

## Новые подходы к изучению развития науки и техники при работе с учениками среднего школьного возраста

С. Б. Рыжиков<sup>1,\*</sup>, Ю. В. Рыжикова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова,  
физический факультет, кафедра общей физики  
Россия, 119991, Москва, Ленинские горы, д. 1

<sup>2</sup>Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова,  
физический факультет, кафедра оптики, спектроскопии и физики наносистем  
Россия, 119991, Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 2

(Статья поступила 29.09.2020; подписана в печать 05.10.2020)

Рассмотрен вопрос изучения со школьниками истории и перспектив развития науки и техники. Предложено проведение сопоставления исторического развития отрасли науки и развития исследовательских способностей школьников с целью не только повысить интерес учеников к рассматриваемому предмету, но и к осознанию того, какие личностные способности им нужно в себе развивать.

PACS: 01.40.Fk

УДК: 373.574

Ключевые слова: методика преподавания, история науки, электричество.

### ВВЕДЕНИЕ

Изучение со школьниками истории и перспектив развития науки и техники наталкивается на сложность рассматриваемых проблем, поскольку уровень знаний школьников не позволяет должным образом объяснить им существующие проблемы и возможные пути их решения. Поверхностное же изложение материала, как показывает опыт, не вызывает особого интереса у школьников [1].

Авторы предлагают методику, которую можно условно озаглавить «онтогенез есть краткое повторение филогенеза». Предлагается проводить сопоставление основных этапов развития исследовательской личности и этапов пути, по которому развивалась определенная область науки и техники [2].

### МЕТОДИКА

Рассмотрим для примера развитие электромагнетизма, приведшего к возникновению электроники и нанотехнологий. Любое исследование начинается с наблюдения. Но наблюдатель должен быть *внимательным*, чтобы эффект не ускользнул от него. Школьникам можно предложить аналогию научного поиска и исследований, которые проводил Шерлок Холмс. Шерлок Холмс постоянно говорил своему другу Уотсону, что тот смотрит, но не замечает. Классический пример невнимательности: однажды Холмс поймал своего друга на том, что он сотни раз поднимался по лестнице в прихожей, но никогда не обращал внимание сколько на ней ступенек. В рассказах Конан-Дойля часто незаметная на первый взгляд мелочь позволяла

Холмсу раскрыть преступление. Указанная аналогия становится еще более наглядной, если обратить внимание школьников, что прообразом Шерлока Холмса был преподаватель Конан Дойля в Эдинбургском университете — хирург Джозеф Белл. Джозеф Белл учил своих студентов замечать любые мелочи. Конан Дойля (да и многих других) поражало, что при первом знакомстве с пациентом Джозеф Белл определял не только его болезнь, но профессию и характер больного. «Вы все видите, но не даете труда поразмыслить о том, что вы видите», говорил Джозеф Белл своим студентам.

В течение длительного времени ученые только наблюдали за явлениями электричества и магнетизма. Еще Фалес Милетский (VI в. до н.э.) наблюдал притяжение перышек куском янтаря, который потерял шерсть. Фалес также знал о притягивании железа к камням из «Магнесии» (область в Греции), но никак не соотносил эти явления [3]. Конечно, Фалес не был первым, кто наблюдал эти явления, но, в отличие от других, он обратил на них внимание и указал на них своим ученикам, благодаря чему мы сегодня знаем об этих наблюдениях.

Для наблюдателя важна не только внимательность, но и *готовность заметить новое*. Классический пример: изобретение гальванических элементов началось с того, что Луиджи Гальвани в 1780 г. коснулся скальпелем мышцы лягушки при работающей «электрической машине». Опыт Гальвани изображен на рис. 1. Заметим, что электрическая машина представляла собой вращающийся диск, к машине прикреплялся кусок материи и, таким образом, за счет трения происходило разделение электрических зарядов (рис. 1). Гальвани с удивлением заметил, что мышца дернулась, хотя скальпель никак не был связан с машиной. Эффект был слабым, и на него можно было не обратить внимание. Как выяснилось позже, еще за 30 лет до Гальвани другой профессор того же Болонского университета

\*E-mail: [sbr@physics.msu.ru](mailto:sbr@physics.msu.ru)

Марко Антонио Кальдани наблюдал подобный эффект, но не придал ему значения!

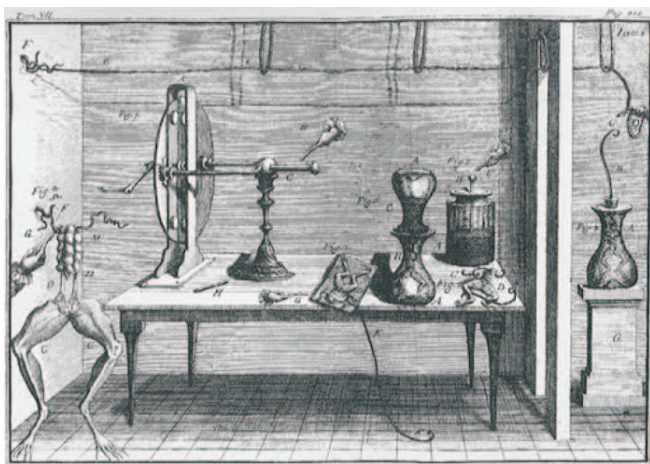


Рис. 1: Опыт Гальвани

На примере эксперимента Гальвани школьникам можно продемонстрировать важнейшие качества любого исследователя:

1. Гальвани заметил новый эффект,
2. всесторонне его исследовал,
3. опубликовал.

Именно книга Гальвани 1791 г. побудила Алессандро Вольта создать первую в мире батарейку. Очень важно донести до школьников необходимость публиковать свои наблюдения, хотя бы на уровне школьных конкурсов проектно-исследовательских работ, конечно не для того, чтобы сохранить за собой приоритет открытия, а, чтобы иметь возможность обсудить его со сверстниками и с компетентным жюри [4].

Таким образом, мы получаем аналогию между развитием науки и ростом творческой личности ученика, который вначале наблюдает, пока не находит интересный эффект, затем его всестороннее исследует и публикует результаты.

Говоря о научном исследовании, важно донести до школьников идею о соотношении случайности и закономерности открытий.

Очень много открытий были сделаны случайно. В 1780 г. Гальвани случайно обнаружил электрические свойства ткани лягушки, в 1820 г. Ханс Христиан Эрстед случайно обнаружил воздействие проводника с током на компас, в 1971 г. Фруман-Бенчковский случайно обнаружил электрические заряды на транзисторах с разрушенными затворами, что привело к созданию флэш-памяти... этот список можно продолжать без конца. Но эти и многие другие сделанные открытия — это не просто «везенье». Если бы эти люди не проводили многочисленные эксперименты, они бы ничего не открыли.

Еще одно важное качество ученых — это развитость ассоциативного мышления, т.е. умение применять результаты, полученные в одной области науки и техники, к совсем другой. Например, Гальвани обнаружил, что лапка лягушки сокращалась, если прикоснуться к лапке проволоками из различных материалов. Гальвани не понял природы произошедшего. Но Вольта сопоставил этот эксперимент Гальвани с данными немецкого ученого Иоанна Зульцера, который еще в 1752 г. обнаружил, что если олово и серебро приложить к языку, то будет ощущаться вкус железного купороса [3].

Казалось бы, что эти вкусовые ощущения имеют общего с опытами Гальвани? Но ассоциативное мышление в том и состоит, чтобы видеть связи между явлениями, которые не видны на первый взгляд. Вольта предположил, что электрическими свойствами обладают соединенные металлы, а лягушка — просто индикатор этих свойств.

Школьникам важно осознать еще одно важное качество ученых — способность к долгому упорному труду. Вольта девять лет подбирал подходящие материалы, пока в 1799 году не придумал соединить цинковую и медную пластины, поместив между ними ткань, смоченную кислотой, создав, таким образом, первую батарейку. Томас Эдисон, разрабатывая технологию изготовления ламп накаливания в конце 1870-х гг., провел более 1000 испытаний различных материалов и остановился на угле, затем он провел около 6000 опытов по получению упругих угольных нитей из различных растений и создал технологию получения угольных нитей из бамбука. Гринлиф Виттер Пикард при поиске кристаллического детектора для приема коротковолновых радиоволн с 1902 по 1906 гг. перепробовал свыше 31000 комбинаций материалов и остановился на плавленом кремнии.

Следуя аналогии с филогенезом, нужно заметить, что в XX, и тем более, в XXI веке все актуальнее становится задача внедрения научных результатов в практику. Поэтому важным качеством современного исследователя является умение работать в коллективе. Если сделать научное открытие может один человек (и то, с учетом сложности современного экспериментального оборудования, это сомнительно), то наладить производство один человек не в состоянии. Для организации производства нужен коллектив, состоящий из ученых, инженеров, экономистов [5].

При объяснении достижений и проблем современной электроники школьникам полезно останавливаться на особенностях устройств, которыми они пользуются каждый день, уделяя особое внимание мерам безопасности при эксплуатации. Например, при разогреве еды в СВЧ-печах нельзя класть внутрь металлические предметы (вилки, ложки), даже посуду с металлической каймой, нельзя разогревать куриные яйца, еду в герметически запечатанной упаковке, нельзя включать пустую СВЧ-печку. Осторожность нужно соблюдать и при работе с литиевыми аккумуляторами, которые сегодня используются на каждом шагу. Лити-

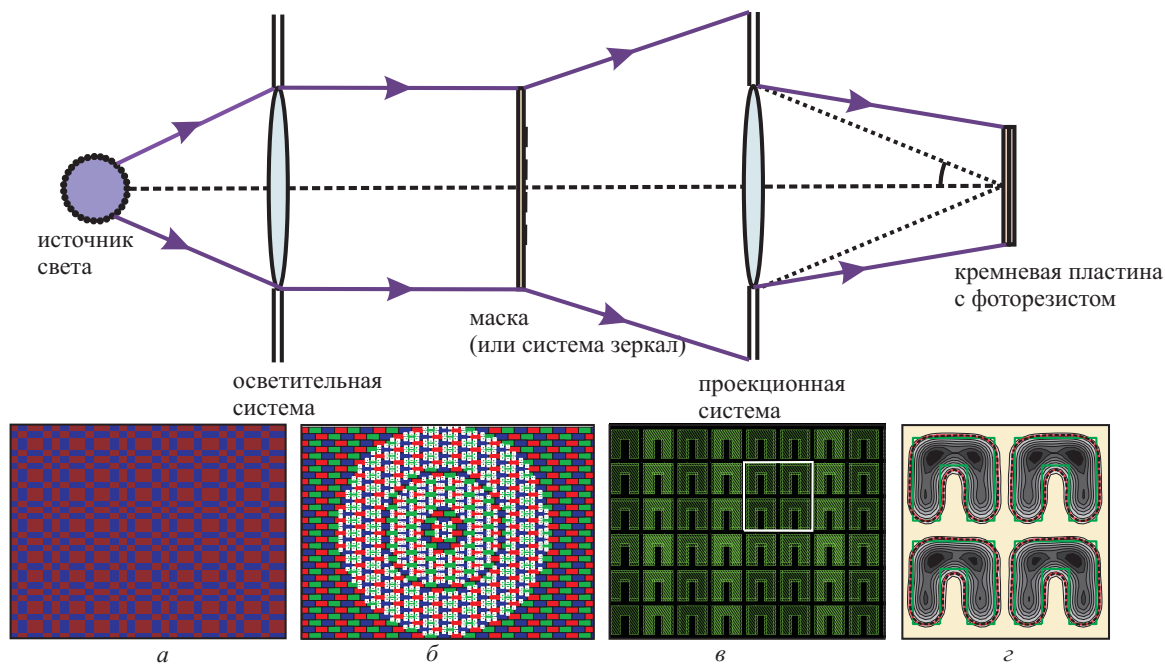


Рис. 2: Схема проекционной фотолитографии и ее составляющие. *а* — фрагмент «ковровой» структуры бинарной маски (красные прямоугольники пропускают свет, синие — не пропускают); *б* — фазовая маска (границы отверстий выделены белым цветом, зеленые, синие и красные прямоугольные области отличаются по толщине); *в* — П-образная маска; *г* — изображение фрагмента маски, отмеченного белым квадратом на *в*. Синими стрелками показано распространение светового пучка

евые аккумуляторы нельзя разбирать, нельзя подвергать механическим воздействиям, могущим повредить оболочку. Нужно, чтобы школьники понимали, что литий очень активен и самовозгорается на воздухе.

Опасности таятся во многих устройствах, с которыми современным школьникам приходится иметь дело каждый день. Конечно, об этом написано в инструкциях по эксплуатации, но, к сожалению, школьники (и часто взрослые) редко читают эти инструкции, так что напомнить об опасности приборов будет не лишним.

Разумеется, рассказ о развитии науки и техники, не может ограничиваться только историями прошлого. Школьники должны понимать, где они в скором будущем, закончив школу и вуз, смогут приложить свои знания. Сегодня школьники стоят на пороге принципиально новых технологий, когда можно создавать системы из практически неограниченного числа слов полупроводников с различными свойствами. Перед ними открывается возможность стать создателями нового мира [1]. Среди направлений, о которых им было бы полезно рассказать можно отметить фотолитографию, многослойные метаматериалы и др. [6, 7, 8, 9]. Однако для освоения новых технологий от школьников потребуются знания многих (а не одной) отраслей науки и техники. Например, рассказывая о фотолитографии, придется привлечь знания из совсем, казалось бы, другой области — волновой оптики.

Фотолитография (от греч. «*photos*» — свет, «*lithos*» — камень и «*grapho*» — пишу, рисую, т.е. «письмо по камню») является на сегодняшний день основной технологией создания компьютерных микросхем (*интегральных схем*). Не вдаваясь в детали, можно объяснить школьникам, что для создания микросхем, на сверхчистый кристалл полупроводника (кварца) нужно нанести рисунок. Затем в результате фотохимических процессов этот рисунок превратится в миллионы транзисторов, обеспечивающих работу микросхемы. Типичная схема проекционной фотолитографии приведена на рис. 2. Изображение с маски (ее также называют фотошаблоном) с помощью оптической системы проецируется на светочувствительный слой (фоторезист) на поверхности полупроводника. Описание простейшего типа маски для фотолитографии, так называемой, бинарной маски, не вызывает сложности для школьников, поскольку она представляет собой однородную прозрачную пластину (из кварца) с металлическим покрытием (из хрома), что мало отличается от привычного для школьников рисунка по стеклу. В этом покрытии делается система отверстий в тех местах, где нужно пропускать свет для освещения фоторезиста (рис. 2, *а*, *в*).

Изображение маски проецируется на поверхность фоторезиста с сильным уменьшением для получения изображения нужного размера.

Однако здесь возникает неожиданное препятствие: размеры элементов современных микросхем давно преодолели длину волны света, и законы геометрической оптики для нанотехнологий бесполезны. Для получения нужных изображений в фотолитографии нужно учитывать явления дифракции (рис. 2). При этом приходится создавать не только бинарные, но и фазовые маски, т.е. маски с переменной толщиной стекла. Школьникам сложно представить себе подобные маски. Конечно, они видели фигурные стекла, устанавливаемые в душевых и др. комнатах. Но там фигурное стекло ставится, чтобы внутренняя часть комнаты не была видна. Фазовые маски бессмысленны с точки зрения геометрической оптики, но эффективны при правильном учете явлений дифракции и интерференции. Это позволяет еще раз обратить внимание школьников на сложность изучения механизмов, лежащих в основе современных технологий.

Следовательно, рассказ о нанотехнологиях неизбежно должен сопровождаться знакомством с основами волновой оптики. Не следует думать, что волновая оптика недоступна для понимания школьников. Авторы имеют опыт обучения основам волновой оптики школьников VII класса, причем ученики учились рассчитывать дифракционные картины от простейших элементов с помощью компьютерного моделирования [10]. Это еще один важный момент в становлении исследовательской личности — для успешной работы в современной физической лаборатории необходимо хорошо знать компьютер, в том числе уметь программировать. Возможности интерфейса современных компьютеров

таковы, что простейшие языки программирования могут освоить первоклассники. Речь идет об упрощенном варианте языка *LabView*, используемом в робототехнике в конструкторе *Lego*. Интерфейс этого языка не требует написания программного кода, а представляет собой несколько типов блоков, которые нужно правильно соединить между собой и задать начальные параметры. Порядок соединения блоков несложен и интуитивно понятен даже ученикам начальной школы [11].

Идеально, когда знакомство с достижениями науки и техники побуждает школьников провести самостоятельную учебную исследовательскую работу, разумеется, под руководством опытного специалиста. Авторы имеют богатый опыт проведения подобных работ с учениками среднего школьного возраста, в том числе по изучению интерференции и дифракции [12]. Подробнее о методике вовлечения школьников в исследовательскую деятельность можно прочитать в [13, 14].

Таким образом, указанная методика знакомства школьников с развитием науки или ее отрасли позволяет не только заинтересовать детей, но и подсказать им, что нужно сделать, чтобы в будущем можно было бы профессионально заниматься развитием современной науки и техники.

#### АПРОБАЦИЯ

Указанная методика подачи материала была опробована на Летней школе учителей МГУ в 2019 г. и на занятиях в Лицее «Вторая школа» в 2010–2020 гг., где показала свою эффективность.

- [1] Рыжиков С. Б., Рыжикова Ю. В. // *Ученые записки физического ф-та* Московского ун-та. 2019. № 3. С. 1931102.
- [2] Рыжиков С. Б., Рыжикова Ю. В. Загадочные и удивительные способности зрения. М.: Дело время, 2018.
- [3] Ильин В. А., Кудрявцев В. В. История и методология физики: учебник для магистратуры. М.: Юрайт, 2014.
- [4] Михайлов Е. А., Рыжиков С. Б. // *Наука и школа*. 2018. № 3. С. 101.
- [5] Айзексон. У. Инноваторы. М.: АСТ, 2015.
- [6] Paik S., Kim G., Chang S., Lee S. et al. // *Nature Communications* 2020. **11**, 805.
- [7] Белокопытов Г. В., Рыжикова Ю. В. // *Микроэлектроника*. 2011. **40**, № 6. С. 453.
- [8] Рыжикова Ю. В., Мухартова Ю. В., Рыжиков С. Б. // *Изв. РАН. Сер. физ.* 2020. **84**, №1. С. 142.
- [9] Jung J., Park H., Park J., Chang T., Shin J. // *Nanophotonics*. 2020. **9**, N 10. P. 3165.

- [10] Рыжиков С. Б. // *Наука и школа*. 2013. № 2. С. 104.
- [11] Рыжиков С. Б., Рыжикова Ю. В. // *Материалы II Международной научно-методической конференции Физико-математическое и технологическое образование: проблемы и перспективы развития*. Ч.1. М.: МПГУ, Onebook.ru, 2016. С. 224.
- [12] Рыжиков С. Б., Рыжикова Ю. В. // *Физика в школе*. 2016. № 6. С. 31.
- [13] Рыжиков С. Б. Развитие исследовательских компетенций школьников при выполнении исследовательских работ по физике с использованием численного моделирования: монография. М.: Школа будущего, 2012.
- [14] Рыжиков С. Б. Развитие исследовательских способностей одаренных школьников при выполнении исследовательских работ по физике с проведением экспериментов на базе фото- и видео техники: монография. М.: Школа будущего, 2012.

## New approaches to the study of the development of science and technology in teaching middle school students

S. B. Ryzhikov<sup>1,a</sup>, Yu. V. Ryzhikova<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Department of general physics, Faculty of Physics, Lomonosov Moscow State University  
Moscow 119991, Russia*

<sup>2</sup>*Department of optics, spectroscopy and nanosystems physics, Faculty of Physics, Lomonosov Moscow State University  
Moscow 119991, Russia*

*E-mail: <sup>a</sup>sbr@physics.msu.su*

The problem of studying science and technology history and prospect development with schoolchildren is considered. It is proposed to compare the science branch historical development and the schoolchildren research abilities development in order not only to increase the interest of students in the subject under consideration, but also to understand what personal abilities they need to develop in themselves.

PACS: 01.40.Fk

*Keywords:* teaching methodology, history of science, electricity.

*Received 29 September 2020.*

### Сведения об авторах

1. Рыжиков Сергей Борисович — доктор пед. наук, доцент, доцент; тел.: (495) 939-57-40, e-mail: sbr@physics.msu.su.
2. Рыжикова Юлия Владимировна — канд. физ.-мат. наук, вед. науч. сотрудник; тел.: (495) 939-57-40, e-mail: ryzhikova@physics.msu.ru.