, подготовила макеты, иллюстративный и презентационный материал для выступления с докладом.

Данные измерений и расчетов, полученные во время исследовательской работы, подтвердили гипотезу ученицы о качественном и количественном характере зависимости свойств жидких кристаллов и пленок от интенсивности полупроводникового излучения и напряжения, выдвинутую на начальном этапе работы.

Выполненное исследование было представлено и отобрано для участия в конкурсе, проходившем в МГУ им. М. В. Ломоносова в рамках VI Всероссийского интеллектуального форума «Нанотехнологии – прорыв в будущее». Описанная работа получила признание, а ученица стала призером конкурса.

На данном примере можно проследить все основные этапы работы, как реализуются основные требования к проведению подобных исследований. Следует заметить, что на всех этапах исследования у ребенка отмечено положительное изменение в мотивации обучения в школе, развитии логического мышления, сформировались навыки публичного выступления, появились уверенность и готовность в принятии ответственных решений.

Учитывая перспективность применения жидких кристаллов в различных областях науки и техники, исследования в данном направлении будут продолжены в следующих проектах с учащимися школы № 5 г. Солнечногорска.

Исследовательский проект на современном этапе является одной из основных форм развития креативных способностей учащихся. Учащиеся старшей школы, выполняя актуальные, социально значимые проекты, проходят путь не только профессионального, но и нравственного, и гражданского становления.

В заключение еще раз отметим, что в МГОУ в Научно-образовательном центре физических и химических исследований материалов и наносистем возможно выполнение учебных проектов любого уровня для средних школ в соответствии с новыми образовательными стандартами.

Данная работа частично поддержана грантом Президента Российской Федерации ВШ-1495.2012.8 (Ведущие Научные Школы).

Список использованной литературы

1. Федеральный государственный образовательный стандарт основного общего образования // Приказ Министерства образования и науки РФ № 1897 от 17 декабря 2010 г. (Москва)
2. *Хижнякова Л. С., Синявина А. А.* Физика. 9 класс : учебник для учащихся общеобразовательных учреждений. М. : Вентана-Граф, 2012. 304 с.
3. http://www.nanometer.ru/2011/12/01/proektnaa_deatelnost_265004.html
4. *Беляев В. В.* // Успехи химии. М. , 1989. Т. 58, вып. 10. С. 1601—1670.
5. *Беляев В. В.* Вязкость нематических жидких кристаллов. М. : Физматлит, 2001. 224 с.
6. *Беляев В. В.* // Успехи физических наук. М. , 2001. Т. 171, № 3. С. 267—298.
7. *Belyaev V. V., Dadivanyan A. K., Pashinina Y. M., Chausov D. N., Solomatin A. S.* // Mol. Cryst. Liq. Cryst. Philadelphia, USA, 2011. Vol. 545. Issue 1. P. 159/[1383]—167/[1391].
8. *Базаров И. П., Геворкян Э. В.* Статистическая теория твердых и жидких кристаллов. М. : Изд-во Моск. ун-та, 1983. 261 с.
9. *Беляев В. В., Мазаева В. Г., Минько А. А., Тимофеев С. Н.* // Вестник МГОУ. Сер. Физика и математика. 2010. Вып. 1. С. 52—57.

Поступила в редакцию 25.10.2012 г.