



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Рязанский государственный университет имени С. А. Есенина»  
Институт физико-математических и компьютерных наук  
совместно с  
Государственным социально-гуманитарным университетом (г. Коломна)  
при поддержке и участии  
Министерства образования Рязанской области,  
Издательства «Просвещение», Издательства «Школьная пресса»  
(«Физика в школе», «Физика для школьников», «Школа и производство»)

## **Актуальные проблемы физики и технологии в образовании, науке и производстве**

Материалы V Всероссийской научно-практической конференции,  
посвященной 100-летию со дня рождения В. Ф. Уткина  
и 100-летию со дня рождения В. П. Орехова

23–24 марта  
2023 года

Рязань 2023

УДК 53  
ББК 22.3  
А43

*Рецензенты:*

*М. Н. Махмудов*, канд. физ.-мат. наук, доц.  
(Рязанский государственный радиотехнический университет  
имени В. Ф. Уткина);

*А. М. Шуйцев*, канд. пед. наук, доц.  
(Рязанский институт развития образования)

*О. Е. Трунина*, канд. физ.-мат. наук, доц.  
(Рязанский государственный университет имени С. А. Есенина)

**Актуальные** проблемы физики и технологии в образовании, науке и производстве : материалы V Всерос. науч.-практ. конф., посвященной 100-летию со дня рождения В. Ф. Уткина и 100-летию со дня рождения В. П. Орехова, 23–24 марта 2023 года / под ред. В. А. Степанова, О. В. Кузнецовой. — Электрон. текстовые дан. (1 файл : 9,28 МВ). — Рязань : Ряз. гос. ун-т им. С. А. Есенина, 2023. — 1 электрон. опт. диск (DVD-ROM). — Систем. требования : IBM / PC ; Windows XP и выше ; 256 МВ RAM ; свободное место на HDD 30 МВ ; Acrobat Reader 3.0 или старше. — Загл. с экрана.

В материалах сборника рассматриваются современные проблемы физического, технического и технологического образования в общем, среднем профессиональном и высшем образовании, актуальные направления физики и технологии в области науки, производства и медицины, современные проблемы преподавания естествознания и астрономии в средней и высшей школе, информационные технологии в обучении физике, технологии и астрономии в средней и высшей школе, актуальные вопросы подготовки инженерных и педагогических кадров.

Сборник адресован преподавателям, аспирантам, магистрам и студентам.

*физика, астрономия, естествознание, технология, производство, медицина, методика обучения, информационные технологии*

ISBN 978-5-907635-12-8 (отд. кн.)  
ISBN 978-5-907266-31-5

© Под ред. Степанова В. А., Кузнецовой О. В., 2023  
© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный университет имени С. А. Есенина», 2023

# СОДЕРЖАНИЕ

|   |          |
|---|----------|
| <b>РАЗДЕЛ 1</b>   |          |
| <b>СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ФИЗИЧЕСКОГО И ЕСТЕСТВЕННО-НАУЧНОГО ОБРАЗОВАНИЯ В СРЕДНЕЙ И ВЫСШЕЙ ШКОЛЕ .....</b>   | <b>6</b> |
| <i>Федорова Н. Б., Кузнецова О. В.</i>  |          |
| К 100-летию со дня рождения В. П. Орехова .....   | 6        |
| <i>Афанасьева Е. С., Дубицкая Л. В.</i>   |          |
| С миру по нитке — голому рубаха (рациональные зерна открытых уроков) .....  | 23       |
| <i>Белюсов А. А., Малинин К. А.</i>   |          |
| Организация проектной деятельности учащихся предпрофессиональных медицинских классов на основе опорных схем .....   | 30       |
| <i>Бражников М. А.</i>  |          |
| «Наглядный электротехнический задачник» В. А. Александрова. Практико-ориентированные задачи .....   | 34       |
| <i>Гераскина Ю. С.</i>  |          |
| Анализ выполнения заданий диагностической работы по определению уровня сформированности естественно-научной грамотности .....   | 40       |
| <i>Иванников С. В.</i>  |          |
| Изучение физических процессов, протекающих в трансформаторе, в школьном курсе физики .....  | 43       |
| <i>Коккина Н. В., Юркин В. М.</i>   |          |
| Расчет силы взаимодействия между двумя заряженными проводниками .....   | 55       |
| <i>Кондрашова Е. В.</i>   |          |
| Формирование функциональной грамотности на уроках физики .....  | 59       |
| <i>Муртазов А. К.</i>   |          |
| 30 лет Всероссийской олимпиаде по астрономии .....  | 61       |
| <i>Приселкова А. Б.</i>   |          |
| Периодичность в науке и жизни на примере реакции Белоусова — Жаботинского .....   | 63       |
| <i>Радченко В. В., Брусницын А. А., Голубенко А. А., Евсеев А. П., Зверева И. М., Коропченко Н. В., Казарина Н. Ю., Крылова Е. А., Куров Е. А., Малышев К. Ю., Мешков О. В., Морозов С. Б., Ремизов П. В., Фроликов С. Ю., Шефель Г. М., Янин Л. А.</i> |          |
| Практикум по атомным и ядерным излучениям для студентов факультета космических исследований: новый уровень работы классического практикума для физиков .....  | 69       |
| <i>Смылова Е. П., Рыбкина А. И.</i>   |          |
| Межпредметные связи на основе качественных задач по физике .....  | 73       |
| <i>Сорокина Е. Н.</i>   |          |
| Проблема использования нанотехнологий на уроках физики .....  | 75       |
| <i>Сорокина Е. Н., Яковлева Т. Г.</i>   |          |
| Заметки руководителей предметной комиссии основного государственного экзамена по физике в Санкт-Петербурге (из опыта работы) .....  | 77       |
| <i>Тинина Е. В.</i>   |          |
| Гуманитарные и психологические аспекты при изучении физики в средней школе .....  | 82       |

|   |            |
|---|------------|
| <b>РАЗДЕЛ 2</b>   |            |
| <b>СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ В ОБЩЕМ, СРЕДНЕМ ПРОФЕССИОНАЛЬНОМ И ВЫСШЕМ ОБРАЗОВАНИИ .....</b>  |            |
|   | <b>85</b>  |
| <i>Дикова Т. В., Смирнова Е. А.</i>   |            |
| Инфографика как цифровой инструмент визуализации предмета «Технология» .....  | 85         |
| <i>Пташкина Г. М.</i>   |            |
| Формирование компьютерной грамотности на уроках технологии в 5–9 классах .....  | 88         |
| <b>РАЗДЕЛ 3</b>   |            |
| <b>АКТУАЛЬНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИИ В ОБЛАСТИ НАУКИ, ПРОИЗВОДСТВА И МЕДИЦИНЫ .....</b>   |            |
|   | <b>91</b>  |
| <i>Антонова С. А., Рыбин Н. Б., Рыбина Н. В., Трегулов В. В.</i>  |            |
| Исследование особенностей структуры поверхности слоев пористого кремния, выращенных методом металл-стимулированного травления .....   | 91         |
| <i>Бугров П. В., Ширяев А. Г., Коненков Н. В.</i>   |            |
| Частотный спектр колебаний ионов в линейных мультиполях .....   | 93         |
| <i>Бурмистров Е. Р., Авакянц Л. П., Сохранный П. Е.</i>   |            |
| Влияние встроенных пьезоэлектрических полей на спектры фото- и электролюминесценции светодиодных гетероструктур со слоя $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}/\text{GaN}$ ..... | 98         |
| <i>Воронков М. А.</i>   |            |
| Полупроводниковые приборы беспилотных летательных аппаратов .....   | 100        |
| <i>Овчинникова Е. В., Кудюкин А. И., Степанов В. А., Артюшина А. А., Бобровский К. И., Ротт А. Т., Осокин Е. А.</i>   |            |
| Вакуумные металлокерамические дугогасительные камеры (КДВ) и технология их изготовления .....   | 101        |
| <i>Паюров А. Я., Кюн В. В., Румянцев Р. С., Степанов В. А., Федоров М. А.</i>   |            |
| Проектирование волноводного $\text{CO}_2$ -лазера с поперечным ВЧ возбуждением с помощью 3D-методов .....   | 105        |
| <i>Трегулов В. В., Иванов А. И.</i>   |            |
| Исследование фотолюминесценции пленок пористого кремния, содержащих наночастицы никеля .....  | 108        |
| <i>Трегулов В. В., Скопцова Г. Н., Косцов Д. С.</i>   |            |
| Исследование возможностей управления характеристиками резонанса Фано в полупроводниковых структурах на основе кремния .....   | 110        |
| <i>Трунин Е. Б., Трунина О. Е.</i>  |            |
| Практические аспекты технологий производства солнечных элементов .....  | 113        |
| <b>РАЗДЕЛ 4</b>   |            |
| <b>ИНФОРМАЦИОННЫЕ И STEM-ТЕХНОЛОГИИ В ОБЛАСТИ ФИЗИКИ, ТЕХНОЛОГИИ И АСТРОНОМИИ В СРЕДНЕЙ И ВЫСШЕЙ ШКОЛЕ .....</b>  |            |
|   | <b>117</b> |
| <i>Баринев В. И.</i>  |            |
| SMART Education в общем образовании .....   | 117        |
| <i>Высоцкая Е. В., Лобанова А. Д., Янишевская М. А.</i>   |            |
| Роль компьютерной среды в освоении пятиклассниками мультипликативных отношений величин (пропедевтический модуль) .....  | 119        |
| <i>Дигурова И. И., Крайнова Е. Ю., Дигуров Р. В., Секретарева Ю. А.</i>   |            |
| Дистанционный лабораторный практикум по медицинской и биологической физике .....  | 126        |

|  |     |
|--|-----|
| <i>Дубицкая Л. В., Закурина А. В.</i><br>Технология обучения физике на основе электронного учебника .....  | 129 |
| <i>Клеветова Т. В., Комиссарова С. А.</i><br>Опыт реализации онлайн-обучения учащихся средней школы физике<br>на основе применения онлайн-сервисов .....   | 132 |
| <i>Кузнецова О. В., Панкрушина Н. Д., Федорова Н. Б.</i><br>Применение цифровой лаборатории sensedisc при изучении физики в средней школе .....  | 134 |
| <i>Кустов А. И., Лоткина В. В., Хорошилова А. А., Бакланов И. О.</i><br>Применение информационных технологий для проведения измерений<br>в технологической и физической сферах образования ..... | 140 |
| <i>Лепехов А. В.</i><br>Применение цифровых образовательных ресурсов при преподавании астрономии .....   | 148 |
| <i>Лепехов А. В., Чаругин В. М.</i><br>Образовательный сайт по астрономии как ресурс для организации<br>дистанционных астрономических мероприятий в средней школе .....                          | 151 |
| <i>Матвеева Е. П., Коцеева Е. С., Омельченко С. В.</i><br>Подход к обучению математике будущих учителей физики<br>с использованием цифровых математических моделей .....                         | 154 |
| <i>Тронов И. И.</i><br>Неформальные стем-мероприятия в рамках национального проекта IT Academia в Словакии .....   | 157 |
| <i>Федорова Н. Б., Кудлай О. В.</i><br>Применение легоконструкторов на уроках физики в 8 классе .....  | 161 |
| <br><b>РАЗДЕЛ 5</b><br><b>АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ФИЗИКИ, ТЕХНОЛОГИИ И ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ</b><br><b>В ПОДГОТОВКЕ ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННЫХ КАДРОВ .....</b>   |     |
| <i>Козырь Л. А., Базина И. В.</i><br>Технология контекстного обучения в преподавании дисциплины<br>«Медицинская и биологическая физика» .....  | 165 |
| <i>Овчинникова Е. В.</i><br>Дисциплина «Теория механизмов и машин» в профессиональной подготовке кадров<br>при переходе к цифровой экономике .....   | 168 |
| <i>Овчинникова Е. В.</i><br>Повышение творческого потенциала обучаемых в процессе профессиональной подготовки кадров .....   | 169 |
| <i>Орлова В. А., Орлов М. Ю., Степанов В. А.</i><br>Трехмерное проектирование как способ изучения конструкции лазерного оборудования .....   | 171 |
| <i>Поскребышева Д. А., Стефанова Г. П., Крутова И. А.</i><br>Обучение студентов медицинского вуза применению физических знаний<br>в медико-биологических ситуациях .....                         | 174 |
| <i>Трунина О. Е.</i><br>Опыт разработки основной профессиональной образовательной программы,<br>направленной на формирование цифровых компетенций .....  | 179 |
| <i>Федорова В. Н., Копецкий И. С.</i><br>О новом учебнике по материаловедению .....  | 181 |

## Раздел 1

# СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ФИЗИЧЕСКОГО И ЕСТЕСТВЕННО-НАУЧНОГО ОБРАЗОВАНИЯ В СРЕДНЕЙ И ВЫСШЕЙ ШКОЛЕ

УДК 53(092)

DOI: 10.37724/m5545-8205-5152-r

*Н. Б. Федорова, О. В. Кузнецова*

### К 100-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ В. П. ОРЕХОВА \*

Статья посвящена жизни и деятельности известного выдающегося ученого, методиста-физика Виктора Петровича Орехова. В статье представлены биографические данные о периоде жизни В. П. Орехова, председателя зональной комиссии по методике преподавания физики педагогических вузов Центральной зоны РСФСР, члена президиума научно-методического совета по физике при Министерстве просвещения СССР, председателя областного и члена Центрального совета Педагогического общества. Представлены материалы о периоде его обучения в РГПИ, описана трудовая, научная и руководящая деятельность в школе и вузах города Рязани.

*Виктор Петрович Орехов, биография, методист-физик, Рязань*

The article is devoted to the life and work of the famous outstanding scientist, methodist physicist Viktor Petrovich Orekhov. The article presents biographical data on the period of life of V.P. Orekhov, chairman of the zonal commission on methods of teaching physics of pedagogical universities of the Central Zone of the RSFSR, member of the Presidium of the Scientific and Methodological Council on Physics under the Ministry of Education of the USSR, chairman of the regional and member of the Central Council of the Pedagogical Society. The materials about the period of study at the RSPi are presented, his labor, scientific and managerial activities in schools and universities of the city of Ryazan are described

*Viktor Petrovich Orekhov, biography, methodist physicist, Ryazan*

«Вы забываете, что я физик!»

*В. П. Орехов*



В. П. Орехов

Второго апреля 2023 года исполняется 100 лет со дня рождения Виктора Петровича Орехова — выдающегося ученого в области методики преподавания физики, кандидата педагогических наук, профессора, председателя зональной комиссии по методике преподавания физики педагогических вузов Центральной зоны РСФСР, члена президиума научно-методического совета по физике при Министерстве просвещения СССР, председателя областного и члена Центрального совета Педагогического общества, автора учебников по методике преподавания физики и методике решения физических задач, по которым учились и учатся сегодня будущие учителя физики.

---

\* В статье использованы материалы из личного дела В. П. Орехова и музейных архивов РГУ имени С. А. Есенина.

Виктор Петрович Орехов родился 2 апреля 1923 года в деревне Бутово Старожиловского района Рязанской области в семье учителей<sup>1</sup>. Отец Орехов Петр Семенович и мать Орехова Клавдия Петровна в то время жили в семье деда Орехова Семена Ивановича — крестьянина-середняка.

В 1926 году семья переезжает в Рязань, и отец начинает работать физкультурником в школе. С 1927 по 1934 год семья проживает в селе Урусово Милославского района Рязанской (деревня Урусово сегодня находится в Александро-Невском районе Рязанской области). Отец работает физкультурником, а мать библиотекарем в сельской школе. В Урусове Виктор оканчивает начальную школу. В 1934 году семья переезжает в Угодско-заводской район Московской области (Жуковский район Калужской области), где отец работает преподавателем физкультуры в школе-колонии «Бодрая жизнь» С. Т. Шацкого (основана в 1911 году) располагавшейся недалеко от железнодорожного разъезда Обнинское Калужской области<sup>2</sup>.



Школа-колония «Бодрая жизнь» С. Т. Шацкого<sup>3</sup>

В этой школе большое внимание уделялось соединению обучения с трудом и общественно полезной работой, прививалась детям любовь к родному краю, организовывались экскурсии на природу, походы по историческим местам Москвы и Подмосковья. Педагоги старались организовывать трудовые действия воспитанников с расчетом развития навыков самообслуживания. Дети получали опыт из различных жизненных сфер и взаимодействия с окружающим миром, бесценные навыки коллективного взаимодействия и общения<sup>4</sup>.

<sup>1</sup> См.: Ильдяев И. А., Степанов В. А. Жизнь и деятельность профессора В. П. Орехова // Физическое образование: проблемы и перспективы развития : материалы Междунар. науч-метод. конф., посвящ. 110-летию со дня рождения А. В. Пёрышкина. М. : Моск. пед. гос. ун-т, 2012. Ч. 1.

<sup>2</sup> См.: Ильдяев И. А. Профессор В. П. Орехов и его вклад в научно-образовательную деятельность Рязанского педагогического института // Вестник Рязанского государственного университета имени С. А. Есенина. 2015. № 3.

<sup>3</sup> См.: Школа-колония «Бодрая жизнь». URL : <http://chashaschool.ru/школа-колония-бодрая-жизнь/> (дата обращения: 19.03.2023).

<sup>4</sup> См.: Романов А. А. История отечественного образования и педагогики. Гуманистический проект С. Т. Шацкого (к 100-летию со дня основания колонии «Бодрая жизнь») // Историко-педагогический журнал. 2011. № 2. С. 39–51.



Здание колонии «Бодрая жизнь»



Уборка сена в колонии «Бодрая жизнь»

В 1939 году Виктор с матерью возвращаются в Рязань, где около двух лет проживают у деда Смирнова Петра Прокофьевича (отца матери). В 1940 г. мать умирает от туберкулеза и из-за этого Виктор прерывает свое обучение в 10 классе и по направлению ОБЛЮНО поступает на десятимесячные курсы учителей при Рязанском пединституте. В 1940 году он вступает в комсомол.

На начало Великой Отечественной войны В. П. Орехову было 18 лет. По окончании курсов с августа 1941 года Виктор Петрович начинает работать учителем физики и математики в Поляковской семилетней школе Путятинского района<sup>5</sup>.

В октябре 1941 года он вступает в народное ополчение, которое в декабре того же года направляется под Москву. Виктор Петрович и еще несколько его товарищей попадают в артиллерийскую разведку. Первое боевое крещение они получают в феврале 1942 года под Харьковом. С августа 1942 по февраль 1943 года принимают участие в защите Сталинграда, форсировании Дона. После разгрома фашистских войск под Сталинградом часть, в которой воевал Виктор Петрович, участвовала в освобождении Ростова, Донбасса, в ликвидации Никопольского плацдарма, форсировала Днепр, участвовала во взятии Киева, а также в тяжелых боях под перекопом, форсировании Севаша, взятии турецкого вала, в освобождении Крыма и боях за Севастополь. Всю войну В. П. Орехов прошел в составе 15-го гвардейского разведывательного артиллерийского дивизиона и за боевые заслуги награжден шестью боевыми наградами и медалями «За оборону Сталинграда», «За боевые заслуги».



В. П. Орехов,  
разведчик-артиллерист, 1942–1945 гг.



Боевой путь В. П. Орехова,  
1942–1945 гг.

<sup>5</sup> См.: Ильдяев И. А., Степанов В. А. Жизнь и деятельность профессора В. П. Орехова.







Мужская семилетняя школа № 6 г. Рязани,  
1948–1951 гг.

В связи с невозможностью в семилетней школе практически пройти и освоить методику физики по всему курсу преподавания физики в 1951 году Виктор Петрович переходит на работу в 2-ю мужскую среднюю школу города Рязани в должности преподавателя старших классов. Работая во второй мужской школе, он создает несколько физичеких кружков, где учащиеся моделировали радиоприемники и занимались фотографией, изготавливали физические приборы и наглядные пособия для уроков (тепловой амперметр, электромоторчики, пирометры и др.).

Особую роль в обучении он всегда уделял истории открытия явления/закона/прибора и его изобретателю. Кружковая внеклассная работа часто принимала характер общественно полезной работы, так как ремонт и изготовление приборов и пособий приучает школьников трудиться и планировать свое время. После уроков двери физического кабинета всегда были открыты для любознательных ребят.



Урок физики в мужской школе № 2 г. Рязани,  
1951–1957 гг.

С этой же целью летом 1952 года Виктор Петрович возил несколько групп учащихся 2-й мужской школы на экскурсию на Кузьминскую ГЭС, где ребята познакомились с применением электричества в сельском хозяйстве. Они наблюдали погрузку баржи и с помощью учителя определили, какой примерно груз может принять баржа, если судить по ватерлинии над водой. При этом школьники были поражены величиной груза, принятого баржой. Многие из них впервые увидели работу шлюза.

В своей заметке «Привитие учащимся практических навыков» (газета «Приокская правда» 1952 г.) Виктор Петрович отмечал особую роль лабораторных работ и «экспериментальных задач», данные для которых берутся из жизни, из опыта, поставленного в классе при участии самих школьников. При этом он отмечал, что от самого учителя требуется большая подготовительная работа, инициатива и изобретательность, а новым и весьма плодотворным является проведение опытов и наблюдений в домашних условиях.

«Часто детям родители покупают дорогие, но для воспитания и обучения мало полезные вещи, следует покупать ребенку набор деталей для опытов, конструкторы и т. п., чтобы постепенно у ученика образовывалась маленькая домашняя «мастерская-лаборатория» необходимая для выполнения практических заданий по физике. Только такой подход семьи позволит помочь школе привить ученикам практические навыки и умения и выполнить поставленную перед школой задачу — политехнического обучения». (Орехов В. П. Привитие учащимся практических навыков // Приокская правда. 1952).

Свой богатый опыт работы Виктор Петрович стремился передать молодому поколению. С этой целью в 1948 году он прикрепился в Институт методов обучения АПН РСФСР для сдачи кандидатского минимума, который им был успешно сдан в 1952 году. В том же году он участвует в конкурсе на замещение вакантной должности ассистента кафедры физики Рязанского медицинского института, чтобы получить навыки практической работы в вузе и бесценный опыт работы старших коллег. Совмещая работу в школе и медицинском вузе, он определяется с темой диссертационного исследования: «Привитие учащимся практических навыков и умений работать с измерительными приборами на уроках физики».

Тема моей диссертации, рекомендованная  
в Институте методов, связана с комплексными  
обучениями и называется так: «Привитие учащимся  
практических навыков и умений в работе с  
измерительными приборами на уроках физики».

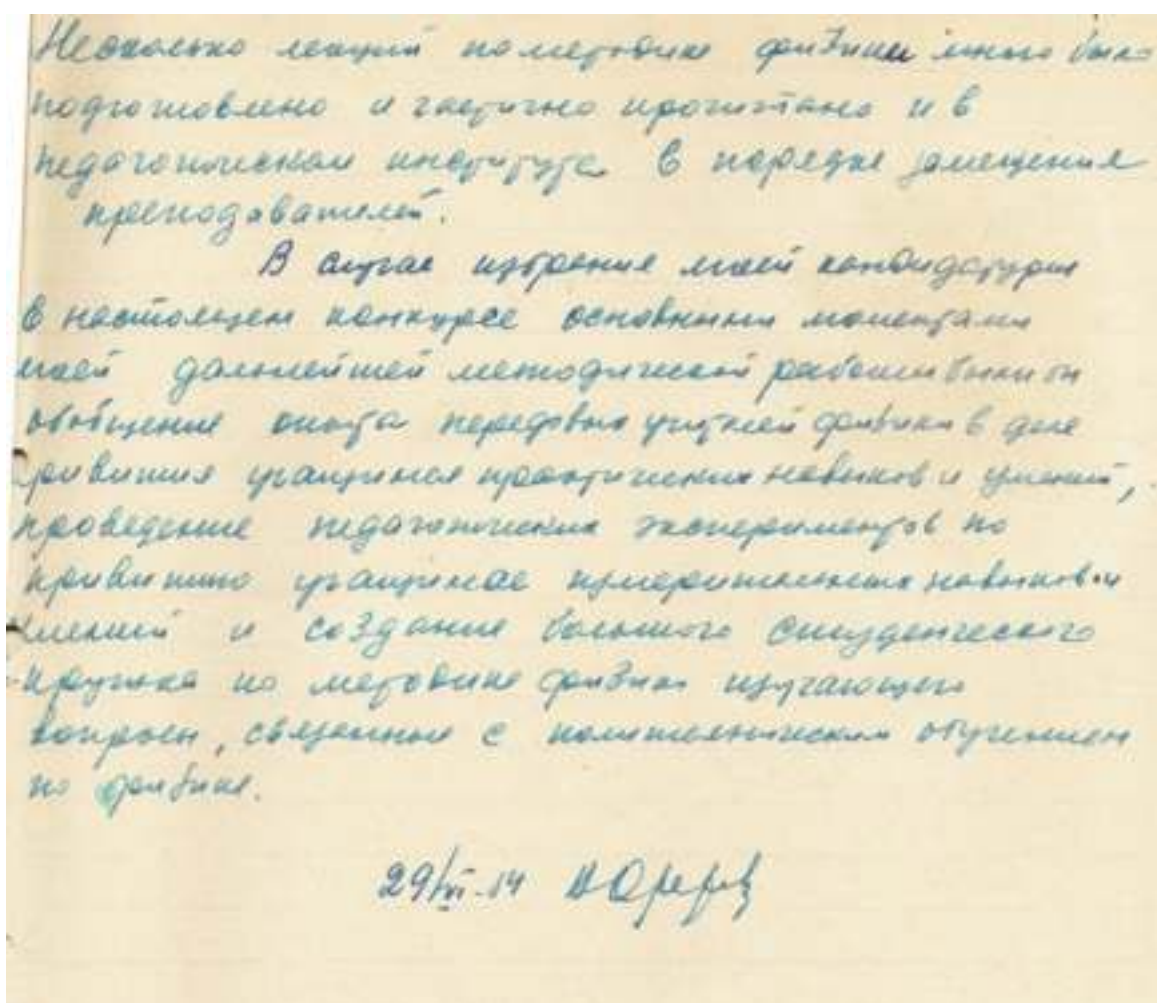
В наиболее короткое время выполнено около 1/3 работы над  
диссертацией.

В течение 6 лет работ ученики физики  
в Гур. Рязани и принимая самую деятельную участие  
в различных массовых мероприятиях по  
физике. Неоднократно о моей работе как  
ученика физики упоминалось в наших областных  
газетах, упоминались фотографиями заметки  
физического кружка.

Из материалов личного дела В. П. Орехова, 1948 г.

Шесть лет работы учителем физики в школе и ведение кружков по физике для учащихся наложили определенный отпечаток на становление Виктора Петровича как методиста. Заметив перспективного учителя физики, институты города Рязани начинают приглашать его для чтения лекций учителям физики в институте усовершенствования учителей, для руководства педагогической практикой студентов и в порядке замещения преподавателей в РГПИ.

Когда в 1954 году открывается вакансия в РГПИ, В. П. Орехов подает на конкурс на должность ассистента. В своем прошении руководству института он пишет: «В случае избрания моей кандидатуры в настоящем конкурсе основными моментами дальнейшей методической работы были бы обобщение опыта передовых учителей физики в деле развития учащимися практических навыков и умений проведения педагогических экспериментов, по привитию учащимся измерительных навыков и умений, и создания большого студенческого кружка по методике физики, изучающего вопросы, связанные с политехническим обучением по физике (29.06.1954 г.)».



Невозможно сказать насколько физика имела для  
подготовки и глубоко прочитана и в  
педагогической литературе в порядке замещения  
преподавателей.

В случае избрания моей кандидатуры  
в настоящем конкурсе основными моментами  
моей дальнейшей методической работы были бы  
обобщение опыта передовых учителей физики в деле  
развития учащимися практических навыков и умений,  
проведение педагогических экспериментов по  
привитию учащимся измерительных навыков и  
умений и создания большого студенческого  
кружка по методике физики изучающего  
вопросы, связанные с политехническим обучением  
по физике.

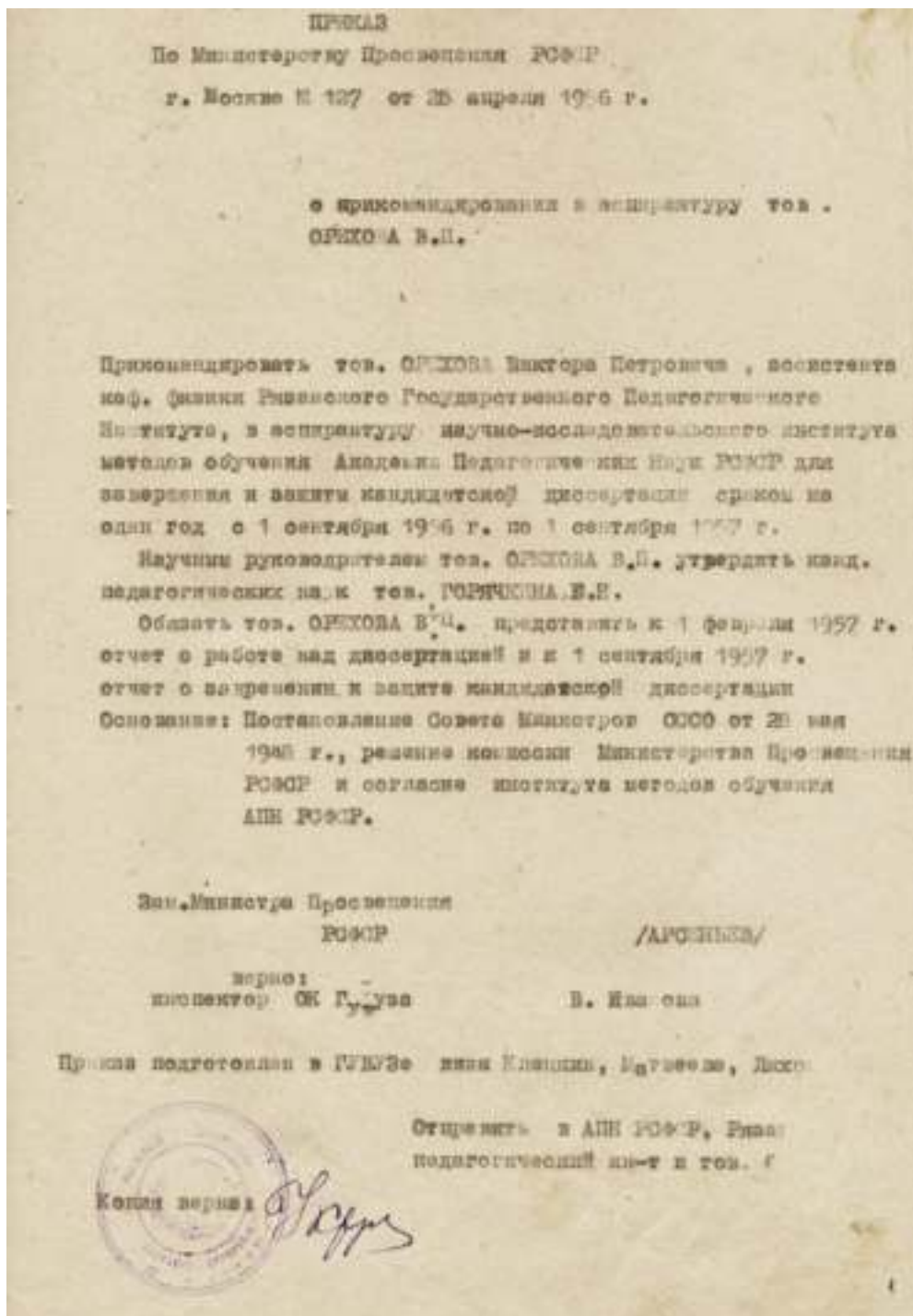
29/VI-54 В. Орехов

Прошение руководству РГПИ  
(из материалов личного дела В. П. Орехова, 29.06.1954 г.)

С 1954 года и до конца своей жизни (более 30 лет) Виктор Петрович работал в Рязанском государственном педагогическом институте<sup>7</sup>. Научно-исследовательской работой он начал заниматься с середины пятидесятых годов. Его первая работа была опубликована в 1956 году в «Ученых записках» Рязанского государственного педагогического института под названием «Демонстрации по физике как средство подготовки учащихся к владению измерительными навыками».

<sup>7</sup> См.: Памяти Виктора Петрович Орехова // Физика в школе. 1987. № 1. С. 96.

28 апреля 1956 года Министерство просвещения РСФСР издает приказ № 137 прикомандировать ассистента кафедры физики Рязанского государственного педагогического института Орехова Виктора Петровича в аспирантуру в Институт методов обучения Академии педагогических наук РСФСР для завершения и защиты диссертации сроком на один год (01.09.1956 — 01.09.1957). В приказе четко установлен срок представления диссертации (01.02.1957) и отчет о работе (01.09.1957).



Приказ № 137 Министерства просвещения РСФСР от 28.04.1956 г.

Окончив аспирантуру при Институте методов обучения АПН РСФСР под руководством Е. Н. Горячкина, в 1958 году Виктор Петрович успешно защитил кандидатскую диссертацию по методике физики на тему «Методика формирования измерительных умений и навыков на занятиях

по физике» в диссертационном совете Академии педагогических наук РСФСР в Москве<sup>8</sup>, став первым дипломированным ученым по методике преподавания физики в Рязани.



Диссертация В. П. Орехова на соискание ученой степени кандидата педагогических наук



Автореферат диссертации В. П. Орехова на соискание ученой степени кандидата педагогических наук

В 1962 году Виктору Петровичу было присвоено ученое звание доцента, а в 1973 — звание профессора.



Аттестат доцента В. П. Орехова



Аттестат профессора В. П. Орехова

<sup>8</sup> См.: Виктор Петрович Орехов // Физика в школе. 1983. № 5. С. 94–95.

В 1960 году Виктор Петрович был назначен проректором по научной работе Рязанского государственного педагогического института, а с 1975 года одновременно руководил и кафедрой общей физики и методики преподавания физики<sup>9</sup>.



Приказ о назначении В. П. Орехова заместителем директора по научной работе Рязанского педагогического института, 1960 г.

В. П. Орехов всегда поддерживал молодых преподавателей института и помогал им с публикацией первых научных работ.

По инициативе Виктора Петровича и при его поддержке была открыта аспирантура на кафедре педагогики, а позднее специализированный совет по защите кандидатских диссертаций по педагогике. Впервые в институте была создана аспирантура по методике преподавания физики, которая существует и сегодня при кафедре общей и теоретической физики и методики преподавания физики Рязанского государственного университета имени С. А. Есенина (преемник Рязанского педагогического института).

Виктор Петрович Орехов был человеком, шедшим в ногу со временем, старался в учебный и научный процесс института привнести все самое современное, передовое. Например, рассуждая о наставничестве в науке в статье «Ученый: страсть, характер, интеллект» (газета «Приокская правда» от 21 декабря 1975 года), он раскрывает суть наставничества в науке применительно к вузам, приводит специфику работы наставника с учащейся, студенческой молодежью и рассматривает вторую составляющую — идейное и научное руководство в творческих научных коллективах, включая молодых преподавателей и аспирантов.

Согласно «Положению о научно-исследовательской работе студентов» РГПИ (1975), научной работой, выполняемой во внеучебное и учебное время, должны быть охвачены все без исключения студенты. При этом более ответственной становится и роль ученого-наставника, важнейшим качеством которого, как отмечает В. П. Орехов, является его работоспособность и одержимость в работе. Говорят, что успех на треть зависит от таланта, на треть — от работоспособности и на треть — от удачи. Но при этом забывают, что главная сила таланта — в работоспособности, а удача сопутствует прежде всего тому, кто сам идет ей навстречу.

<sup>9</sup> См.: Памяти Виктора Петрович Орехова.

Прошло почти полвека с того момента выхода в свет данной статьи, но насколько это актуально сегодня, когда наблюдается кадровый голод в молодых и талантливых ученых в современных вузах.

Повышая престиж института, в 1960 году Виктор Петрович выходит с инициативой создать в Рязанском государственном педагогическом институте «Оптическую станцию наблюдений искусственных спутников Земли» (руководитель — профессор В. И. Курышев); «Научную лабораторию атмосферной оптики» (руководитель — доцент Е. Е. Артёмкин); «Научную лабораторию рентгеноструктурного анализа» (руководитель — доцент А. С. Красников); «Научную лабораторию физики твердого тела» (руководитель — доцент Е. Ф. Смыслов)<sup>10</sup>.



Площадка по наблюдению искусственных спутников Земли в РГПИ, 1962 г.



В. П. Орехов с коллегами при разработке проекта решения совещания по методике физики в г. Тамбове, 1982 г.

Для реализации своих научных идей Виктор Петрович всегда быстро и легко создавал необходимые творческие коллективы, заряжал их своим энтузиазмом, заинтересовывал своим замыслом и умело руководил их деятельностью. Для реализации нововведений устанавливал творческие связи с высшими учебными заведениями как нашей страны, так и других стран мира.



В. П. Орехов, А. В. Пёрышкин, В. И. Курышев с участниками конференции на площадке по наблюдению ИСЗ в РГПИ

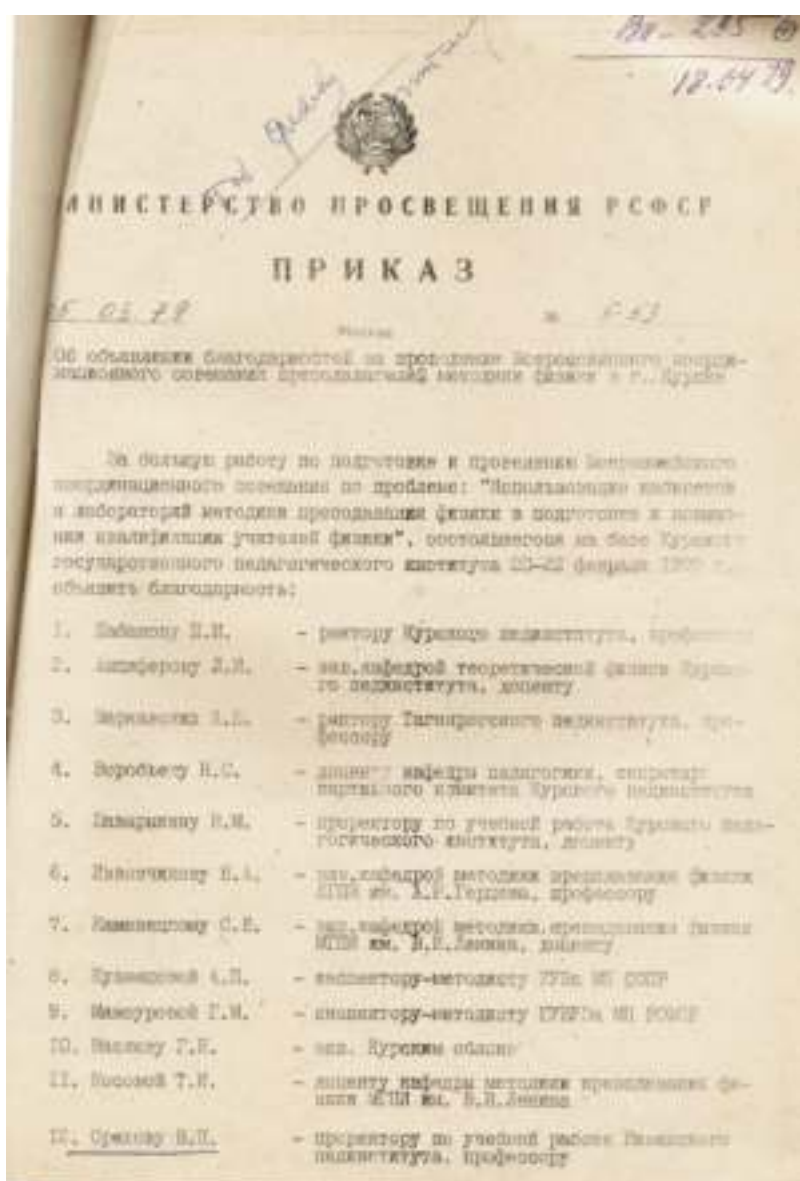
<sup>10</sup> См.: Ильдяев И. А. Профессор В. П. Орехов и его вклад в научно-образовательную деятельность ...



В 1970-х годах в России большое внимание уделялось оформлению и оборудованию кабинета физики в школах и кабинетов методики преподавания физики в вузах.

Виктор Петрович усовершенствует кабинет по методике преподавания физики РГПИ, делая его подобием школьного кабинета, но при этом из-за нехватки аудиторий и посадочных мест в них усовершенствует учебные столы, превращая кабинет в лабораторию и лекционную аудиторию.

Спустя некоторое время вопрос о разработке проекта учебного кабинета методики преподавания физики и проекта школьного физического кабинета в педагогических вузах стал предметом обсуждения на различных конференциях. Так, на Всесоюзной научно-методической конференции в Курске были представлены разнообразные варианты, наилучшими из которых оказались проекты, представленные Рязанским и Курским педагогическими институтами. Оргкомитет конференции постановил поручить Рязанскому педагогическому институту согласовать свои действия с Курским педагогическим институтом по доработке единого проекта и подготовить методические рекомендации под названием «О создании в педагогических институтах школьных физических кабинетов», авторами которых стали Виктор Петрович Орехов и Леонид Иванович Анциферов.



Приказ Министерства просвещения РСФСР — объявить благодарность В. П. Орехову за подготовку и проведение Всероссийского координационного совещания «Использование кабинетов и лабораторий методики преподавания физики в подготовке и повышения квалификации учителей физики»

Обучая студентов методике преподавания физики, правильному решению задач и проведению демонстрационного эксперимента, Виктор Петрович всегда старался привлечь студентов к самому процессу обучения в вузе, предлагая им на практике понять суть физического явления и создать установку для исследования. Во время практики в школах студенты всегда чувствовали поддержку Виктора Петровича, он им советовал, как лучше провести урок, как выстроить отношения с классным коллективом, обсуждал проведенные студентами уроки, советовал, что нужно исправить, а иногда даже и хвалил за оригинальность подхода.



В. П. Орехов проводит демонстрацию на лекции по методике преподавания физики



В. П. Орехов проводит практикум по методике преподавания физики



В. П. Орехов проводит консультацию в Солотчинской школе Рязанского района Рязанской области



В. П. Орехов на лекции по методике преподавания физики

Виктор Петрович Орехов — автор и соавтор восьми книг и более 100 научно-методических работ<sup>11</sup>. Первая его книга «Методика и техника школьного физического эксперимента», над которой он начал работать вместе со своим научным руководителем Евгением Николаевичем Горячкиным в 1961 году, была завершена и издана Виктором Петровичем в 1964 году.

Книги В. П. Орехова стали настольными для учителей физики нашей страны. Лучшие его труды вошли в сокровищницу отечественной методики преподавания физики.

Виктор Петрович тесно сотрудничал с известными физиками-методистами страны: с Самуилом Ефимовичем Каменецким из Московского педагогического института имени В. И. Ленина, с Антониной Васильевной Усовой из Челябинского педагогического института. Вместе они создали методические пособия для учителей физики и были основными законодателями методов и форм работы с обучающимися.

<sup>11</sup> См.: Памяти Виктора Петрович Орехова.

Установившиеся тесные связи с этими вузами существуют и по сей день. Продолжатели исследований в области методики преподавания физики и сегодня общаются в рамках конференций, передавая свой опыт друг другу.



Первая книга В. П. Орехова «Методика и техника школьного физического эксперимента» (в соавторстве с Е. Н. Горячкиным)



Учебные пособия по методике преподавания физики (авторы В. П. Орехов, А. В. Усова, С. Е. Каменецкий, Э. Д. Корж, К. В. Альбин и др.)



Учебные пособия по методике решения физических задач  
(авторы В. П. Орехов, С. Е. Каменецкий)

В 1970-х годах росту авторитета и популярности В. П. Орехова, а также Рязанского педагогического института, который он представлял, в значительной степени способствовала успешно выполняемая им ответственная и значительная по объему общественная работа. Он был председателем зональной комиссии по методике преподавания физики педагогических институтов Центральной зоны РСФСР, членом президиума научно-методического совета по физике при Министерстве просвещения СССР, председателем областного и членом Центрального совета Педагогического общества и общества «Знание».

Родина по достоинству оценила заслуги Виктора Петровича в обучении и воспитании педагогических кадров. В. П. Орехов был отмечен грамотами и награжден орденом «Знак Почета», медалью «За доблестный труд», знаками «Отличник просвещения СССР», «Отличник народного просвещения (МП РСФСР)», «Высшая школа СССР. За отличные успехи в работе».



Почетные грамоты и благодарности,  
которыми был награжден В. П. Орехов



Почетные грамоты и благодарности,  
которыми был награжден В. П. Орехов

Виктор Петрович умер в возрасте 63 лет в самом расцвете творческих сил, оставив после себя богатое наследие. Это и книги, которые вошли в сокровищницу отечественной методики преподавания физики, и одна из лучших в институте лабораторий — методики физики, и множество подготовленных учителей физики как для Рязанского региона, так и для России.

Творческое наследие Виктора Петровича Орехова не утратило своего значения и в настоящее время. Его научные интересы относились к области политехнического обучения, разработке содержания и совершенствования постановки школьного физического эксперимента, методических подходов к решению задач по физике, методики изучения колебаний и волн в курсе физики средней школы. Во всех работах В. П. Орехова нашел отражение его богатый педагогический и методический опыт.

В 1986 году решением совета Рязанского педагогического института имени С. А. Есенина лаборатории методики преподавания физики, в которой работал Виктор Петрович Орехов, присвоено его имя.

Виктора Петровича студенты и коллеги запомнили как человека принципиального, энергичного, жизнерадостного. Широкий кругозор, удивительная работоспособность, уважительное отношение к собеседнику, чувство юмора, неиссякаемый оптимизм делали общение с ним приятным и незабываемым. Он был наделен самыми лучшими человеческими качествами, настойчив в достижении поставленной цели, никогда не падал духом перед трудностями, трудолюбив и находчив, прост в общении с людьми, скромн, терпелив, всегда тактичен и выдержан, умел и любил слушать людей, прислушивался к их советам, прежде чем принять какое-либо решение. Все это вызывало у окружающих глубокое уважение к В. П. Орехову.

В материалах личного дела В. П. Орехова сохранились воспоминания его сотрудников. В одном из них было написано: *«Ни в своих работах, ни в жизни Виктор Петрович Орехов не кичился своим превосходством, но, безусловно, цену себе знал. Только одной фразой, сказанной вполголоса, но с достоинством, он мог навсегда отбить желание его унижить: «Вы забываете, что я физик». Его невозможно было не заметить и не оценить: звание профессора он получил не в результате защиты докторской диссертации, а по совокупности научных трудов. Если бы В. П. Орехов получал и нищенскую зарплату, он не мог бы не писать физику почти круглосуточно. Это было его призвание, его стиль жизни».*

#### **Список использованных источников**

1. Виктор Петрович Орехов // Физика в школе. — 1983. — № 5. — С. 94–95.
2. Памяти Виктора Петрович Орехова // Физика в школе. — 1987 — № 1. — С. 96.
3. Ильдяев И. А., Степанов В. А. Жизнь и деятельность профессора В. П. Орехова (к 80-летию со дня рождения) // Вестник Рязанского государственного педагогического университета имени С. А. Есенина. — 2004. — № 1.
4. Ильдяев И. А., Степанов В. А. Жизнь и деятельность профессора В. П. Орехова // Физическое образование: проблемы и перспективы развития : материалы Междунар. науч-метод. конф., посвящ. 110-летию со дня рождения А. В. Перышкина. — М. : Моск. пед. гос. ун-т, 2012. — Ч. 1.
5. Ильдяев И. А. Профессор В. П. Орехов и его вклад в научно-образовательную деятельность Рязанского педагогического института // Вестник Рязанского государственного университета имени С. А. Есенина. — 2015. — № 3.
6. Романов А. А. История отечественного образования и педагогики. Гуманистический проект С. Т. Шацкого (к 100-летию со дня основания колонии «Бодрая жизнь») // Историко-педагогический журнал. — 2011. — № 2. — С. 39–51.
7. Школа-колония «Бодрая жизнь». — URL : <http://chashaschool.ru/школа-колония-бодрая-жизнь/> (дата обращения: 19.03.2023).

#### **Сведения об авторах**

**Федорова Наталья Борисовна** — доктор педагогических наук, профессор ФГБОУ ВО «Рязанский государственный университет имени С. А. Есенина» (Рязань).

**Кузнецова Ольга Викторовна** — кандидат педагогических наук, доцент ФГБОУ ВО «Рязанский государственный университет имени С. А. Есенина» (Рязань).

## С МИРУ ПО НИТКЕ — ГОЛОМУ РУБАХА (РАЦИОНАЛЬНЫЕ ЗЕРНА ОТКРЫТЫХ УРОКОВ)

В статье представлены интересные подходы к проведению открытых уроков по физике, как одной из старейших форм методической работы.

*открытый урок, творчество, движение вперед, педагогические находки*

The article presents interesting approaches to conducting open lessons in physics, as one of the oldest forms of methodical work.

*open lesson, creativity, forward movement, pedagogical findings*

Открытый урок... Он представляет собой одну из старейших форм методической работы. В практике учителей проведение подобных уроков всегда актуально. Правда, их мало, у них есть сторонники и противники проведения. Их мало, потому что подготовка нужна колоссальная. Времени нужно много. Можно считать, открытый урок — это праздник. Пусть тяжело, пусть не получится, как задумано, но как красиво, сильно, выстрадано и полезно. Полезно всем: учителю, коллегам, ученикам.

Открытый урок — это мастерская идей, это лаборатория педагогического опыта, это возможность профессионального обмена мнениями. А это необходимо учителю, ведь учитель сегодня должен быть интересен: применять новые технологии, нестандартные задания; стремиться к саморазвитию и повышению квалификации; быть на одной волне с учениками.

Давайте рассмотрим несколько подходов к вопросу: «Какие возможности учителю дает открытый урок?»

### 1. Открытый урок — это возможность поделиться опытом

Например, опытом реализации деятельностного подхода в обучении физике на примере урока открытия нового знания «Эта вездесущая сила трения» (7 кл.)<sup>1</sup>.

На этом уроке обучающиеся, используя простое оборудование, выдвигают гипотезы, проводят опыты и делают выводы.

Перемещение бруска по столу линейкой — к построению определения; след карандаша на бумаге и на стекле, взаимодействие стеклянных пластин — к причинам возникновения силы трения; перемещение бруска порожнего и нагруженного с помощью динамометра — к вопросу о зависимости силы трения от веса тела; сдвиг бруска с помощью динамометра с места, его скольжение, качение на карандашах — к видам трения и вопросу их количественного соотношения; перемещение нагруженного бруска на широкой и на узкой грани — при выдвижении и проверке гипотезы о зависимости (независимости) силы трения от площади опоры.

При проведении урока «Железный гвоздь или фонарик» по теме «Электрический ток. Действия тока» (10 кл.) — урока открытия нового знания с применением технологии «Проблемное обучение» — имеет место и объяснение учителя, и выполнение заданий обучающимися. Известно, что ток обнаруживается по действию, которое он производит. Наблюдаем, собирая простейшую электрическую цепь (источник тока, лампа, ключ, соединительные провода), нагревание лампы. Далее, добавляя в цепь емкость с электродами и раствором медного купороса, наблюдаем химическое действие тока. Используя гвоздь, медную проволоку и батарейку, изготавливаем электромагнит и наблюдаем магнитное действие тока. Говоря о физиологическом действии тока,

---

<sup>1</sup> См.: Капитова И. Н. Роль и место открытых уроков. URL : <https://urok.1sept.ru/articles/514852> (дата обращения: 19.03.2023).

демонстрируем в действии аппарат Дарсонваля (дарсонвализация снижает чувствительность рецепторов кожи; оказывает противозудящее и болеутоляющее действие; повышает тонус венозных сосудов, уменьшая венозный застой; ускоряет заживление ран и трофических язв).

На уроке «Давление газа. Передача давления жидкостями и газами. Закон Паскаля» (7 кл.) учитель создает проблемные ситуации, обращается к обучающимся с вопросами, а не с ответами, управляет поисковой деятельностью и обсуждает результаты с обучающимися. Эксперимент с колбой и двумя трубочками, выдувание мыльного пузыря, опыт по расширению и сжатию воздуха с помощью воздушного шара и горячей и холодной воды; демонстрация шара Паскаля и просмотр видеофрагмента с воздушным шаром и вакуумом — такие моменты на уроках способствуют более глубокому усвоению материала и повышают интерес, что особенно важно при изучении такого предмета, как физика.

Конечно, опыт педагога — копилка идей, но, как он это делает, свойственно только ему.

## **2. Открытый урок — это один из способов продемонстрировать наработки и идеи**

Иногда при подготовке урока приходят на первый взгляд необычные идеи. Они замечательно вписываются в урок, который начинает играть новыми красками. При проведении урока «Влажность воздуха» (8 кл.) можно сделать интересное начало. На партах, помимо оборудования к уроку, стоят яркие пластиковые стаканчики, наполненные питьевой водой. Вода, влага — вот и начинаем урок с вопросов: на сколько процентов человек состоит из воды, как добыть воду в пустыне, сколько по времени человек может прожить без воды? И предлагаем попить. Сколько эмоций! На этом же уроке проводим интересный эксперимент. Сухая губка для мытья посуды и лоток с водой помогут в этом. Пробуем сжать губку. Ничего не происходит. Капнем несколько капель воды на губку, опять пробуем сжать. Ничего не происходит. Теперь намочим губку сильно. Пробуем губку поднять, из губки потекла вода. Объяснение следующее. Воздух можно сравнить с губкой в том смысле, что оба могут запасать воду. Сухая губка — сухой воздух, не содержащий водяных паров. Одна капля воды для губки — это слишком мало, однако после того, как губка полежала в воде, она намокла сильнее и впитала в себя больше воды, в последнем же случае губка намокла до насыщения. Когда губка не смогла больше запастись в себе воду, то вода сама начала капать из нее. Как и губка, воздух тоже может запастись в себе воду в виде пара, и, чем больше водяных паров находится в определенном объеме воздуха, тем ближе пар к состоянию насыщения. Согласитесь, красивое моделирование реальных объектов!

При проведении урока «Сила всемирного тяготения» (9 кл.) на одном из слайдов презентации, помимо картинок к уроку, имеется картинка «яблоко». Вопрос детям: как связаны между собой падающее яблоко, вращающаяся вокруг Солнца Земля и сэр Исаак Ньютон? И размышления начинаются. А потом на столах оказываются из цветного картона макеты яблок, на обороте которых перечень слов, из которых ученики должны составить знаменитый закон всемирного тяготения. И яблоком завершаем урок. Раскручиваем ведро с яблоком в вертикальной плоскости, яблоко удерживается в ведре. Обозначаем вопросы для разговора на следующем уроке: что нужно сделать с телом, чтобы оно стало искусственным спутником Земли.

Демонстрацией идей послужит и урок «Восхождение на пик знаний» — урок обобщения знаний по теме «Давление твердых тел, жидкостей и газов». Подборка видеофрагментов («Работа гидравлического пресса», «Принцип действия высотомера»), нестандартные задания по редактированию физического текста, иллюстрирующего работу приборов: барометра, манометра, насоса, лабиринт задач по теме «Давление», интересные качественные вопросы. Приготовленная доска в виде маршрута передвижения или слайд с указанием станций (остановок) во время уроков — первый путь к проявлению интереса к уроку.

На уроке «Познание мира кристаллов» (10 кл.), посвященном изучению свойств кристаллов, своеобразной демонстрацией наработок является один удивительный эксперимент — «Упрощенный вариант получения кристаллического йода». На партах в лотках приготовлено лабораторное оборудование (шприц, 2 кубика; склянки медицинские с йодом (5%), уксусом (9%); перекисью



водорода (3 %). С помощью шприца набираем 3 деления йода, 2 деления уксуса, 14 делений перекиси водорода. Далее, используя пластилин, устанавливаем в лотке шприц вертикально вверх иглой и оставляем на некоторое время (для того, чтобы в шприце появился кристаллический осадок йода). Пока урок идет дальше, на глазах у ребят получают кристаллики льда. Или на том же уроке проводится эксперимент «Температура плавления кристаллов» (с использованием лабораторного набора «Кристаллизация», в частности пробирки с зеленым веществом) по доказательству гипотезы об имеющейся постоянной температуре плавления кристаллов. Учитель заранее до урока готовит электроплитку для перехода вещества в пробирке в жидкое состояние; обучающиеся опускают в пробирку термометр и следят за изменением температуры; с помощью учителя на листах-опорах строят график зависимости температуры от времени наблюдения.

### **3. Открытый урок — окно в огромный и меняющийся мир, мир творчества и профессионализма**

При подготовке к открытому уроку учитель повышает свою квалификацию: открывает новые возможности, находит неординарные задания, перерабатывает много информации по теме урока, систематизирует, анализирует. Это стимул познакомиться с новаторскими приемами, новыми методическими находками. На уроке «Познание мира кристаллов» (10 кл.) для более продуктивного передвижения по материалу урока целесообразно использовать лист-опору, где отображаются основные моменты урока. А как трагична история про алмаз «Шах», который персидский шах подарил России, чтобы загладить вину, когда был убит А. С. Грибоедов, русский посол в Персии. И такие истории важны на уроках, повышают познавательную активность. Интересны и способы выращивания кристаллов, и применение кристаллов-тружеников. А все это — результат работы учителя с информацией для подготовки и проведения интересного урока.

При подготовке открытых уроков учитель понимает, что использование разнообразных форм работы только улучшит ситуацию. Разве не окном в меняющийся мир послужит видеофрагмент «Про изобретение колеса» на уроке «Эта вездесущая сила трения» в 7 классе? Видеофрагмент можно использовать после экспериментов, которые показывают, что сила трения качения — наименьшая среди других видов трения<sup>2</sup>.

И работа с текстом «Про подшипники» на этом уроке только его разнообразит. А для сопровождения слайдов презентации, где показаны примеры проявления сил трения в растительном и животном мире, погружаясь в мир творчества, можно прочесть стихи.

Практика — критерий истинности. И учитель из урока в урок следует этому незыблемому факту, показывая практическое применение изученным явлениям. Так, на уроке «Давление газа. Передача давления жидкостями и газами. Закон Паскаля» интересен будет материал о водометах и трубопроводах: струя воды, выбрасываемая водометом под большим давлением, пробивает отверстия в металлических болванках, дробит породу в шахтах; давление воздуха «раздувает» трубы, изготовленные в виде плоских металлических стальных лент, сваренных по кромкам, для прокладки трубопроводов различного назначения. Занимательным будет и материал «Закон Паскаля, или Кто в сыре делает дырки?» Что касается формы образовавшихся полостей в сыре, то, во-первых, согласно закону Паскаля, давление в пузырьках одинаково передается во все стороны, а во-вторых, «тесто» в этот момент подобно жидкости по своим упругим свойствам. Поэтому пузырьки оказываются строго сферической формы. Чем тверже сыр, тем меньше раздувается внутренний пузырек, тем меньше размер дырки. На уроке можно в качестве отступления раздать на шпажках кусочки сыра разного вида.

### **4. Открытый урок — это приглашение к собственному раздумью**

Открытый урок, проводимый опытным педагогом, является приглашением к собственному раздумью: что можно использовать, чтобы изучение темы было эффективным; какие приемы использовать, чтобы в процессе урока работали и были включены в учебный процесс все дети;

---

<sup>2</sup> См.: Ефименко Е. А. Плюсы и минусы открытого урока. URL : <https://infourok.ru/statya-plyusi-i-minusi-otkritogo-uroka-1186626.html> (дата обращения: 19.03.2023).

что нового можно предложить ученикам, чтобы заинтересовать материалом; как необычно назвать урок, чтобы с первых слов привлечь к себе внимание, чтобы дети пошли за учителем, были с учителем с первой до последней минуты урока. И вот тогда подготовка урока перестанет быть шаблонной, а налицо — творчество и креатив, движение вперед. На таком уроке учитель познакомит своих коллег с новыми педагогическими находками, покажет, как он разрешает ту или иную проблемную ситуацию урока.

В 8 классе в большом разделе «Электрические явления» несколько уроков посвящены изучению действий электрического тока. Вместе с Ампером Андре Мари ученики вычисляют силу тока, с Шарлем Огюстеном Кулоном рассчитывают электрический заряд. С Алессандро Вольты изучают понятие напряжения электрической цепи. Вместе с немецким ученым Георгом Омом исследуют зависимость силы тока от напряжения. А с Джеймсом Джоулем и Эмилием Христиановичем Ленцем выводят формулу для расчета количества теплоты, которое выделяет проводник с током. Завершение изучения этого раздела было бы неполным, если бы не одна уникальная возможность — посвятить урок практическому использованию полученных знаний, расчету стоимости электроэнергии и знакомству с устройством счетчика электрической энергии. «Абонент в деле, или сколько стоит электроэнергия?» — такое название можно дать уроку. Дело в том, что человек, который пользуется коммунальными услугами и оплачивает их, называется абонент. И урок начинается! Распределение по группам: «Закон Ома», «Электроизмерительные приборы», «Электрическая схема» с обоснованием выбора. Далее идет повторение изученного — решение задач с выставлением баллов и определение по алфавиту слова «Счетчик». После рассуждение на тему « $1 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$  — это много или мало?» с доказательством из решения задач. Заполнение таблицы — расчет потребления электроэнергии бытовыми приборами. Изучение инструкции по снятию показаний со счетчика и знакомство с основами его работы. Демонстрация работы счетчика (специально подготовлены макеты обычного и электронного счетчика с реальным подключением в сеть). Беседа об экономии электроэнергии на основе просмотра видеофрагмента. Чтение статьи и выделение 4 главных причин и фактов экономии электроэнергии с заданием — сделать фишбоун. А в финале — подарок детям — линейка со словами великого ученого Д. И. Менделеева «Наука начинается там, где начинают измерять». И задание на дом — определить расход электроэнергии семьей за неделю, две недели, посчитать стоимость, построить столбчатую диаграмму «Потребление электроэнергии» (первая неделя, вторая). Проанализировать причины лишнего потребления и предложить свои способы экономии электроэнергии. Динамично? Безусловно. Главное — полезно, жизненно. А мыслям учителя об уроке нет предела. Главное — это действовать. Действовать — ключевое слово. Современный учитель, опираясь на свой опыт работы, должен быть компетентным. Как сказал Питер Вейлл, американский ученый, специалист по теории организации, «быть компетентным — значит знать, когда и как действовать». Значит, нужно не бояться выходить за строго регламентированные рамки урока, чтобы сделать учебный процесс разнообразным.

## 5. Открытый урок — это саморазвитие учителя

Сегодня каждый учитель стремится заинтересовать учащихся своим предметом. Физика — сложный для понимания предмет. Учебный процесс может быть успешным только при условии, если приемы и методы обучения будут давать пищу уму и чувствам детей, обеспечивать их развитие. На помощь приходят новые технологии обучения. Педагог должен быть интересен своим ученикам и постоянно развиваться. Использование Сингапурской методики обучения сегодня вызывает много эмоций, разговоров, обсуждений. Можно отметить, что ее применение дает результаты: повышается мотивация к обучению и познавательная активность. Основа методики — командное обучение, вся информация направляется не на одного ученика, а на команду, в которой он состоит, дабы не перегружать отдельную личность, а равномерно распределить нагрузку на всю группу.

Такой подход развивает у учеников коммуникативные способности и исключает недопонимание.

Рассмотрим приемы, которые опробованы на конкретном уроке физики в 8 классе по теме «Оптические явления в природе». Это урок обобщения и повторения материала. Необходимо отметить, что тема «Оптические явления» изучается в конце 8 класса. Тема объемная, изучаются основные законы отражения и преломления света. Учебный материал богат определениями, законами, построениями, фронтальными экспериментами.

Прием «КОНЭРС» (рассадка по группам). На этапе актуализации знаний обучающимся предлагается подняться со своих мест и занять места в классе, опираясь на вопрос: Если бы вы были учителем, с чего бы вы начали изучение темы «Оптические явления»? Категории ответов стоят на партах (класс мысленно поделен на группы по 4 человека; на партах стоят таблички с названиями оптических явлений). Названия оптических явлений: объяснение образования тени и полутени (закон прямолинейного распространения света); почему мы видим окружающие нас предметы (закон отражения); что происходит со светом на границе раздела двух сред? (закон преломления, кажущаяся глубина); объяснение оптических явлений: источники света, цвет неба, радуга, отражение деревьев в воде и т. п. Дети занимают места согласно выбранным позициям. На партах лежат номера от 1 до 4 (чтобы легче было обращаться к детям при ответах). Ученикам предлагается объяснить позиции своего выбора, причем каждый в группе говорит по предложению, не повторяясь. Таким образом, происходит повторение изученной темы по основным вопросам. Такое деление на группы позволит в ходе урока повторять определенные вопросы, включая в работу каждого члена группы.

Прием «МОДЕЛЬ ФРЕЙЕР» актуален будет на таком уроке, когда в ходе работы с материалом по изучению закона полного внутреннего отражения (текст, фронтальный эксперимент) необходимо закрепить изученные понятия. Обучающимся предлагается в раздаточный лист формата А4 вписать информацию по категориям.

Прием «СИ-ФИНК-УАНДЭ» (видеофрагмент, картина, слайд по вопросам: что вы видите, что вы об этом думаете, о чем это заставляет задуматься). На данном уроке в раздаточном материале имеются репродукции картин — «Утро в сосновом лесу» Ивана Ивановича Шишкина; «Заросший пруд» Василия Дмитриевича Поленова. Обучающиеся, рассуждая, дают ответы на вопросы: 1. Что вы наблюдаете? 2. Что вы об этом думаете? 3. О чем это заставляет задуматься?<sup>3</sup> 4. Какие физические явления наблюдаются? (4 человека в группе, 4 вопроса; каждый ученик — в работе). На первой картине — рассеяние (отражение) света мелкими капельками воды; на второй — отражение предметов в воде.

Краткое содержание видеофрагмента: в кювету насыпается толченое стекло; кювета не прозрачна; на заднюю стенку кюветы помещается картинка; затем в кювету добавляют глицерин; картинка становится видна.

Прием «ЭЙ АР ГАЙД» наглядно можно показать в действии на примере просмотра видеофрагмента «Радуга». До начала просмотра обучающимся предлагается заполнить таблицу вопросов «ДО». После окончания просмотра ученикам необходимо пересмотреть свои утверждения и указать ответ в столбце «ПОСЛЕ». Обсуждение: поменяли ли вы какой-либо из ваших ответов? Если да, какой и почему? Какие из этих утверждений наиболее важны для вас? Почему?

На уроке задействован весь класс, увеличивается разнообразие форм и средств, которые повышают и стимулируют творческую активность обучающихся. Ученикам приходится учиться самостоятельно думать, отвечать на поставленные вопросы, дополняя друг друга, обмениваться мнениями. У них развивается устная речь, коммуникация, сотрудничество, критическое мышление, креативность, повышается мотивация к изучаемому предмету, что ведет к более эффективному освоению школьниками образовательной программы.

В наши дни для профессиональной деятельности педагога необходимо постоянно обновлять и обогащать свои знания, повышать свой профессиональный потенциал. Совершенствование качества обучения напрямую зависит от уровня подготовки педагогов. Следовательно, этот уровень должен постоянно расти. Поэтому самообразование педагога должно стать его потребностью.

---

<sup>3</sup> См.: Сингапурская методика обучения — советско-российский след. URL : <https://eduinspector.ru/2018/03/19/singapurskaya-metodika-obucheniya-sovetsko-rossijskij-sled/> (дата обращения: 19.03.2023).

## Вместо эпилога

Рациональные зерна открытых уроков... Действительно, зерна, которые надо поместить в благодатную среду, чтобы они дали всходы. И не надо бояться рисковать, чтобы не получилось так, как в одной поучительной притче «Два зернышка»:

*«... Два зернышка лежали рядом на плодородной весенней земле. Первое зернышко сказало: “Я хочу вырасти! Я хочу пустить корни глубоко в почву подо мной и пустить ростки над землей... Я мечтаю распуститься нежными почками и возвестить о приходе весны... Я хочу ощутить теплые лучи солнца и капельки росы на моих хрупких лепестках!” И зернышко выросло, превратившись в цветок. Второе зернышко сказало: “Я боюсь. Если я пушу корни в землю, то неизвестно, с чем они столкнутся там, в темноте. Если у меня вырастут нежные стебли, то они могут повредиться... А если появятся бутоны, то их обглодает какое-нибудь насекомое. А если из бутонов распустятся цветы, то их сорвут или затопчут ногами. Нет уж, лучше я подожду, когда наступит безопасное время”. И второе зернышко стало ждать<sup>4</sup>».*

Курица, бродившая в поисках корма, увидела лежащее на плодородной земле зерно и мгновенно склевала его. Мораль этой притчи такова: тех, кто боится рисковать и двигаться вперед, жизнь обязательно «заклюет».

Итак, приведем несколько советов, которые дал учитель года — 2018 в России Алихан Динаев и которые работают.

1. Дети ждут необычного. Начните свой урок с удивления — с события, действия, предмета, который может поразить. Попробуйте сделать или сказать что-то, что удивит: необычный факт, поразительное сравнение, необыкновенная связь между, казалось бы, совершенно не связанными друг с другом людьми, событиями или вещами. «Познание начинается с удивления».

2. Межпредметность — это не просто модное слово. Это способ показать, что все в мире взаимосвязано, что причинно-следственные связи повсюду. Покажите ученикам, что ваша узкая тема связана не только с другими темами в вашем предмете, но и с химией, философией, современным кино, политикой, да с чем угодно! Это всегда выглядит красиво и эффектно, привлекает внимание, заинтересовывает, увлекает. «Все элементы Вселенной имеют взаимосвязи, все существа в этом мире связаны между собой» — так писал Парацельс, швейцарский философ, врач.

3. Создайте проблему и позитивную атмосферу. Создайте проблему, предложите то, что заставит задуматься, противоречивый вопрос, который и вдохновит, и побудит искать варианты ответа. Есть японская поговорка: «В дом, где смеются, приходит счастье». Поэтому улыбайтесь, настраивайтесь на положительное, будьте доброжелательны, открыты, не бойтесь пошутить (особенно если это у вас хорошо получается). 66 % российских старшеклассников назвали чувство юмора главным качеством идеального учителя. Символ учительства, на мой взгляд, — это не мел и не доска (даже интерактивная), а улыбка. «Станьте солнцем, вас все и увидят» — писал Ф. М. Достоевский.

4. Продолжайте удивлять. Удивлять надо не только в начале. Моменты, неожиданные и необычные, должны быть на уроке всегда. Важно удивлять на протяжении всего урока.

5. Меняйте направление. Если на уроке вы меняете виды деятельности, переходите от одного вида заданий к другим: это правильно и рационально. Это позволяет держать ученика в тонусе, позволяет ему не отвлекаться.

6. Сколько учителя должно быть на уроке? На конкурсных уроках всегда есть большая проблема и серьезная дилемма: с одной стороны, вы должны показать себя как интеллектуал, как предметник, как профессионал, как хороший человек, но в то же время педагогический талант не в том, чтобы демонстрировать свою эрудированность, а в том, чтобы дети эффективно работали на уроке. Не надо брать на себя все роли. Не будьте человеком-оркестром. Важно, чтобы дети были главными героями занятий. Дайте им свободу, возможность проявить себя. «У вас такой же недостаток, как у меня. Нет, не нос — скромность» — говорила Ф. Г. Раневская.

---

<sup>4</sup> Ремизова И. А. Развитие креативного мышления с использованием обучающих структур сингапурского метода обучения // Концепт. 2015. Т. 16. С. 153–159.

7. Адаптируйтесь. Будьте готовы к неожиданным ситуациям, разработайте план «Б». Кто-то говорит, что урок — это кино или спектакль. Да, можно много репетировать, но реальный урок никогда не будет в точности таким, как вы запланировали. Что-то пойдет не так, вмешаются дети-кактусы, которые будут вас колоть и не доверять, или дети-цветы, которые будут всем восхищаться, или дети-лампочки, которые сами зажгут класс своими яркими идеями. Педагогу надо быть готовым к тому, что на уроке может произойти все что угодно. Все предугадать невозможно.

8. Красиво завершите урок. Запоминается в первую очередь начало и конец урока. Пусть дети выходят с урока с улыбкой, радуясь и понимая, что занятие было отличным. Один из лучших способов завершить урок — зациклить его, вернуться в начало. Это создает целостность и замкнутость — в хорошем смысле. Продумайте последние две минуты особенно тщательно. Завершение урока вполне может быть открытым. Может быть, это даже лучше всего, когда детям искренне хочется продолжить обсуждение, когда они выходят, споря друг с другом, когда окружают учителя, задавая ему вопросы и высказывая все новые и новые аргументы. «В каждом начале уже есть конец» — писал Д. Оруэлл, британский писатель, публицист, журналист.

9. Получите удовольствие от урока. Постоянно говорим (и нам постоянно говорят), что урок должен нравиться детям, что они должны получать удовольствие от занятий, испытывать радостные эмоции и т. д. Безусловно, все это так. Но, пожалуйста, не забывайте, что и учитель тоже должен получать удовольствие от каждого урока и общения с детьми!

И, наконец, пожелания — экспромт.

1. Будьте позитивными и энергичными. Пусть ваша батарейка креатива никогда не садится.

2. Помните, что время урока ограничено. Чем меньше объем, тем больше производимое давление.

3. Дерзайте! Беритесь за большие дела. Открытия прошлого актуальны и сегодня. Кто не рискует, тот никогда ничего не откроет.

4. Мечтайте! Пусть ракета вашей жизни бороздит просторы Вселенной, покоряя все новые и новые высоты!

Жить надо так, чтобы можно было гордиться собой. Чтобы, оглядываясь назад, быть довольным от проделанной работы, от успехов и результатов. Чтобы узнавать новое, применять это новое в своей работе, жизни, развивать и совершенствовать навыки. Чтобы становиться лучше, ставить новые цели и достигать их. Чтобы радоваться каждому дню, наполнять жизнь добрыми эмоциями. Чтобы делиться опытом, общаться и получать в ответ слова благодарности.

Наполняйте свою жизнь, гордитесь собой, будьте уверенными в себе. Будьте для самого себя героем!

#### ***Список использованных источников***

1. Ефименко Е. А. Плюсы и минусы открытого урока. — URL : <https://infourok.ru/statya-plyusi-i-minusi-otkritogo-uroka-1186626.html> (дата обращения: 19.03.2023).

2. Капитова И. Н. Роль и место открытых уроков. — URL : <https://urok.1sept.ru/articles/514852> (дата обращения: 19.03.2023).

3. Ремизова И. А. Развитие креативного мышления с использованием обучающих структур сингапурского метода обучения // Концепт. — 2015. — Т. 16. — С. 153–159.

4. Сингапурская методика обучения — советско-российский след. — URL : <https://eduinspector.ru/2018/03/19/singapurskaya-metodika-obucheniya-sovetsko-rossijskij-sled/> (дата обращения: 19.03.2023).

#### ***Сведения об авторах***

***Афанасьева Елена Сергеевна*** — учитель физики МОУ Раменская СОШ № 9 (Раменский, Московская область).

***Дубицкая Лариса Викторовна*** — доктор педагогических наук, профессор кафедры физики и химии ГОУ ВО МО «Государственный социально-гуманитарный университет» (Коломна).

## ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ УЧАЩИХСЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ МЕДИЦИНСКИХ КЛАССОВ НА ОСНОВЕ ОПОРНЫХ СХЕМ

В статье рассмотрены вопросы планирования, построения и реализации проектной деятельности учащихся в предпрофессиональных медицинских классах с применением опорных планов-конспектов.

*естествознание, индивидуальный подход, индивидуальная образовательная траектория, индивидуальный проект, практическая деятельность, проектная деятельность*

The article discusses the issues of planning, construction and implementation of project activities of students in pre-professional medical classes with the use of reference plan notes.

*natural science, individual approach, individual educational trajectory, individual project, practical activity, project activity.*

Скажи — и я забуду. Покажи — и я запомню. Вовлеки — и я научусь  
*Конфуций, древний мыслитель и философ Китая*

Высокая роль индивидуальных проектов в развитии личности учащегося, выборе и становлении его образовательной траектории широко внедрилась в школьную образовательную среду XXI века. Первоначально это связано с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта<sup>1</sup>, а также с запросом государства о раннем выборе профиля подготовки учащихся и их профориентации.

Участие учащихся в проектной деятельности, а именно создании проектов по интересующей теме, а затем защита их на различных городских, региональных и международных площадках, позволяет привить подрастающему поколению принципы научной деятельности, коммуникативные навыки, критическое мышление. Подобные принципы позволяют по достижению выпуска со школьной скамьи осмысленно подойти к своей дальнейшей образовательной и профессиональной деятельности.

Одной из главных проблем организации индивидуальной проектной деятельности является обучение, подготовка учащихся к написанию проекта. Хотя на тему организации работы по созданию проектов имеется достаточно большое количество научно-методических трудов<sup>2</sup>, в которых описаны и отобраны методы, формы и средства работы, воспитания, целеполагания, все равно в реальной школьной среде встречаются проблемы с написанием индивидуальных проектов.

---

<sup>1</sup> См.: Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта среднего общего образования : приказ Минобрнауки России от 17.05.2012 № 413 (ред. от 12.08.2022). URL : [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_131131/f09facf766fbeeec182d89af9e7628dab70844966/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_131131/f09facf766fbeeec182d89af9e7628dab70844966/) (дата обращения: 10.03.2023).

<sup>2</sup> См.: Игнатова Г. Г. Учебно-исследовательская деятельность в школе: метод проектов и индивидуальные исследования // Наука и образование сегодня. 2018. № 9 (32). URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/uchebno-issledovatel'skaya-deyatelnost-v-shkole-metod-proektov-i-individualnye-issledovaniya> (дата обращения: 17.03.2023) ; Мангер Т. Э., Белова Е. А. Опыт организации предмета «Индивидуальный проект» в старшей школе // Вестник ТГУ. 2022. № 3. URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/opyt-organizatsii-predmeta-individualnyy-proekt-v-starshey-shkole> (дата обращения: 08.02.2023) ; Обухова Е. А. Оптимизация процесса подготовки к защите индивидуального проекта обучающихся на уровне СОО // Научно-методическое обеспечение оценки качества образования. 2022. № 2 (16). URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/optimizatsiya-protsessa-podgotovki-k-zaschite-individualnogo-proekta-obuchayuschih-sya-na-urovne-soo> (дата обращения: 09.03.2023).

Вариантом решения данной проблемы выступает использование простых и наглядных опорных схем. На основе успешного опыта применения опорных схем В. Ф. Шаталова<sup>3</sup> были разработаны планы-конспекты, позволяющие ученикам понять, какие требования имеет каждый отдельный элемент работы, к каким источникам следует обращаться и как планировать собственную деятельность, чтобы достигнуть выполнения конечного продукта в поставленные сроки.

Учитель проектной деятельности выстраивает систему работы в модульном режиме в соответствии с реализованной индивидуальной образовательной траекторией учащегося<sup>4</sup>. Содержание модулей представлено на рисунке 1.



Рис. 1. Модули предмета «Индивидуальный проект»

Первый модуль посвящен введению в проектную деятельность, который позволяет ознакомиться учащимся с понятием проектной деятельности, структурой, формой представления материала, методами исследовательской деятельности, а также рассмотреть примеры проектов медицинского, химического, биологического содержания.

Во втором модуле осуществляется отбор темы проекта в соответствии с направлениями медицинских исследований. В обосновании темы учащийся в ходе бесед и дискуссий раскрывает учителю и товарищам, что конкретно его заинтересовало, какие затруднения могут возникать при изучении темы. Учащиеся также выбирают вид проекта и анализируют ресурсное оснащение школы и ее партнеров, что позволит организовать и планировать практическую деятельность. После беседы с учителем создается план проекта, в котором указывается структура, содержание,

<sup>3</sup> См.: Глазунов С. А. Опорные конспекты как средство повышения качества образования // Научные исследования в образовании. 2007. № 3. URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/opornye-konspekty-kak-sredstvo-povysheniya-kachestva-obrazovaniya> (дата обращения: 09.03.2023) ; Гуркова В. С. Метод обучения по В. Ф. Шаталову // Научные исследования и разработки молодых ученых. 2016. № 9-1. URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/metod-obucheniya-po-v-f-shatalovu> (дата обращения: 08.03.2023) ; Дьяченко Н. В., Федчишина Д. Д. Методологические и теоретические аспекты применения схем и таблиц в образовательном процессе // КиБ. 2022. № 3. URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/metodologicheskie-i-teoreticheskie-aspekty-primeneniya-shem-i-tablits-v-obrazovatelnom-protsesse> (дата обращения: 17.03.2023) ; Кондракова С. О. Опорные сигналы В. Ф. Шаталова средство активизации творческого подхода к учебному процессу // Известия Российского государственного педагогического университета имени А. И. Герцена. 2008. № 65. URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/opornye-signaly-v-f-shatalova-sredstvo-aktivizatsii-tvorcheskogo-podhoda-k-uchebnomu-protsessu> (дата обращения: 08.02.2023) ; Сайфуллин Ф. А. Педагогический опыт В. Ф. Шаталова // Проблемы востоковедения. 2008. № 2 (42). URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/pedagogicheskiy-opyt-v-f-shatalova> (дата обращения: 07.02.2023).

<sup>4</sup> См.: Белоусов А. А., Малинин К. А. Реализация индивидуальной образовательной траектории на уроках естествознания // Актуальные проблемы физики и технологии в образовании, науке и производстве : материалы IV Всерос. науч.-практ. конф., посвящ. 120-летию Александра Васильевича Пёрышкина / под ред. В. А. Степанова, О. В. Кузнецовой. Рязань : Ряз. гос. ун-т им. С. А. Есенина, 2022. С. 34–37.

сроки выполнения и ресурсы, необходимые для подготовки и реализации проекта. Изучение вопроса исследования проходит через определение актуальности и поиска имеющихся работ и аналогов, постановки проблемы и гипотезы исследования. Также важно емко и точно определить цель проекта и задачи, решение которых и выстроит логику самой деятельности (рис. 2).

*Противоречие – это взаимодействие между взаимоисключающими, но при этом взаимообуславливающими и взаимопроникающими друг в друга противоположностями внутри единого объекта и его состояний.*

Противоречие представляет собой выявление определенных нестыковок, критики, различных позиций в отношении одного и того же вопроса. К примеру, одна и та же теория может быть интерпретирована с разных ракурсов, по-разному, но при этом ее смысл должен быть в любом случае одним и тем же.

Например, во время карантина Covid-19 обучение было выведено в дистанционный формат. Появилась проблема, связанная с приобретением практических умений школьников в связи с отсутствием возможности использования школьного лабораторного оборудования. Возникло противоречие между необходимостью получить навык работы с лабораторным оборудованием и невозможностью посещения самой школы.

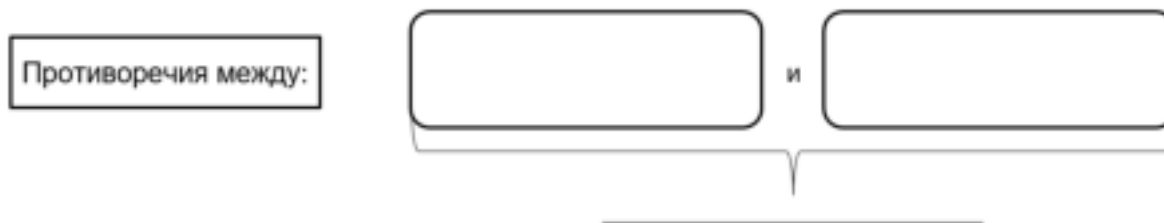


Рис. 2. Элемент плана-конспекта по модулю 2 по написанию противоречия

Для достижения поставленной цели первые задачи ориентированы на углубленное изучение объекта и предмета исследования, расширения понятий и изучение научной литературы по вопросам исследования. На основе проделанного литературного обзора составляется глава I, теоретическая. Теоретическое обоснование проблемы исследования позволяет планировать проведение практической части работы: начиная от констатирующего исследования, позволяющего определить состояние проблемы до момента исследования, до конечного, готового, продукта.

Отбор средств и методов проведения эксперимента, сама методика, а также результаты проведенной работы фиксируются в главе II, практической. Особое внимание отводится написанию этого раздела проекта, поскольку для предпрофессиональных медицинских классов, участвующих в проекте «Медицинский класс в московской школе», требуется и участие в научно-практической конференции «Старт в медицину», организаторами которой являются Департамент образования и науки города Москвы и ГБОУ ДПО «Городской методический центр» Департамента образования и науки города Москвы.

После написания практической части учащийся анализирует проделанную работу, выявляет основные затруднения и дефициты, которые могли возникнуть на всех стадиях работы: от планирования до реализации. Итоги работы вносятся в специальный раздел «Заключение», в котором учащийся емко отвечает на поставленные в введении задачи и в конечном итоге доказывает или опровергает выдвинутую гипотезу. Для некоторых школьных проектов формулирование гипотезы является необязательным.

По завершении работы оформляется список литературы и приложения. Работа проверяется на антиплагиат и после конечных правок научного руководителя на основании текста работы пишутся тезисы и создается презентация по заданным требованиям.



Написание каждого элемента работы опирается на план-конспект, позволяющий ученикам легче ориентироваться в структуре и логике проектной работы, понимать и выстраивать логику научного рассуждения, а учителю — проще планировать совместную деятельность и проверять ключевые точки при написании проектной работы. Для большей эффективности рекомендуется использовать цифровую среду, в которой ученики из дома будут заполнять план-конспект, а учитель в любое время сможет проверить написанное.

Таким образом, использование планов-конспектов на уроках проектной деятельности у учащихся старшей школы возможно не только в предпрофессиональных медицинских классах, но и в любом классе, учебный план которого предполагает наличие предмета «Индивидуальный проект».

#### Список использованных источников

1. Белоусов А. А., Малинин К. А. Реализация индивидуальной образовательной траектории на уроках естествознания // Актуальные проблемы физики и технологии в образовании, науке и производстве : материалы IV Всерос. науч.-практ. конф., посвящ. 120-летию Александра Васильевича Пёрышкина / под ред. В. А. Степанова, О. В. Кузнецовой. — Рязань : Ряз. гос. ун-т имени С. А. Есенина, 2022. — С. 34–37.
2. Глазунов С. А. Опорные конспекты как средство повышения качества образования // Научные исследования в образовании. — 2007. — № 3. — URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/opornye-konspekty-kak-sredstvo-povysheniya-kachestva-obrazovaniya> (дата обращения: 09.03.2023).
3. Гуркова В. С. Метод обучения по В. Ф. Шаталову // Научные исследования и разработки молодых ученых. — 2016. — № 9-1. — URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/metod-obucheniya-po-v-f-shatalovu> (дата обращения: 08.03.2023).
4. Дьяченко Н. В., Федчишина Д. Д. Методологические и теоретические аспекты применения схем и таблиц в образовательном процессе // КиБ. — 2022. — № 3. — URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/metodologicheskie-i-teoreticheskie-aspekty-primeneniya-shem-i-tablits-v-obrazovatelnom-protsesse> (дата обращения: 17.03.2023).
5. Игнатова Г. Г. Учебно-исследовательская деятельность в школе: метод проектов и индивидуальные исследования // Наука и образование сегодня. — 2018. — № 9 (32). — URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/uchebno-issledovatel'skaya-deyatelnost-v-shkole-metod-proektov-i-individualnye-issledovaniya> (дата обращения: 17.03.2023).
6. Кондракова С. О. Опорные сигналы В. Ф. Шаталова средство активизации творческого подхода к учебному процессу // Известия Российского государственного педагогического университета имени А. И. Герцена. — 2008. — № 65. — URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/opornye-signaly-v-f-shatalova-sredstvo-aktivizatsii-tvorcheskogo-podhoda-k-uchebnomu-protsessu> (дата обращения: 08.02.2023).
7. Мангер Т. Э., Белова Е. А. Опыт организации предмета «Индивидуальный проект» в старшей школе // Вестник ТГУ. — 2022. — № 3. — URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/opyt-organizatsii-predmeta-individualnyy-proekt-v-starshey-shkole> (дата обращения: 08.02.2023).
8. Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта среднего общего образования : приказ Минобрнауки России от 17.05.2012 № 413 (ред. от 12.08.2022). — URL : [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_131131/f09facf766fbee182d89af9e7628dab70844966/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_131131/f09facf766fbee182d89af9e7628dab70844966/) (дата обращения: 10.03.2023).
9. Обухова Е. А. Оптимизация процесса подготовки к защите индивидуального проекта обучающихся на уровне СОО // Научно-методическое обеспечение оценки качества образования. — 2022. — № 2 (16). — URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/optimizatsiya-protsessa-podgotovki-k-zaschite-individualnogo-proekta-obuchayuschih-sya-na-urovne-soo> (дата обращения: 09.03.2023).
10. Сайфуллин Ф. А. Педагогический опыт В. Ф. Шаталова // Проблемы востоковедения. — 2008. — № 2 (42). — URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/pedagogicheskiy-opyt-v-f-shatalova> (дата обращения: 07.02.2023).

#### Сведения об авторах

**Белоусов Андрей Александрович** — учитель химии и астрономии ГБОУ «Школа № 1517» (Москва).

**Малинин Кирилл Алексеевич** — учитель физики и математики ГБОУ «Школа № 1517» (Москва).

«НАГЛЯДНЫЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ ЗАДАЧНИК»  
В. А. АЛЕКСАНДРОВА.  
ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ЗАДАЧИ

В публикации проанализированы практико-ориентированные задачи из «Наглядного электротехнического задачника» В. А. Александрова. На приведенных примерах показаны особенности таких задач, в частности, многоплановость информации, содержащейся в задаче, которая была условно подразделена на уровни: от информации, известной учащемуся, до информации, содержащейся в условии косвенно. Появление новых типов пособий в начале XX века, примером которого является задачник, рассматривается с позицией дифференциации и интеграции учебника физики в ходе развития методики.

*методика физики, учебник, дифференциация учебника, наглядность, сборник задач практико-ориентированные задачи*

In the article, it is analysed practice-oriented tasks from “Visual Electro-technical Problem-book” composed by V.A. Alexandrov. The examples given show the special features of such tasks, in particular, the versatility of the information contained in the task, which was conventionally subdivided into levels: from information known to the student to information contained in the condition indirectly. The emergence of new types of manuals at the beginning of the 20th century, an example of which is a problem-book, is considered from the position of differentiation and integration of a physics textbook in the course of the development of methodology.

*methods of physics, textbook, textbook differentiation, visualisation, problem-book, practice-oriented tasks*

### Введение

Развитие методики физики привело в конце XIX века к появлению, наряду с собственно учебником, сборников задач и лабораторных работ, хрестоматий и атласов приборов. Это процесс был назван нами *дифференциацией учебника физики*. При дальнейшем развитии методики к 1910-м гг. стал оформляться еще один тип учебного пособия — *рабочие тетради*<sup>1</sup>. Они несли в себе черты лабораторных журналов и тетрадей, сборников задач и учебников; это отвечало тенденции *интеграции учебных книг* и пособий по физике. Одной из первых рабочих тетрадей по электротехнике, предтечей таковых по физике, стал «Наглядный электротехнический задачник» В. А. Александрова-Рославлева<sup>2</sup>. Задачник отражал не только новые веяния методики (каждая задача предлагалась к решению на одиночном отрывном листке, который содержал условие, схематический чертеж, необходимые справочные данные, на нем было отведено место и для самого решения), но и объединял в себе черты учебника, в начале каждого раздела приводились расчетные формулы и краткие теоретические пояснения. Но основная методическая идея задачника, по мысли автора, заключалась не в использовании отрывных листов, которые упрощали организацию и проведение текущего контроля, а в реализации принципа «наглядности, которая состоит в том, что каждая из задач облечена в форму жизненной действительности, вводящей учащегося с первых шагов изучения электротехники в сферу практических приложений своих знаний»<sup>3</sup>. Такое буквальное понимание наглядности не дает ее смешать с понятием «простота», которое часто рассматривается в связке «наглядно — значит просто для восприятия».

<sup>1</sup> См.: Бражников М. А. Первые рабочие тетради по физике // Школа будущего. 2021. № 2. С. 8–21.

<sup>2</sup> См.: Александров В. А. Наглядный электротехнический задачник. М. : Тип. Поплавского, 1911. Ч. I. 351 с.

<sup>3</sup> См.: Александров В. А. Наглядный электротехнический задачник. Ч. I.

## Практико-ориентированные задачи в задачнике В. А. Александрова

Рассмотрим пример задачи (рис. 1), которая отражала «действительность жизни» крупного города начала XX века, времени, когда был составлен сборник. По своему основному содержанию задача весьма проста: в ней необходимо вычислить сопротивление двух последовательно соединенных проводников (контактного провода и рельса) по известной длине, площади поперечного сечения рельса, диаметру провода, зная удельные сопротивления металлов. Приступая к решению данной задачи, учащийся уже решал аналогичные или близкого содержания (№ 1–5). Первый владелец сборника Константин Михайлович Матросов (*К. М.*) легко с ней справился (см. рис. 1). Полученный ответ совпал с тем, который остался на корешке после отрыва листа-задачи. Отметим, что учащийся не воспользовался отведенным для арифметических расчетов местом. Если учитель раздавал такие листочки в классе (разные задачи — разным ученикам), то при проверке ему было достаточно свериться с корешком. Задачи про сопротивление трамвайного провода предлагаются и сегодня (см. № 1042, 1051<sup>4</sup>, для 8 класса). Но они не являются в полной мере практико-ориентированными. На наш взгляд, такой характер задаче (№ 6, см. рис. 1) придает информация первого, второго, а возможно и третьего плана. Распределим информацию, заключенную в задаче, по некоторым условным уровням (табл.).

**№ 6** 13

Решение задачи предложено на отдельном листочке.

Для проведения трамвая в дождливый день, выработанный на электростанции, идет по верхнему голому проводу, откуда через соединяющийся с рельсом рельс (или рельс) устроенный на длинном рычаге в трамвайный вагон и соединенный со стальными контактами и обратно к станции по рельсам. Определить сопротивление, которое придется преодолеть току при прохождении по верхнему проводу и рельсам от станции и до последнего вагона трамвая, находящегося от нее на расстоянии 3 километра, если диаметр верхнего провода 1 сантиметр, материал — твёрдая танталовая нить с удельным сопротивл. 0,0114, а поперечное сечение рельса 30 кв. см и материал — сталь с удельн. сопр. 0,15.

№ 6 См. на обороте.

**Решение задачи:**

- 1) Сопротивление верхнего провода  

$$R_1 = \rho \frac{l}{S} = \frac{0,0114 \cdot 3000}{\frac{\pi \cdot 0,01^2}{4}} = 1,45 \text{ Ом}$$
- 2) Сопротивление рельса  

$$R_2 = \rho \frac{l}{S} = \frac{0,15 \cdot 3000}{30} = 15 \text{ Ом}$$
- 3) Сопротивление цепи — сумма сопротивлений проводов  

$$R = R_1 + R_2 = \frac{0,0114 \cdot 3000}{\frac{\pi \cdot 0,01^2}{4}} + 15 = 16,45 \text{ Ом}$$
- 4) Ответ: сопротивление проводов равно 1,45 Ом

Суммарное сопротивление = 16,45 Ом

Место для ответа отведено (ответ, табл. и проч.)

Рис. 1. Пример задачи о сопротивлении контактного провода трамвайной линии<sup>5</sup>

<sup>4</sup> См.: Пёрышкин А. В. Сборник задач по физике. 7–9 классы. М. : Экзамен, 2017. 271 с.

<sup>5</sup> См.: Александров В. А. Наглядный электротехнический задачник. Ч. I.

## Уровни информации, содержащейся в задаче о трамвае

| <i>Начальный</i>  | <i>I</i>  | <i>II</i>  | <i>III</i>   |
|---|---|--|--|
| <i>Известная</i>  | <i>Новая</i>  |  | <i>Косвенная</i>   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Трамвай — городское транспортное средство, приводимое в движение электродвигателем.</li> <li>• Трамвай движется по рельсам, ток поступает к электромотору через специальную штангу.</li> <li>• Контактный провод крепится к опорам.</li> <li>• Сопротивление проводника зависит от рода металла, площади поперечного сечения и его длины.</li> <li>• При последовательном соединении сопротивлений их величины складываются</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ток, питающий электродвигатель, вырабатывается с помощью динамо-машины.</li> <li>• Постоянный ток к трамваю подводится по медному контактному проводу определенного сечения и заданной длины.</li> <li>• Контактный провод находится под напряжением: стальной рельс, по которому «отводится» ток, заземлен, известны его длина и площадь сечения</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Опора заглублена в землю примерно на <math>\frac{1}{4}</math>, крепление провода к опоре выполнено в виде кронштейна.</li> <li>• Для контактного провода используется твердо-тянутая медь.</li> <li>• Рельс трамвайного пути имеет особый профиль, отличный от железнодорожного.</li> <li>• Контакт штанги с проводом может осуществляться роликом или дугой</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Что дает для эксплуатации провода холодное волочение меди?</li> <li>• Почему трамвайный рельс имеет такой профиль?</li> <li>• Почему профиль трамвайного рельса отличается от профиля железнодорожного рельса?</li> </ul> |
| <i>Поле основного содержания задачи</i>   |   |  | <i>Поле возможных вопросов и ответов</i>   |
|   | <i>Поле практико-ориентированной задачи</i>   |  |  |

*Начальный уровень* — то, что уже знакомо ученику, когда он приступает к решению задачи. Информацию 1-го уровня практически всю необходимо задействовать в решении; информация следующего уровня представлена в условии наглядно. Она не определяет ход решения, а создает «жизненную действительность», может мотивировать ученика поставить и найти ответы на вопросы, которые задают 3-й уровень информации, косвенно содержащейся в задаче (эти вопросы может затронуть и учитель, разбирая на уроке условие задачи). Первый и второй уровни раскрывают конкретную информацию об электропитании мотора трамвая, формируя ее практико-ориентируемый характер, а наглядность, в современном понимании, определяется приведенным на рисунке трамваем, фрагментом пути, опорами контактной сети и т. п. Отметим, что сведения 1-го и 2-го уровня являются адаптированными по отношению к технике того времени. Укажем несколько упрощений: на электростанциях вырабатывался трехфазный переменный ток, а не постоянный, контактная сеть запитывалась от подстанций, на которых понижалось напряжение, а ток выпрямлялся, канатный провод был не круглого сечения, а его сечение представляло приплюснутую «8»<sup>6</sup>. «Жизненная действительность» задачи — это упрощение реальности, которая, с одной стороны, позволяла получить в целом верные представления об электропитании трамвая с точки зрения электротехники, доступной начинающему, а с другой — производить количественные расчеты, дававшие правдоподобные значения. Так, по расчету площадь сечения провода в задаче  $79 \text{ мм}^2$ , но в действительности она составляла  $65 \text{ мм}^2$  при 8-образном сечении<sup>7</sup>.

*Поле основного содержания* практико-ориентированной задачи лежит на стыке того, что уже известно учащемуся (должно быть известно и отработано на предыдущих примерах) и того, что для него является новым и необходимым для ответа на вопрос. Ученик должен уметь выделить информацию, необходимую для решения, из текста задачи. Это важное умение не формируется обычными задачами типа № 1042, 1051<sup>8</sup>.

<sup>6</sup> См.: Машков И. П. Путеводитель по Москве. М. : Скоропечатня Левенсона, 1913. 310 с.

<sup>7</sup> См.: Машков И. П. Путеводитель по Москве.

<sup>8</sup> См.: Пёрышкин А. В. Сборник задач по физике. 7–9 классы.

Информация второго плана помогает возбуждать в учащемся интерес к физике и технике. Она его мотивирует к наблюдению в окружающем мире города (возможно, теперь он обратит внимание на то, как выглядит трамвайный рельс, где у колеса реборда, а подняв голову вверх, посмотрит на контактный провод, его крепление к опоре). Однако здесь есть опасность того, что детали, особенно при ответах на вопросы по косвенно содержащейся в условии информации, не увели от основного содержания задачи, тем более что она, эта косвенная информация, не относится к теме «Электричество». При составлении практико-ориентированных задач возможна такая аналогия: звук камертона, не имеющий обертонов (при правильном возбуждении звука), чист, но неинтересен слушателю; сложный музыкальный звук обладает многими обертонами, придающими ему известный окрас, при этом, как правило, сила звука основного тона, может быть, 1-го обертона в ряде случаев, превышает силу звука других обертонов. На наш взгляд, выстраивание практико-ориентированных задач должно в какой-то мере соответствовать этой аналогии в отношении уровней (планов) информации.

Было бы ошибочным думать, что практико-ориентированные задачи могут строиться только на «внешкольных» сюжетах. Противоположным примером служит проволочный реостат, названный магазином сопротивлений (задача № 1100)<sup>9</sup>. Он используется при демонстрационных опытах в классе, например при постановке опыта Эрстеда, когда кратковременно нужны большие токи и реостат ощутимо греется. На нагревании реостата при работе В. А. Александров построил задачу (рис. 2). Может ли перегореть реостат во время опыта? Как сильно он нагревается? Эти вопросы, при том что реостат у учащихся перед глазами, а опыты они с ним видели, создают эффект «жизненной действительности», задача утрачивает свой отвлеченный характер, какой она имеет в сборнике А. В. Пёрышкина при расчете сопротивления спиралей реостата.



Рис. 2. Пример задачи о работе реостата<sup>10</sup>

В рассмотренном примере проявляется еще одна черта подобных задач — их сюжетность. В данной задаче сюжет простой (более сложный проанализирован далее, рис. 3). Задача № 22 завершает раздел «Закон Ома» в сборнике В. А. Александрова. Реакция современного ученика на такую задачу предугадывается — условие «длинное». При этом информация 1-го и 2-го (уровня) тесно переплетается. Задачу в принципе можно решить, не задавая вопросы, что такое «ток утечки», чем он отличается от «тока короткого замыкания», нужно ли учитывать при решении

<sup>9</sup> См.: Пёрышкин А. В. Сборник задач по физике. 7–9 классы.

<sup>10</sup> См.: Александров В. А. Наглядный электротехнический задачник. Ч. I.

теплоотдачу в окружающую атмосферу. На наш взгляд, необходимо разъяснение этих вопросов, их разбор. Совместный с учителем анализ подобных ситуаций, реализация сценария: «Пусть я буду монтер» (можно использовать задачу № 831 из сборника П. А. Знаменского <sup>11</sup>), способствует развитию основ инженерного мышления.

Приведенные примеры практико-ориентированных задач не являются сложными с точки зрения их решения по основной теме задачи, поэтому допускают дополнения условий информацией второго плана. Задачи на расчет цепей переменного тока являются задачами повышенной трудности. При их решении необходимо уметь рассчитывать (с применением методов геометрии и алгебры) полное, активное и реактивное сопротивления, соответствующие мощности, токи и напряжения на элементах цепи разного типа. Это задачи для инженерных классов и с углубленным изучением физики старшей школы.



Рис. 3. Пример задачи о замыкании на линии <sup>12</sup>

Рассмотрим кратко задачу № 25 из 2-й части сборника «Переменный ток» <sup>13</sup> (рис. 4). Аналогичные задачи хорошо известны и решаются в средней школе для цепей постоянного тока. Очевидно упрощение учебной ситуации по сравнению с реальностью в использовании сотен одинаковых ламп и десятка одинаковых моторов. На практике в цепь включаются разные лампы, а десять моторов могут развивать разную мощность, их коэффициенты мощности могут различаться. Однако расчет такой цепи усложнится, к тому же станет рутинным. Из условия видно, что спектр вопросов второго плана в этой задаче заметно уже; условие наталкивает учащегося на вопросы. Например, почему не указан коэффициент мощности для ламп накаливания, или, в связи с чем вольтметр показывает разные напряжения на зажимах генератора и на зажимах входа потребителя. Включение в задачу данных о проводах, их сечениях, длинах приблизит задачу к практике, но, поскольку эти умения уже отработаны ранее, не сделает ее интересной, каковой должна быть подобная задача.

Чтобы не зависеть общий уровень сложности, определяемый совокупностью тех действий (сложностью каждого из них), которые предпринимает учащийся для решения задачи, включая анализ условия и выделение из него собственно данных задачи, необходимо уменьшить объем

<sup>11</sup> См.: Мошков С. С., Пиотровский М. Ю., Знаменский П. А. [и др.]. Сборник вопросов и задач по физике : для VIII–X кл. сред. школы. М. ; Л. : Учпедгиз, 1949. 192 с.

<sup>12</sup> См.: Александров В. А. Наглядный электротехнический задачник. Ч. I.

<sup>13</sup> См. там же. Ч. II. 290 с.

информации второго, третьего и т. д. плана, которая и делает задачу «реальной». В этом смысле создать такие задачи в рамках материала I центра изучения физики проще. Поэтому число методических работ по практико-ориентированным задачам и примеров самих задач для 5–9 класса значительно, а аналогичных работ для старшей профильной школы существенно меньше.



Рис. 4. Пример задачи из сборника В. А. Александрова по теме «Переменный ток»<sup>14</sup>

Сказанное относится и к данному задачнику, от тома к тому: «Постоянный ток» → «Переменный ток» → «Расчет и монтаж установок» постепенно задачи от практико-ориентированных превращаются в примеры технических расчетов, которые должен уметь проводить техник-электрик. Это очевидная цель, которую ставил перед собой В. А. Александров, но для методики физики в этом переходе видим проблему определения границы между «как бы реальной задачей» и техническим расчетом.

### Заключение

Подведем итог проделанному исследованию. Развитие методики означает, что со временем появляются новые идеи, касающиеся содержания и организации процесса обучения, уточнение его целей. Новые идеи 1910-х гг. ярко отражены в задачнике В. А. Александрова, прежде всего, практическая направленность обучения и его наглядность, которую он трактовал как «жизненную действительность». Процессы дифференциации учебника физики и интеграции учебных пособий следует понимать не механически, как разделение единого пособия на несколько частей и соединение их вновь, а в смысле творческого и глубокого развития методики физики. В. А. Александров в рамках своего задачника многое сделал в этом направлении. Будучи одним из ведущих специалистов своего времени в области электротехники, Александров был автором десятков книг, от популярных брошюр до учебников вузов. Это давало гарантию валидности составленных им задач с точки зрения и теории, и практики. Косвенно возникает вопрос о допустимых границах упрощения задачи, претендующей отражать «жизненную действительность». Практико-ориентированная задача многопланова, в ней заключена информация разных уровней. Методическая работа учителя связана с правильной расстановкой акцентов в соответствии с поставленными задачами обучения, при этом учитель должен владеть и информацией первого уровня, и информацией, косвенно содержащейся в такой задаче. Понимая «сюжет» не литературно-методически, а как некоторую законченную ситуацию, отражающую реальный или возможный

<sup>14</sup> См.: Александров В. А. Наглядный электротехнический задачник. Ч. II.

случай из практики, можно сказать, что многие из задач сборника — сюжетны, их предпочтительнее разбирать совместно с учащимися в конце изучаемого раздела. Выстраивая свой сборник задач, В. А. Александров постепенно переходил от практико-ориентированных задач к примерам технических расчетов, поскольку одна из целей задачника — дать в руки обучающегося пособие, разрешающее вопросы практического свойства. Какова граница, и есть ли она, между практико-ориентированными задачами и техническими расчетами в рамках общеобразовательного курса физики? На многие из поставленных вопросов ответы, справедливые для своего времени, дает сборник В. А. Александрова-Рославлева, что является примером для поиска ответа в наши дни.

#### **Список использованных источников**

1. Александров В. А. Наглядный электротехнический задачник.— М. : Тип. Поплавского, 1911. — Ч. I. — 351 с.
2. Александров В. А. Наглядный электротехнический задачник:— М. : Тип. Поплавского, 1911. — Ч. II. — 290 с.
3. Бражников М. А. Первые рабочие тетради по физике // Школа будущего. — 2021. — № 2. — С. 8–21.
4. Машков И. П. Путеводитель по Москве. — М. : Скоропечатня Левенсона, 1913. — 310 с.
5. Мошков С. С., Пиотровский М. Ю., Знаменский П. А. [и др.]. Сборник вопросов и задач по физике : для VIII–X кл. сред. школы. — М. ; Л. : Учпедгиз, 1949. — 192 с.
6. Пёрышкин А. В. Сборник задач по физике. 7–9 классы. — М. : Экзамен, 2017. — 271 с.

#### **Сведения об авторе**

**Бражников Михаил Александрович** — кандидат педагогических наук, старший научный сотрудник ФГБУН ФИЦ ХФ имени Н. Н. Семёнова РАН, доцент ФГБОУ ВО «Московский педагогический государственный университет», Москва.

УДК 378.146:50

**Ю. С. Гераскина**

### **АНАЛИЗ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЙ ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ УРОВНЯ СФОРМИРОВАННОСТИ ЕСТЕСТВЕННО-НАУЧНОЙ ГРАМОТНОСТИ**

В статье рассмотрен анализ выполнения заданий диагностической работы по определению уровня сформированности естественно-научной грамотности учащихся 5–9 классов, определены недостаточно сформированные компетенции учащихся и даны рекомендации по их развитию.

*естественно-научная грамотность, компетенции*

The article considers the analysis of the fulfillment of tasks of diagnostic work on the formation of natural science literacy of students in grades 5–9, the importance of requirements for the qualifications of students, and recommendations are given for their elimination.

*natural science literacy, competencies*

Целью проведения диагностической работы является определение уровня естественно-научной грамотности (ЕНГ) обучающихся 5–9 классов гимназии № 278 Санкт-Петербурга. Результаты этой работы помогут сделать выводы об уровне сформированности отдельных умений, характеризующих ЕНГ, выявить наиболее острые проблемы и затруднения, связанные с формированием ЕНГ учащихся, а также определить основные направления совершенствования преподавания биологии, физики и химии с целью более эффективного формирования ЕНГ.



В исследовании принимали участие 304 учащихся 5–9 классов.

Диагностический инструментарий предложен разработчиками сайта Российская электронная школа<sup>1</sup>. Проверка выполнения заданий осуществлялась системой оценивания, разработанной для каждого задания. Контрольно-измерительные материалы содержат задания низкого, среднего и высокого уровней сложности познавательных действий. Комплекс заданий включает в себя описание ситуации, приближенной к реальной повседневной жизни, представленной в проблемном ключе, и ряд задач, относящихся к этой ситуации. Обратимся к анализу результатов диагностической работы 5 классов.

Таблица 1

Выявление уровня сформированности естественно-научной грамотности учащихся в 5 классе  
(69 человек; выражено в процентах)

| <i>Уровень выполнения диагностической работы</i> |         |        | <i>ЕНГ сформирована</i> | <i>ЕНГ не сформирована</i> |
|--|---------|--------|-------------------------|----------------------------|
| Высокий  | Средний | Низкий |                         |                            |
| 5,7  | 36,3    | 58     | 42                      | 58                         |

Следует отметить, что большинство обучающихся (73,9 %) справились с заданиями низкого уровня сложности, в которых необходимо выбрать один верный ответ из предложенных. Сложными для учащихся 5 класса оказались задания высокого уровня сложности, требующие развернутого ответа, в которых требовалось определить цель исследования и применить знания для научного описания явления — 51 и 66 % соответственно не справились. Также задание среднего уровня с выбором нескольких ответов смогли выполнить только 24,6 %, что может быть связано с отсутствием знаний о призме и явлениями расщепления белого луча на лучи разных цветов, которые обучающиеся получают позднее при изучении физики. Рассмотрим выполнение заданий учащимися 6 классов.

Таблица 2

Выявление уровня сформированности естественно-научной грамотности учащихся в 6 классе  
(78 человек; выражено в процентах)

| <i>Уровень выполнения диагностической работы</i> |         |        | <i>ЕНГ сформирована</i> | <i>ЕНГ не сформирована</i> |
|--|---------|--------|-------------------------|----------------------------|
| Высокий  | Средний | Низкий |                         |                            |
| 3,8  | 29,5    | 66,7   | 33,3                    | 66,7                       |

С заданиями средней сложности, относящимися к компетенции «умение анализировать, интерпретировать данные и делать выводы», где необходимо дать развернутый ответ, справились 39 %. Вопрос о сокодвижении высокого уровня сложности, требующий развернутый ответ, вызвал затруднения у 82,1 % из 39 обучающихся, выполнявших вариант 2. На тему «Транспорт веществ» в 6 классе выделен всего 1 час, что недостаточно для понимания и усвоения такой сложной темы шестиклассниками и объясняет такой низкий результат.

Таблица 3

Выявление уровня сформированности естественно-научной грамотности учащихся в 7 классе (71 человек; выражено в процентах)

| <i>Уровень выполнения диагностической работы</i> |         |        | <i>ЕНГ сформирована</i> | <i>ЕНГ не сформирована</i> |
|--|---------|--------|-------------------------|----------------------------|
| Высокий  | Средний | Низкий |                         |                            |
| 19,8   | 23,9    | 56,3   | 43,7                    | 56,3                       |

<sup>1</sup> См.: Российская электронная школа. URL : <https://resh.edu.ru/> (дата обращения: 19.03.2023).

Результаты выполнения заданий учащимися в 7 классах показывают, что 27 % из них выполнили задание с выбором ответа низкого уровня сложности, в котором требуется применять естественно-научные знания для объяснения явления, что свидетельствует об отсутствии представлений у обучающихся о макро- и микроэлементах в живых организмах. Это можно объяснить угасанием знаний школьников о химическом составе клетки.

С заданиями средней сложности, проверяющими умения ставить цели, анализировать и делать выводы, справились 47 % обучающихся. 46 % обучающихся дали верный развернутый ответ на задание высокого уровня сложности, проверяющего умения применять соответствующие естественно-научные знания для объяснения явления. Это указывает на достаточный уровень сформированности перечисленных выше компетенций.

Таблица 4

Выявление уровня сформированности естественно-научной грамотности учащихся в 8 классе  
(40 человек; выражено в процентах)

| <i>Уровень выполнения диагностической работы</i> |         |        | <i>ЕНГ сформирована</i> | <i>ЕНГ не сформирована</i> |
|--|---------|--------|-------------------------|----------------------------|
| Высокий  | Средний | Низкий |                         |                            |
| 57,5   | 20      | 22,5   | 77,5                    | 22,5                       |

Все 4 задания диагностической работы для 8 класса предлагали выбор ответа или установление соответствия, что позволило, на наш взгляд, получить результаты выше среднего. Это можно объяснить тем, что в работу не включены задания высокого уровня сложности, проверяющие такие компетенции, как «умение выдвигать гипотезы, анализировать данные, делать выводы».

Таблица 5

Выявление уровня сформированности естественно-научной грамотности учащихся в 9 классе  
(48 человек; выражено в процентах)

| <i>Уровень выполнения диагностической работы</i> |         |        | <i>ЕНГ сформирована</i> | <i>ЕНГ не сформирована</i> |
|--|---------|--------|-------------------------|----------------------------|
| Высокий  | Средний | Низкий |                         |                            |
| 33,3   | 27      | 39,7   | 60,3                    | 39,7                       |

Учащиеся 9 классов успешно выполнили задания низкого уровня сложности с выбором ответа. Только 10 % справились с заданием на преобразование одной формы представления данных в другую. Опрос учащихся показал, что незнакомая тема «Термоядерный синтез» затруднила их работу с текстом.

Результаты диагностической работы определили компетенции естественно-научной грамотности, требующие дальнейшего формирования: «Интерпретация данных и использование научных доказательств для получения выводов», «Научное объяснение явлений», «Применение соответствующих естественно-научных знаний для объяснения явлений».

Основные направления такой работы: формирование опыта решения компетентностно-ориентированных задач; планомерное обучение моделированию и переносу способов решения учебных задач на реальные ситуации; формирование коммуникативной, информационной и социальной компетенций<sup>2</sup>.

Для повышения уровня ЕНГ обучающихся необходимо на уроках и на внеурочных занятиях постоянно погружать в деятельность по объяснению процессов и явлений в знакомых ситуациях

<sup>2</sup> См.: Абдулаева О. А., Александрова Н. В., Алексашина И. Ю. [и др.] Профессиональное развитие педагогов в области формирования и оценки функциональной грамотности учащихся : моногр. / под науч. ред. И. Ю. Алексашиной. СПб. : СПб. АППО, 2021. 154 с.

на основе имеющихся научных знаний. Важно также систематически организовывать образовательную деятельность, включающую учащихся или демонстрирующую им активное участие в жизненных ситуациях, относящихся к области науки и технологии; задавать домашние задания, направленные на поиск фактов и информации, необходимых для объяснения явлений.

#### *Список использованных источников*

1. Абдулаева О. А., Александрова Н. В., Алексашина И. Ю. [и др.] Профессиональное развитие педагогов в области формирования и оценки функциональной грамотности учащихся : моногр. / под науч. ред. И. Ю. Алексашиной. — СПб. : СПб. АППО, 2021. 154 с.
2. Российская электронная школа. — URL : <https://resh.edu.ru/> (дата обращения: 19.03.2023).

#### *Сведения об авторе*

**Гераскина Юлия Сергеевна** — учитель биологии и географии ГБОУ «Гимназия № 278 имени Б. Б. Голицына» Адмиралтейского района Санкт-Петербурга (г. Санкт-Петербург).

УДК 378.147.88

DOI: 10.37724/q7797-1487-6466-z

**С. В. Иванников**

### **ИЗУЧЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ, ПРОТЕКАЮЩИХ В ТРАНСФОРМАТОРЕ, В ШКОЛЬНОМ КУРСЕ ФИЗИКИ**

В статье описывается применение метода векторных диаграмм и теории электромагнитных колебаний в электрических цепях переменного тока для определения электрических параметров в замкнутой вторичной цепи трансформатора.

*физика, методика физики, электромагнитные колебания, метод векторных диаграмм*

The article describes the application of the vector diagram method and the theory of electromagnetic oscillations in AC electrical circuits to determine the electrical parameters in the closed secondary circuit of the transformer.

*physics, methods of physics, electromagnetic oscillations, vector diagram method*

Одним из широко распространенных технических устройств является трансформатор, принцип работы которого кратко изучается в школьном курсе физики.

В школьном курсе физики рассматривается принцип работы трансформатора в отношении передаваемой электрической мощности и преобразования напряжения на клеммах первичной и разомкнутой вторичной обмоток<sup>1</sup>. Рассматриваются также цепи переменного синусоидального тока в отношении определения силы тока и напряжений на отдельных элементах электрической цепи генератора тока. Последнее создает предпосылки для понимания физических процессов, развивающихся в трансформаторе. Вместе с тем существуют физические задачи повышенной сложности для абитуриентов, предполагающие рассмотрение физических процессов в электрических цепях трансформатора<sup>2</sup>. Примеры решения подобных задач не приводятся.

---

<sup>1</sup> См.: Яковлев И. В. Физика. Полный курс подготовки к ЕГЭ. М. : МЦНМО, 2022. С. 303 ; Грачев А. В., Погожев В. А., Салецкий А. М., Боков П. Ю. Физика: 11 класс : базовый уровень ; профильный уровень: учеб. М. : Вентана-Граф, 2013. С. 223.

<sup>2</sup> См.: Белолипецкий С. Н., Еркович О. С., Казаковцева В. А., Цвезинская Т. С. Задачник по физике : учеб. пособие. М. : Физматлит-2005. С. 300.

Переход студентов первых курсов электротехнических специальностей к изучению работы трансформатора часто вызывает затруднения в силу того, что в электротехнике применяются новые понятия, физический смысл которых не всегда поясняется. Например, наряду с известным в физике понятием индуктивного сопротивления, можно встретить понятия «схемы замещения трансформатора», «магнитодвижущие силы», «потoki рассеяния», «комплексный ток холостого хода и его составляющие», а также другие понятия<sup>3</sup>. Поэтому практический интерес представляет рассмотрение физических процессов и причинно-следственных связей физических явлений в работающих технических устройствах с использованием традиционных понятий физики.

Общие положения методики расчетного определения параметров электрических цепей трансформатора изложены автором в работе<sup>4</sup>. В предлагаемой вниманию работе предлагается подробное рассмотрение физических процессов в трансформаторе применительно к преподаванию разделов «магнитное поле» и «электромагнитные колебания» в школьном курсе физики.

## 1. Работа трансформатора в режиме «холостого хода»

### 1.1. Подаваемое напряжение и разность потенциалов на клеммах вторичной обмотки

Рассмотрим последовательность причинно-следственных связей в физических явлениях, приводящую к появлению переменного напряжения на клеммах разомкнутой вторичной обмотки трансформатора.

Исходным является представление о трансформаторе как устройстве, содержащем замкнутый магнитопровод-сердечник, охватываемый витками двух электрически не связанных друг с другом цепей переменного тока (обмоток). К первичной цепи подведено синусоидальное переменное напряжение (разность потенциалов). В режиме холостого хода вторичная цепь разомкнута.

Синусоидальное переменное напряжение (разность потенциалов)  $\Delta\varphi$  в каждом витке первичной обмотки связано с напряженностью  $E$  электрического поля в проводнике уравнением (1), в котором  $d$  — длина участка проводника,  $\omega$  — циклическая частота колебаний,  $t$  — время.

$$d \cdot E_A \cdot \sin(\omega \cdot t) = \Delta\varphi_A \cdot \sin(\omega \cdot t). \quad (1)$$

Изменение напряженности электрического поля совпадает по фазе и частоте с прикладываемым напряжением.

Рассмотрим очень короткий промежуток времени на интервале первой четверти периода колебаний. Электрическая сила, действующая на каждый свободный электрон в проводнике, увеличивается вместе с напряженностью электрического поля и скорость  $V$  движения потока электронов возрастает. В соответствии с известным соотношением (2), мгновенные значения силы тока  $J$  возрастают вместе с значениями скорости движения свободных электронов:

$$J = n \cdot q_e \cdot S_0 \times V. \quad (2)$$

В уравнении (2)  $n$  — концентрация электронов в проводнике,  $q_e$  — заряд электрона,  $S_0$  — площадь поперечного сечения проводника.

Переменный ток создает в первичной обмотке переменный магнитный поток  $\Phi(t)$ :

$$\Phi_A \times \sin(\omega \cdot t) = L_1 \times J_A \times \sin(\omega \cdot t). \quad (3)$$

<sup>3</sup> См.: Иванов И. И., Соловьев Г. И., Равдоник В. С. Электротехника : учеб. 2-е изд., перераб. и доп. СПб. : Лань, 2003. 496 с.

<sup>4</sup> См.: Иванников С. В. Определение параметров колебательных процессов, протекающих в трансформаторе в задачах курса общей физики // Физическое образование в вузах. 2007. Т. 13, № 3. С. 95–106.

В соотношении (3):  $L_1$  — индуктивность первичной обмотки трансформатора,  $\omega$  — циклическая частота колебаний.  $J_A = J_1$  — амплитудное значение тока в первичной цепи.

В каждый момент времени магнитный поток в любом участке сердечника одинаков и не выходит наружу. Поэтому каждый виток первичной и вторичной обмотки пронизывает одинаковый магнитный поток.

Переменный магнитный поток распространяется в сердечнике, вызывает в каждом витке вторичной цепи вихревое электрическое поле и ЭДС индукции  $e_2$ . В каждом витке первичной цепи магнитный поток вызывает вихревое электрическое поле самоиндукции, направленное навстречу движущимся свободным зарядам, и ЭДС самоиндукции  $e_1$ . Выполняется закон электромагнитной индукции:

$$|e_1| = \dot{\Phi} = \omega \cdot \Phi_A \times \cos(\omega \cdot t), \quad (4)$$

$$|e_2| = \dot{\Phi} = \omega \cdot \Phi_A \times \cos(\omega \cdot t). \quad (5)$$

Поскольку витки обмоток соединены последовательно, полная ЭДС индукции в первичной обмотке равна

$$\xi_1 = N_1 \cdot e = N_1 \cdot \omega \cdot \Phi_A \times \cos(\omega \cdot t). \quad (6)$$

Полная ЭДС индукции во вторичной обмотке равна

$$\xi_2 = N_2 \cdot e = N_2 \cdot \omega \cdot \Phi_A \times \cos(\omega \cdot t). \quad (7)$$

Полная ЭДС индукции во вторичной обмотке равна разности потенциалов (напряжению)  $U_2$  на разомкнутой вторичной обмотке. Полная ЭДС индукции в первичной обмотке равна напряжению на индуктивном сопротивлении в первичной цепи синусоидального тока и приближенно — подаваемому напряжению (напряжение на активном сопротивлении мало).

Из соотношений (6) и (7) следует

$$\frac{\xi_1}{\xi_2} = \frac{N_1}{N_2}, \quad (8)$$

где  $\frac{N_1}{N_2} = K$  — коэффициент трансформации.

Отношение мгновенных значений напряжений в формуле (8) можно заменить отношением действующих значений напряжений  $U_1$  и  $U_2$  на первичной и вторичной обмотках.

Если вторичная обмотка содержит меньшее количество витков в отношении к первичной, на вторичной обмотке будет меньшее напряжение в отношении к напряжению, подаваемому на первичную обмотку ( $K > 1$ ).

Если вторичная обмотка содержит большее количество витков в отношении к первичной, на вторичной обмотке будет большее напряжение в отношении к напряжению, подаваемому на первичную обмотку ( $K < 1$ ).

## 1.2. Гармоническое уравнение напряжений в первичной цепи трансформатора и векторная диаграмма напряжений в режиме холостого хода

С позиции теории электрических цепей переменного тока электрическая цепь первичной обмотки с распределенными параметрами для холостого хода представляет собой последовательное соединение источника внешнего напряжения  $U_1^G$ , активного (омического)  $R_1$  и индуктивного  $X_{L1}$  сопротивлений (рис. 1).

$$X_{L1} = \omega \cdot L_1 \quad (9)$$

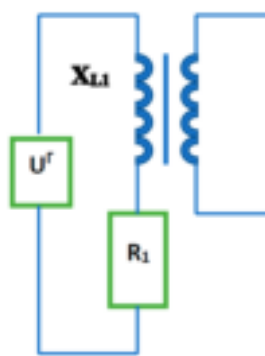


Рис. 1. Электрическая цепь первичной обмотки

При протекании синусоидального тока в такой цепи сумма всех разностей потенциалов (напряжений), взятых на отдельных элементах цепи в любой момент времени, в соответствии с законами Кирхгофа должна быть равна нулю<sup>5</sup>.

$$I_{01} \cdot R_1 \times \text{Sin}(\omega \cdot t) + I_{01} \cdot X_{L1} \times \sin(\omega \cdot t + \frac{\pi}{2}) + U_1^r \times \sin(\omega \cdot t + \alpha) = 0 \quad (10)$$

В гармоническом уравнении (10):

$I_{01}$  — амплитудное значение силы тока в первичной цепи в режиме холостого хода;

$\alpha$  — начальная фаза для внешнего напряжения;

$I_{01} \cdot R_1$  — амплитуда напряжения на активном сопротивлении  $R_1$  в соответствии с законом Ома;

$I_{01} \cdot X_{L1}$  — амплитуда напряжения на индуктивном сопротивлении  $X_{L1}$ , которая равна амплитуде ЭДС самоиндукции  $\xi_{1,A} = N_1 \cdot \omega \cdot \Phi_A$  в первичной обмотке.

Слагаемые в уравнении (10) могут быть представлены в методе векторных диаграмм проекциями векторов амплитуд напряжений на неподвижную вертикальную ось синусов. Вся система векторов вращается в направлении против часовой стрелки с угловой скоростью, равной круговой частоте  $\omega$  вынужденных колебаний параметров электрической цепи (рис. 2).

Векторная диаграмма напряжений облегчает, исходя из геометрических соображений, нахождение мгновенных значений силы тока в первичной цепи через его амплитудное значение. Для этого нужно поделить амплитудное значение напряжения, подаваемого в первичную цепь  $U_1 = U_1^r$ , на полное сопротивление цепи:

$$I_{01} = \frac{U_1}{\sqrt{R^2 + (\omega \cdot L_1)^2}} \quad (11)$$

Точное значение коэффициента трансформации для амплитудных значений напряжений в первичной и вторичной разомкнутой обмотках будет следующим:

$$K = \frac{I_{01} \cdot \omega \cdot L_1}{U_2} = \frac{U_{L1}}{U_2} \quad (12)$$

<sup>5</sup> См.: Иванов И. И., Соловьев Г. И., Равдоник В. С. Электротехника. С. 196.

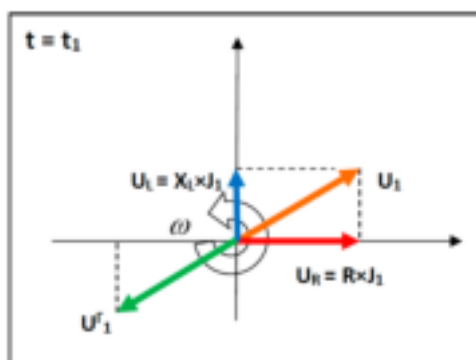


Рис. 2. Векторная диаграмма напряжений для электрической цепи первичной обмотки в режиме «холостого хода»

## 2. Работа трансформатора в режиме замкнутой вторичной цепи.

После замыкания вторичной цепи трансформатор переходит в рабочий режим и передает энергию из первичной цепи на элементы, включенные во вторичную цепь по параллельной схеме.

В этом случае амплитудное и действующее значение напряжения на всех подключенных приборах будет одинаковым и равным напряжению на клеммах вторичной обмотки.

В соответствии с законом сохранения энергии получение энергии элементами вторичной электрической цепи возможно за счет получения этой энергии из первичной внешней электрической цепи. Уравнение для передаваемой мощности  $I_2 \cdot U_2$  :

$$I_1 \cdot U_1 \cdot K_{пд} = I_2 \cdot U_2 . \quad (13)$$

В уравнении (13):  $I_1$  — действующее значение силы тока в первичной цепи;

$I_2$  — действующее значение силы тока во вторичной цепи;

$U_1$  — действующее значение напряжения в первичной цепи;

$U_2$  — действующее значение напряжения во вторичной цепи;

$K_{пд}$  — коэффициент полезного действия трансформатора.

Для понимания физических процессов, приводящих к передаче энергии из первичной цепи во вторичную, рассмотрим последовательность причинно-следственных связей в физических явлениях, приводящую к увеличению силы тока в первичной цепи. Сила тока в первичной цепи в режиме холостого хода в соответствии с (10), (13) и в отсутствие тока  $I_2$  является малой величиной.

### 2.1. Собственный магнитный поток вторичной обмотки и его вихревое электрическое поле в первичной обмотке

Замыкание вторичной цепи при наличии вихревого электрического поля от изменяющегося магнитного потока, созданного в первичной обмотке, приводит к появлению синусоидального тока  $I_2$  .

Ток  $I_2$  создает свой собственный переменный магнитный поток  $\Phi_2$ . В соответствии с правилом Ленца вектор индукции  $\mathbf{B}_2$  магнитного поля вторичной цепи направлен против вектора индукции  $\mathbf{B}_1$  магнитного поля первичной цепи. Проникая в первичную обмотку, переменный магнитный поток  $\Phi_2$  в соответствии с правилом Ленца создает в ней вихревое электрическое

поле с напряженностью  $E_{12}$ , сонаправленное с электрическим полем  $E_1$ , подаваемым из электрической сети, питающей трансформатор (рис. 3). Суммарное действие двух электрических полей на свободные электроны приводит в соответствии с вторым законом Ньютона к увеличению амплитуды ускорения, амплитуды скорости  $V$  движения зарядов и в соответствии с (2) к увеличению амплитуды силы тока  $I_1$  в первичной цепи. Амплитуда первичного магнитного потока  $\Phi_1$  возрастает (3).

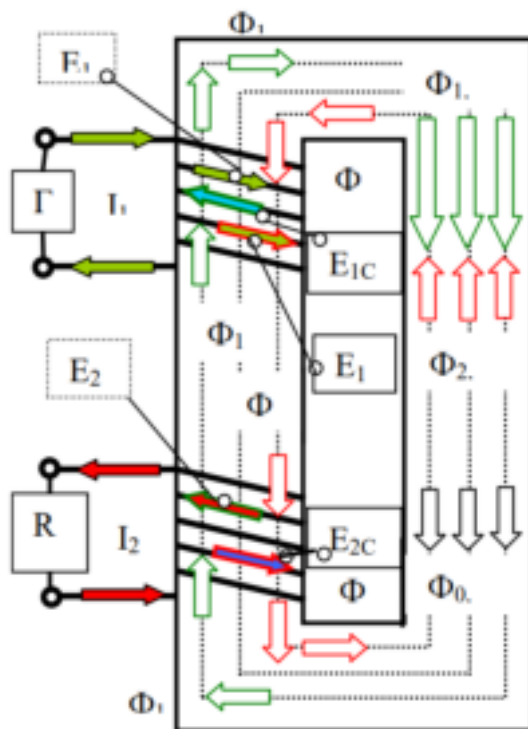


Рис. 3. Направления магнитных потоков в сердечнике трансформатора и направления векторов напряженности вихревых электрических полей в первичной (вверху) и вторичной (внизу) обмотках

Амплитудное значение суммарного магнитного потока остается равным значению амплитуды магнитного потока в режиме холостого хода <sup>6</sup>. Выясним причину этого физического явления.

С учетом малого омического сопротивления выполняется равенство подаваемого в первичную цепь напряжения  $U_1$  суммарной ЭДС  $\xi_1$  в первичной обмотке:

$$U_{1A} = \xi_{1A}.$$

Напряжение  $U_{1A}$  (его амплитудное значение и частота) задается внешней электрической сетью, поэтому амплитуда ЭДС индукции  $\xi_{1A}$  остается прежней и равной амплитуде напряжения  $U_{1A}$ . Вместе с тем из выражения (6) понятно, что амплитуда величины  $\xi_{1A}$  равна  $N_1 \cdot \omega \cdot \Phi_A$ , где  $\Phi_A$  — амплитуда магнитного потока в каждом витке первичной и вторичной обмоток. Следовательно, при замыкании вторичной цепи остается неизменной амплитуда суммарного магнитного потока  $\Phi_0$ . Последнее возможно, если колебания вторичного магнитного потока, создаваемого вторичной обмоткой, происходят в противофазе с колебаниями первичного магнитного потока (рис. 4).

<sup>6</sup> См.: Иванов И. И., Соловьев Г. И., Равдоник В. С. Электротехника. С. 191.



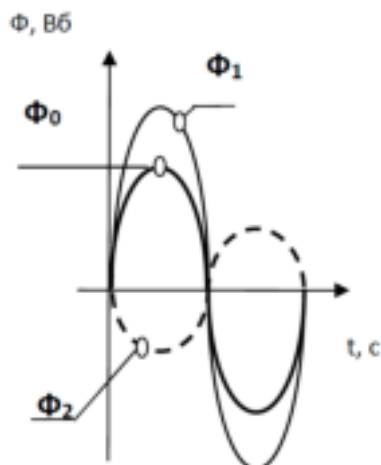


Рис. 4. Зависимость от времени первичного  $\Phi_1$  и общего  $\Phi_0$  магнитных потоков

В соответствии с правилом Ленца магнитное поле  $\mathbf{B}_2$  стремится уменьшить увеличение магнитного потока  $\Phi_1$ , вызванного током  $\mathbf{I}_1$ . Вторичный магнитный поток  $\Phi_2$  компенсирует возрастание амплитуды первичного магнитного потока  $\Phi_1$ . Возрастание амплитуды силы тока в первичной цепи в соответствии с (13) увеличивает отбор энергии из электрической сети.

Для оценки тепловых потерь в первичной и вторичной цепях трансформатора и определения величины передаваемой мощности необходимы точные значения амплитуд сил токов в цепях трансформатора.

## 2.2. Собственный магнитный поток вторичной обмотки и гармоническое уравнение напряжений в первичной цепи трансформатора

В параграфе 2.1. было отмечено, что переменный вторичный магнитный поток  $\Phi_2$  создает в первичной обмотке вихревое электрическое поле с напряженностью  $\mathbf{E}_{12}$ . Работа сторонних сил этого поля создает ЭДС индукции  $\xi_{12}$  и соответствующую разность потенциалов  $U_{12}$ , совпадающую по фазе с напряжением, подаваемым из внешней сети в первичную цепь. Для вторичной обмотки магнитный поток  $\Phi_2$  является собственным и создает во вторичной цепи ЭДС самоиндукции  $\xi_2$ . Мгновенные значения ЭДС определены законом электромагнитной индукции:

$$\xi_2 = L_2 \times \frac{dI_2}{dt}. \quad (14)$$

ЭДС  $\xi_{12}$  представлена в работе <sup>7</sup> как ЭДС взаимоиנדукции:

$$\xi_{12} = L_{12} \times \frac{dI_2}{dt}, \quad (15)$$

где  $L_{12}$  — коэффициент взаимоиנדукции,

$$L_{12} = \sqrt{L_1 \cdot L_2}. \quad (16)$$

С позиции теории электрических цепей переменного тока  $\xi_{12} = U_{12}$ ,

$$U_{12} = I_2 \times (\omega \cdot L_{12}). \quad (17)$$

<sup>7</sup> См.: Павленко Ю. Г. Начала физики : учеб. 2-е изд., перераб. и доп. М. : Экзамен, 2005. С. 473.

Из законов Кирхгофа следует, что в замкнутой электрической цепи сумма разностей потенциалов (включая ЭДС) в любой момент времени равна нулю. В первичной цепи трансформатора присутствуют: внешнее напряжение  $U_1$ , напряжение на омическом сопротивлении  $U_{R1}$ , напряжение  $U_{L1}$  на ЭДС самоиндукции и напряжение  $U_{12}$  на ЭДС взаимной индукции. С учетом равенства фаз напряжений  $U_1$  и  $U_{12}$ , векторная диаграмма для амплитуд напряжений приобретает вид, показанный на рисунке 5.

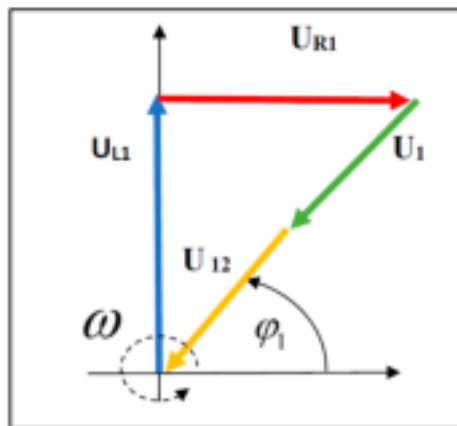


Рис. 5. Сумма векторов амплитуд напряжений в замкнутой первичной цепи

Фазовый угол  $\varphi_1$  для векторов напряжений  $U_1$  и  $U_{12}$  определен отношением (см. рис. 5):

$$\operatorname{tg}(\varphi_1) = \frac{U_{L1}}{U_{R1}} = \frac{I_1 \times (\omega \cdot L_1)}{I_1 \times R_1} = \frac{(\omega \cdot L_1)}{R_1} \quad (18)$$

Для учета знаков проекций напряжений на вертикальную ось синусов совместим начала векторов амплитуд напряжений с началом координатных осей (рис. 6).

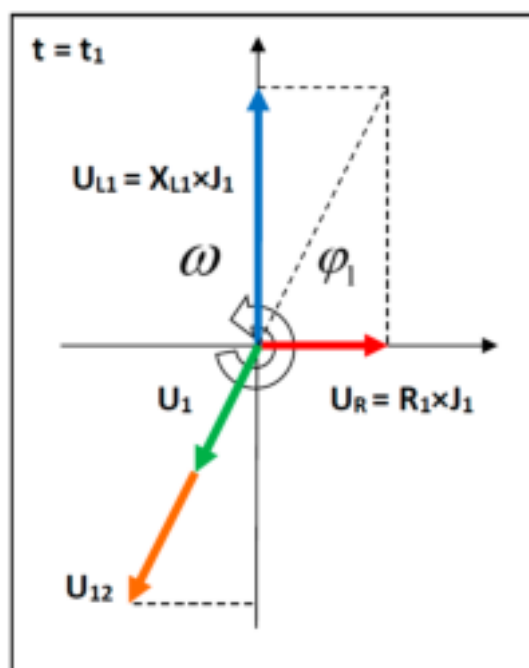


Рис. 6. Векторная диаграмма для амплитуд напряжений первичной цепи в проекциях на координатные оси

Векторной диаграмме рисунка 6 соответствует гармоническое уравнение:

$$I_1 \cdot R_1 \times \sin(\omega \cdot t) + I_1 \cdot X_{L1} \times \sin(\omega \cdot t + \frac{\pi}{2}) + U_1 \times \sin(\omega \cdot t + \varphi_1 + \pi) + I_2 \cdot X_{L2} \times \sin(\omega \cdot t + \varphi_1 + \pi) = 0. \quad (19)$$

В этом уравнении:  $X_{L1} = \omega \cdot L_1$ ,  $X_{L2} = \omega \cdot L_2 = \omega \cdot \sqrt{L_1 \cdot L_2}$ .

Если допустить, что индуктивное сопротивление  $X_{L2} = \omega \cdot L_2$  во вторичной цепи намного больше омического сопротивления, подключенного к вторичной цепи  $X_{L2} \gg R_{H2}$ , то можно считать <sup>8</sup>

$$I_2 = \frac{\sqrt{L_1 \cdot L_2}}{L_2} \times I_1. \quad (20)$$

С учетом (20) уравнение (19) формально соответствует цепи переменного тока, в которой протекает ток  $I_1$ .

Индуктивность  $L_1$  первичной обмотки и вторичной обмотки  $L_2$  определена известной формулой для соленоида:

$$L = \mu_0 \cdot \mu \times \frac{N^2 \cdot S}{d_H}, \quad (21)$$

где  $N$  — число витков соленоида;  $d_H$  — длина намотки провода на соленоид,  $S$  — площадь окружности соленоида,  $\mu$  — магнитная проницаемость сердечника,  $\mu_0$  — магнитная постоянная.

### 2.3. Гармоническое уравнение напряжений и сила тока в замкнутой вторичной цепи

Во вторичной цепи, при протекании тока  $I_2$ , и прохождении через витки вторичной обмотки трансформатора магнитного потока  $\Phi_2$ , возникает ЭДС самоиндукции  $\xi_2$ :

$$\xi_2 = L_2 \times \frac{dI_2}{dt}.$$

В работе Ю. Г. Павленко <sup>9</sup> показано, что прохождение через витки вторичной обмотки магнитного потока  $\Phi_1$ , вызывает во вторичной цепи ЭДС взаимной индукции  $\xi_{21}$ :

$$\xi_{21} = L_{12} \times \frac{dI_1}{dt}. \quad (22)$$

Поскольку каждому ЭДС соответствует разность потенциалов, то для мгновенных значений напряжений с учетом законов Кирхгофа можно записать полную сумму разностей потенциалов во вторичной цепи:

$$\xi_2 + \xi_{21} + I_2 \times (R_2 + R_H) = 0. \quad (23)$$

В уравнении (23)  $R_2$  — омическое сопротивление вторичной обмотки,  $R_H$  — омическое сопротивление нагрузки.

С позиции теории электрических цепей переменного тока:

$$\xi_2 = U_{L2}, \quad U_{L2} = I_2 \times (\omega \cdot L_2), \quad (24)$$

$$\xi_{21} = U_{21}, \quad U_{21} = I_1 \times (\omega \cdot L_{12}). \quad (25)$$

<sup>8</sup> См.: Павленко Ю. Г. Начала физики. С. 473.

<sup>9</sup> См. там же.

Амплитудным значениям сил токов и напряжений соответствует векторная диаграмма напряжений во вторичной цепи, показанная на рисунке 7, где векторная сумма напряжений равна нулю:  $U_{21}' + U_{L2}' + U_{RH}' + U_{R2}' = U_0', |U_0'| = 0$ .

11

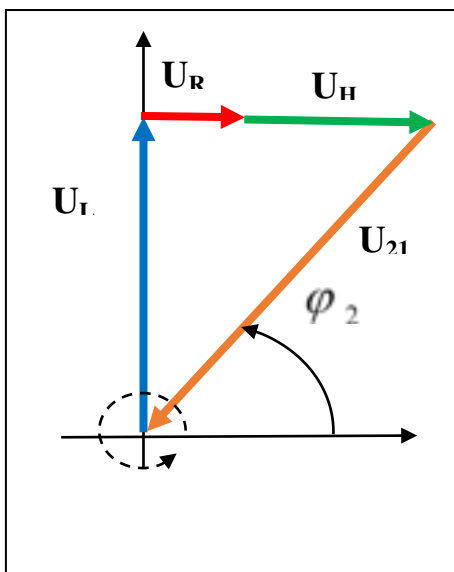


Рис. 7. Сумма векторов амплитуд напряжений в замкнутой вторичной цепи

Фазовый угол  $\varphi_2$  для вектора  $U_{21}$  определен отношением (см. рис. 7):

$$\operatorname{tg}(\varphi_2) = \frac{U_{L2}}{U_{R2} + U_{RH}} = \frac{I_2 \times (\omega \cdot L_2)}{I_2 \times (R_2 + R_H)} = \frac{(\omega \cdot L_2)}{(R_2 + R_H)}. \quad (26)$$

Для учета знаков проекций напряжений на вертикальную ось синусов совместим начала векторов амплитуд напряжений с началом координатных осей (рис. 8).

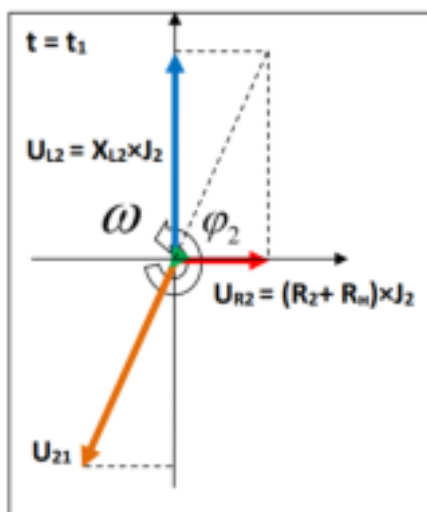


Рис. 8. Векторная диаграмма для амплитуд напряжений вторичной цепи в проекциях на координатные оси

Векторной диаграмме рисунка 8 соответствует гармоническое уравнение:

$$I_2 \times (R_2 + R_H) \times \sin(\omega \cdot t) + I_2 \cdot X_{L2} \times \sin(\omega \cdot t + \frac{\pi}{2}) + I_1 \cdot X_{21} \times \sin(\omega \cdot t + \varphi_2 + \pi) = 0. \quad (27)$$

В уравнении (27)  $X_{L2} = \omega \cdot L_2$ ,  $X_{12} = \omega \cdot L_{12} = \omega \cdot \sqrt{L_1 \cdot L_2}$ .

Из гармонического уравнения (27) для момента времени  $t = 0$  можно найти амплитудное значение силы тока  $I_2$  во вторичной цепи через амплитудное значение силы тока  $I_1$ :

$$I_2 \cdot (\omega \cdot L_2) \times \sin(\frac{\pi}{2}) = I_1 \cdot (\omega \cdot L_{12}) \times \sin(\varphi_2).$$

$$I_2 = \frac{L_{12}}{L_2} \times I_1 \times \sin(\varphi_2), \quad (28)$$

что соответствует уравнению (8.4.8) в работе Ю. Г. Павленко<sup>10</sup>.

Найдем амплитудное значение  $I_2$ .

В режиме замкнутой вторичной цепи отношение чисел витков обмоток равно отношению амплитудных значений суммарных ЭДС первичной  $\xi_1$  и вторичной  $\xi_2$  обмоток (8).

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{\xi_1}{\xi_2}.$$

Из векторных диаграмм напряжений (см. рис. 5, 7) с учетом  $R_1 \ll \omega \cdot L_1$ , (идеальный контур первичной цепи) следует:

$$\xi_1 = U_1, \quad \xi_2 = I_2 \cdot R_2 + I_2 \cdot R_H,$$

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{U_1}{I_2 \times (R_2 + R_H)}, \quad I_2 = \frac{U_1}{(R_2 + R_H)} \times \frac{N_2}{N_1}. \quad (29)$$

После определения амплитудного значения силы тока  $I_2$  появляется возможность определить из (28) соответствующее значение силы тока  $I_1$  в первичной цепи:

$$I_1 = I_2 \times \frac{1}{\sin(\varphi_2)} \times \sqrt{\frac{L_2}{L_1}}.$$

С учетом (21) 
$$\sqrt{\frac{L_2}{L_1}} = \frac{N_2}{N_1}, \quad I_1 = I_2 \times \frac{1}{\sin(\varphi_2)} \times \frac{N_2}{N_1},$$

13

С учетом (29) 
$$I_1 = \frac{U_1}{(R_2 + R_H)} \times \left(\frac{N_2}{N_1}\right)^2 \times \frac{1}{\sin(\varphi_2)}. \quad (30)$$

<sup>10</sup> См.: Павленко Ю. Г. Начала физики. С. 474.

Уравнение мощности (13) с учетом параллельного соединения вторичной цепи с сопротивлением нагрузки и уравнения ( $U_2 = I_2 \times R_H$ ) приобретает вид:

$$I_1 \cdot U_1 \cdot K_{\text{ПД}} = I_2^2 \cdot R_H. \quad (31)$$

Для известных значений электрических сопротивлений первичной и вторичной обмоток появляется возможность оценки коэффициента полезного действия  $K_{\text{ПД}}$  трансформатора.

### 3. Обсуждение полученных результатов

Из уравнений (29), (30) и (31) становится ясно, что при постоянном значении амплитуды  $U_1$ , амплитуда силы тока  $I_1$  и амплитудное значение отбираемой из первичной сети электрической мощности увеличиваются при увеличении числа витков  $N_2$ . Соответственно, увеличивается амплитуда силы тока  $J_2$  и амплитуда магнитного потока  $\Phi_2$ .

$$\Phi_{2A} \times \sin(\omega \cdot t) = L_1 \times J_2 \times \sin(\omega \cdot t)$$

Коэффициент полезного действия трансформатора  $K_{\text{ПД}}$  без учета потерь энергии в сердечнике определен уравнением:

$$K_{\text{ПД}} = \frac{I_2^2 \cdot R_H}{I_2^2 \cdot R_H + I_2^2 \cdot R_2 + I_1^2 \cdot R_1}. \quad (32)$$

В уравнении (32)  $I_2^2 \cdot R_2 + I_1^2 \cdot R_1$  — мощность тепловых потерь в первичной и вторичной обмотках.

При постановке школьникам творческой расчетно-исследовательской задачи по проектированию трансформатора с заданными техническими параметрами можно предложить следующий алгоритм.

Допустим, нужно понизить напряжение, получаемое из сети с действующего (эффективного) значения  $U_1 = 220$  вольт до  $U_2 = 36$  вольт. В первом приближении:  $\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2}$ ;  $\frac{N_1}{N_2} = K$ .

После определения омического сопротивления  $R_2$  вторичной обмотки из известного уравнения  $R_2 = \rho \times \frac{l_2}{S_2}$ , в котором  $l_2$  — длина провода вторичной обмотки,  $S_2$  — площадь сечения провода), появляется возможность численного исследования зависимости силы тока  $I_2$  во вторичной цепи от задаваемого сопротивления  $R_H$  нагрузки и числа витков  $N_2$  с построением графиков.

Среднее значение мощности, потребляемое нагрузкой с сопротивлением  $R_H$  для амплитудного значения тока  $I_{2A}$ , равно:

$$P_2 = \frac{1}{2} \cdot I_{2A}^2 \times R_H. \quad (33)$$

Величину  $P_2$  можно численно исследовать на максимум, задавая значения  $R_H$  в (29) и (33).

Решение учащимися задач на определение параметров работающего трансформатора развивает навыки практического использования комплекса знаний из различных разделов физики, творческие инженерные способности. Решение инженерных задач позволяет также глубже понять причинно-следственные связи в действии основных законов физики. Предложенная в работе математическая модель может быть использована в проектно-исследовательской работе учащихся школ.

#### **Список использованных источников**

1. Белолипецкий С. Н., Еркович О. С., Казаковцева В. А., Цвезинская Т. С. Задачник по физике : учеб. пособие. — М. : Физматлит-2005. — 368 с.
2. Иванников С. В. Определение параметров колебательных процессов, протекающих в трансформаторе в задачах курса общей физики // Физическое образование в вузах. — 2007. — Т. 13, № 3. — С. 95–106.
3. Иванов И. И., Соловьев Г. И., Равдоник В. С. Электротехника : учеб. — 2-е изд., перераб. и доп. — СПб. : Лань, 2003. — 496 с.
4. Павленко Ю. Г. Начала физики: учеб. — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Экзамен, 2005. — 864 с.
5. Грачев А. В., Погожев В. А., Салецкий А. М., Боков П. Ю. Физика: 11 класс : базовый уровень ; профильный уровень : учеб. — М. : Вентана-Граф, 2013. — 464 с.
6. Яковлев И. В. Физика. Полный курс подготовки к ЕГЭ. — М. : МЦНМО, 2022. — 507 с.

#### **Сведения об авторе**

**Иванников Сергей Васильевич** — кандидат технических наук, доцент ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана (Национальный исследовательский университета)» (Москва).

УДК 372.853

**Н. В. Кокина, В. М. Юркин**

### **РАСЧЕТ СИЛЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МЕЖДУ ДВУМЯ ЗАРЯЖЕННЫМИ ПРОВОДНИКАМИ**

В статье описывается метод моделирования и расчета сил электростатического взаимодействия для неточечных тел и его использование на факультативах по физике.

*электростатика, симметрия задачи, линеаризация зависимости, методика преподавания физики в школе*

The article describes the method of modeling and calculating the forces of electrostatic interaction for non-point bodies and its use in electives in physics.

*electrostatics, symmetry of the problem, linearization of dependence, methods of teaching physics at school*

Сила взаимодействия между точечными заряженными телами определяется законом Кулона и вычисление ее величины и направления для учащихся не представляет трудности. В случае неточечных заряженных проводников задачу можно попытаться решить, представив тела в виде систем точечных зарядов, пользуясь принципом суперпозиции сил (электрических полей). Необходимо знать, как ведут себя проводники, помещенные в электростатическое поле. Решение задачи обычно упрощается при наличии в ней какой-либо симметрии.

**Задача.** Проводящий шар радиуса  $R$ , находящийся в вакууме, заряжен зарядом  $+Q$ . Если его разрезать плоскостью, проходящей на расстоянии  $r$  ( $r < R$ ) от центра сферы на две части (рис. 1), то получатся два заряженных тела. Они будут отталкиваться. Как зависит эта сила взаимодействия между ними  $F$  от  $r$ ? Результаты некоторых таких опытов приведены в таблице 1. С какими значениями  $R$  и  $Q$  использовали шар для этих опытов?

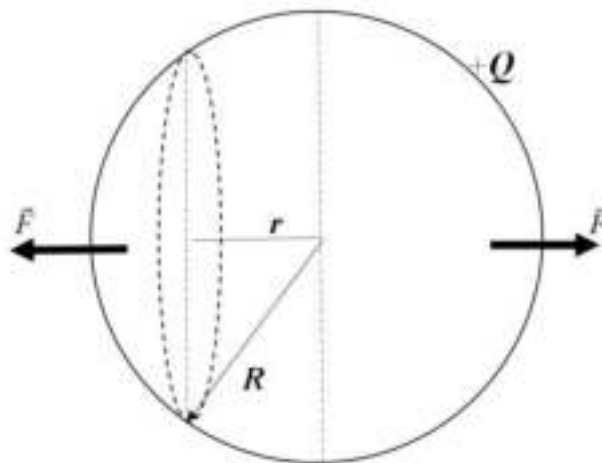


Рис. 1. Силы взаимодействия двух частей заряженного проводника

Таблица 1

Зависимость силы взаимодействия  $F$  от расстояния  $r$

|                |      |      |      |      |     |     |     |
|----------------|------|------|------|------|-----|-----|-----|
| $r, \text{см}$ | 10   | 32   | 51   | 68   | 89  | 101 | 112 |
| $F, \text{Н}$  | 15,9 | 14,8 | 13,3 | 10,8 | 7,0 | 4,6 | 2,3 |

**Решение.** Известно, что свободные заряды, сообщенные проводнику, располагаются на его поверхности<sup>1</sup>. В силу симметрии в отсутствии вокруг других заряженных тел они будут распределены с постоянной поверхностной плотностью заряда, равной  $\sigma = \frac{Q}{4\pi R^2}$ , и создавать на поверхности шара электрическое поле с напряженностью  $E = k \frac{Q}{R^2} = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}$ , направленной по нормали к поверхности шара наружу. Плотность энергии  $\omega$  электростатического поля непосредственно у поверхности шара будет равна

$$\omega = \frac{\varepsilon_0 E^2}{2} = \frac{\sigma^2}{2\varepsilon_0}. \quad (1)$$

Внутри проводящего шара электростатическое поле отсутствует, напряженность поля там равна нулю.

На любой элемент поверхности шара будет действовать сила электростатического отталкивания, создающая изнутри давление  $P$ . Величину давление  $P$  можно найти следующим образом: представим, что радиус шара увеличился на малую величину  $\Delta x$  ( $\Delta x \ll R$ ). Тогда электростатические силы совершат положительную работу  $A = P\Delta V$ , где  $\Delta V$  — уменьшение объема электростатического поля. Эта работа совершается за счет уменьшения энергии поля, создаваемого заряженным шаром,  $A = \Delta W$ , где  $\Delta W = \omega\Delta V$ . Из этих формул следует, что

<sup>1</sup> См.: Мякишев Г. Я., Буховцев Б. Б., Сотский Н. Н. Физика. 10 класс : учеб. М. : Просвещение, 2009. 366 с.



$$P = \omega = \frac{\sigma^2}{2\varepsilon_0}. \quad (2)$$

Силу  $F$ , действующую, например, на меньшую часть шара со стороны другой большей части (рис. 1), можно легко вычислить с помощью аналогии с газом, находящимся в объеме аналогичной формы под давлением  $P$  (рис. 2). В этом случае можно избежать процедуры суммирования (интегрирования) векторов всех сил, действующих на выпуклую поверхность.

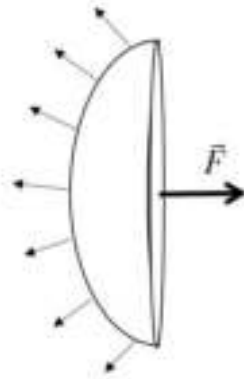


Рис. 2. Сила давления газа в объеме под давлением  $P$

Тогда, очевидно, сила давления газа на выпуклую сферическую поверхность равна силе давления на плоскую поверхность круга. Величина этой силы:

$$F = PS = \frac{\sigma^2}{2\varepsilon_0} \cdot \pi(R^2 - r^2). \quad (3)$$

Запишем эту силу в виде

$$F = \frac{\sigma^2 \pi R^2}{2\varepsilon_0} - \frac{\sigma^2 \pi}{2\varepsilon_0} \cdot r^2 = A - B \cdot r^2. \quad (4)$$

Из уравнения (4) видно, что зависимость силы взаимодействия  $F$  от  $r^2$  имеет линейный характер. Это уравнение прямой с коэффициентом сдвига  $A = \frac{\sigma^2 \pi R^2}{2\varepsilon_0}$  и коэффициентом наклона  $B = \frac{\sigma^2 \pi}{2\varepsilon_0}$ .

Воспользуемся экспериментальными данными из таблицы 1 и запишем в системе СИ зависимость силы взаимодействия  $F$  от  $r^2$  (линеаризуем эту зависимость) в таблице 2.

Таблица 2

Зависимость силы взаимодействия  $F$  от расстояния  $r^2$

|                    |      |      |      |      |      |      |      |
|--------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| $r^2, \text{ м}^2$ | 0,01 | 0,10 | 0,26 | 0,46 | 0,79 | 1,02 | 1,25 |
| $F, \text{ Н}$     | 15,9 | 14,8 | 13,3 | 10,8 | 7,0  | 4,6  | 2,3  |

На рисунке 3 приведен график этой зависимости. Можно утверждать, учитывая погрешности измеряемых величин, что зависимость действительно линейная. Из графика можно найти величину  $A = \frac{\sigma^2 \pi R^2}{2\varepsilon_0} \approx 16 \text{ Н}$  и по тангенсу угла наклона прямой определить величину

$$B = \frac{\sigma^2 \pi}{2\varepsilon_0} = \frac{16}{1,43} \approx 11,2 \frac{\text{ Н}}{\text{ м}^2}.$$

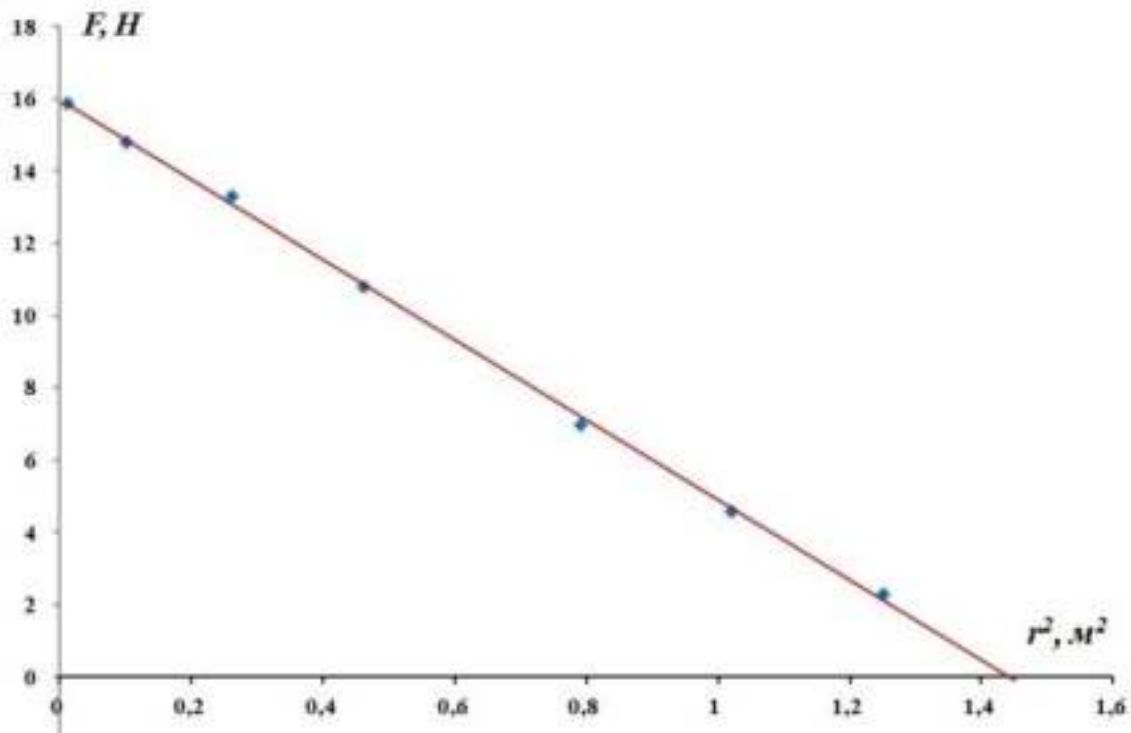


Рис. 3. Зависимость силы взаимодействия  $F$  от  $r^2$

Тогда поверхностная плотность зарядов на шаре  $\sigma = \sqrt{\frac{2\varepsilon_0 B}{\pi}} \approx 8 \cdot 10^{-6} \frac{\text{Кл}}{\text{м}^2}$ .

Подставив значение  $\sigma$  в константу  $A$ , найдем радиус шара  $R = \sqrt{\frac{2\varepsilon_0 A}{\sigma^2 \pi}} = \sqrt{\frac{A}{B}} \approx 1,2 \text{ м}$ . Тогда заряд шара  $Q = 4\pi\sigma R^2 \approx 1,45 \cdot 10^{-4} \text{ Кл}$ .

Отметим также, что величина коэффициента сдвига  $A = \frac{\sigma^2 \pi R^2}{2\varepsilon_0} \approx 16 \text{ Н}$  — это максимальная сила взаимодействия двух частей заряженного шара при условии  $r = 0$ , то есть если шар разрезан пополам.

Будет полезным рассмотреть данный пример на факультативах при подготовке учащихся 10–11 классов к олимпиадам по физике. В этом случае решаются сразу две методические задачи:

- школьники учатся рассчитывать силы электростатического взаимодействия, действующие между протяженными заряженными телами;
- происходит знакомство с методом линеаризации функции, который может быть использован в решении задач из разных разделов физики.

#### Список использованных источников

Мякишев Г. Я., Буховцев Б. Б., Сотский Н. Н. Физика. 10 класс : учеб. — М. : Просвещение, 2009. — 366 с.

#### Сведения об авторах

**Кокина Наталья Васильевна** — кандидат физико-математических наук, доцент ФГБОУ ВО «Сыктывкарский государственный университет имени Питирима Сорокина» (Сыктывкар).

**Юркин Валерий Михайлович** — кандидат физико-математических наук, учитель физики МБОУ «Коми республиканский физико-математический лицей-интернат» (Сыктывкар).

## ФОРМИРОВАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ГРАМОТНОСТИ НА УРОКАХ ФИЗИКИ

В статье описываются способы, приемы и задания для формирования функциональной грамотности на уроках физики в школе.

*физика, функциональная грамотность, метапредметные результаты*

The article describes methods, techniques and tasks for the formation of functional literacy in physics lessons at school.

*physics, functional literacy, meta-subject results*

Понятие «функциональная грамотность» возникло более 60 лет назад. В 1957 году ЮНЕСКО впервые предложило понятие «минимальная грамотность» и «функциональная грамотность», которые первоначально употреблялись при ликвидации безграмотности и предполагали умение читать, писать и считать, что позволило бы человеку решать простые жизненные задачи и социализироваться в обществе.

Сегодня вектор понятия «функциональная грамотность» изменился и под этим понимается способность человека использовать знания и навыки для решения самого широкого спектра жизненных задач и проблем, причем функционально грамотный человек для этого способен применять и использовать приобретаемые в течение всей жизни знания, умения и навыки.

Физика — один из важных школьных предметов, на котором можно эффективно формировать естественно-научную, математическую, читательскую грамотность, а также развивать креативное мышление учащихся. Достичь этого помогают некоторые методы и приемы, а также физический эксперимент, который при изучении физики должен занимать лидирующее место, в том числе и для формирования функциональной грамотности учащихся.

Все виды школьного эксперимента (демонстрационный, фронтальный, лабораторный, домашний, практикум) можно рассматривать как часть научного метода познания. При таком понимании у учащихся появляется смысл деятельности, ее цель, выстраивается гипотеза, развивается наблюдательность, формируется умение делать обобщения и выводы и применять полученные знания для решения более широких или нестандартных задач. Эксперимент также помогает показать физические закономерности и предсказать новые, способствует развитию мышления учащихся, развивает самостоятельность, инициативу и дисциплинирует.

Подробнее осветим способы развития естественно-научной функциональной грамотности на уроках физики. В соответствии с требованиями ФГОС метапредметные результаты должны отражать умение самостоятельно определять цели обучения, планировать пути их достижения, выбирать эффективные способы решения задач, осуществлять контроль своей деятельности, оценивать правильность выполнения учебной задачи, владеть основами самоконтроля, обобщать, создавать аналогии, классифицировать и т. д.

При построении урока физики мы используем различные методы и приемы, позволяющие достигать данных метапредметных результатов, а также задания, формирующие функциональную естественно-научную грамотность.

Методы:

- синквейн;
- пропущенные слова (соответствует заданиям ОГЭ);
- решение экспериментальных задач;
- мозговой штурм;
- проектная деятельность;
- домашние экспериментальные задачи;
- кейс-метод и т. д.

Например, при изучении новой темы предлагаю визуализировать научный текст при помощи знаков, таблиц, диаграмм, рисунков, схем, символов. При описании практического применения изученных законов или механизмов возможно создание рекламных роликов или постеров.

Некоторые уроки мы проводим в форме исследования: «Механические колебания», «Первый закон термодинамики», «Сила трения», «Сила Архимеда. Плавание тел», «Давление», «Закон электромагнитной индукции», «Линзы» и т.д. Данные уроки затратны по времени при их подготовке для педагога, но дают хорошие результаты для учащихся. При их проведении используем приемы групповой работы — объяснение наблюдаемых явлений и фактов<sup>1</sup>.

### Примеры заданий для формирования функциональной естественно-научной грамотности

1. Классифицируйте нижеперечисленные понятия по следующим категориям: единицы измерения, физические величины, физические приборы, устройства, процессы и явления. Понятия: амперметр, Ньютон, время, мензурка, секунда, диффузия, трение, килограмм. Ответ представьте в виде таблицы.

2. Используя линейку, найдите толщину страницы учебника методом рядов.

3. Определите площадь поверхности вашей ноги, используя лист в клеточку и карандаш.

4. Вырастите кристалл поваренной соли или медного купороса.

5. Учитель налил пахучей жидкости (например духи) в блюдце. Почувствуйте, когда запах дойдет до вас. Как называется это явление? Как измерить скорость диффузии? Измерьте ее. Каков физический смысл измеренной величины? Проведите опыт, который иллюстрирует, от каких параметров зависит скорость диффузии. Как ускорить протекание диффузии?

6. Измерьте плотность картофеля, используя необходимое оборудование из предложенного.

7. Подумайте, что случилось бы на Земле, если бы исчезла сила трения?

8. Аквалангист, погрузившийся в воду, потерял ориентацию. Придумайте способ, позволяющий определить, где дно, а где поверхность воды.

9. Придумайте и проведите эксперимент, позволяющий понять, от чего зависит давление твердого тела на опору.

10. Почему выходить из воды на каменистый пляж больно, а ходить по камням в воде, погрузившись хотя бы до пояса, не больно?

11. При дыхании в легкие взрослого человека входит около 4 дм<sup>3</sup> воздуха. Сколько молекул достанется каждому жителю Земли, если человек выдохнет, а молекулы равномерно распределяться по земному шару?

12. Как, не вскрывая стены, определить, где проходит электрический кабель?

13. Рассчитайте плату за электроэнергию, потребляемую вашей семьей за 30 дней, если считать, что электрический чайник вы использовали каждый день по 5 минут, пылесос один раз в неделю 20 минут, фен два раза в неделю по 5 минут, стиральную машинку раз в неделю в течение 1,5 часов. Тариф узнайте у родителей, данные по мощности — в технических паспортах вышеперечисленных устройств.

14. Рассчитайте подъемную силу гидравлического подъемника из интернет-магазина.

В завершение хотим отметить, что разработка таких заданий по физике — трудоемкий и вместе с тем увлекательный процесс. В своей работе можно использовать готовые задания, например:

- для работы с текстами — открытый банк заданий ОГЭ по физике;
- экспериментальные задания из сборника самостоятельных и контрольных работ 7–11 класс;
- задания из открытого банка Института стратегии развития образования Российской академии образования;<sup>2</sup>

<sup>1</sup> См.: Федеральный государственный образовательный стандарт основного общего образования : утв. приказом М-ва просвещения РФ от 31.05.2021 № 287 // Гарант. URL : <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/401333920/> (дата обращения: 19.03.2023).

<sup>2</sup> Сетевой комплекс информационного взаимодействия субъектов Российской Федерации в проекте «Мониторинг формирования функциональной грамотности учащихся». URL : <http://skiv.instrao.ru/bank-zadaniy/estestvennonauchnaya-gramotnost> (дата обращения: 19.03.2023).

- сборники эталонных задач под редакцией Г. С. Ковалевой;
- сборники эталонных заданий серии «Функциональная грамотность. Учимся для жизни» издательства «Просвещение».

Функциональная грамотность ученика — это, безусловно, конечный результат деятельности педагога. Именно поэтому он должен быть хорошо продуман, тщательно спланирован, быть системным и иметь возможность оценивать долговременные результаты.

Учащийся получает возможность успешно применять свои знания, умения и навыки в ситуации выхода из «зоны комфорта», в том числе при выполнении ВПР, ОГЭ и ЕГЭ. Развитие функциональной грамотности развивает стремление учащихся к дальнейшему образованию и развитию, а это в современных условиях важно и востребованно.

#### ***Список использованных источников***

1. Сетевой комплекс информационного взаимодействия субъектов Российской Федерации в проекте «Мониторинг формирования функциональной грамотности учащихся». — URL : <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/401333920/> (дата обращения: 19.03.2023).

2. Федеральный государственный образовательный стандарт основного общего образования : утв. приказом М-ва просвещения РФ от 31.05.2021 № 287 // Гарант. — URL : <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/401333920/> (дата обращения: 19.03.2023).

#### ***Сведения об авторе***

**Кондрашова Елена Владимировна** — учитель физики МБОУ «Средняя школа № 6 имени адмирала А. П. Авинова» муниципального образования — городской округ город Касимов (Рязанская область, Касимов).

УДК [577.4:523]:370.186  
DOI: 10.37724/m9298-2807-1687-s

***А. К. Муртазов***

### **30 ЛЕТ ВСЕРОССИЙСКОЙ ОЛИМПИАДЕ ПО АСТРОНОМИИ**

Представлены принципы организации олимпиады с целью выявления талантливых детей, обладающих качествами, необходимыми будущему ученому.

*олимпиада, астрономия, талантливые дети*

Presented below are the principles of organizing an academic competition aimed at searching talented children having the right qualities to be future scientists.

*olympiad, astronomy, talented-children*

В 2023 году проводится юбилейная XXX Всероссийская олимпиада школьников по астрономии.

Астрономическое образование в России принято отсчитывать с 1701 года, когда по прямому указанию Петра I была открыта Московская математико-навигационная школа, при которой организовали первую в нашей стране астрономическую обсерваторию.

История Всероссийской олимпиады школьников по астрономии начинается в 1994 году, хотя в отдельных регионах России и СССР олимпиады по астрономии проводились и ранее: в Москве с 1947 года, в Санкт-Петербурге с 1993 года, Рязани — с 1962 года<sup>1</sup>. На нее в Ярославль

---

<sup>1</sup> См.: Муртазов А. К. Интегрированное дополнительное образование детей в области астрофизики и экологии космоса : моногр. — Рязань : Ряз. гос. ун-т им. С. А. Есенина, 2011. 260 с.

приехал 61 школьник из 13 регионов России. Таким образом, астрономия стала восьмым предметом в единой системе общероссийских олимпиад (вместе с математикой, физикой, химией, биологией, информатикой, географией и экологией). С тех пор олимпиада проводится ежегодно и привлекает все большее количество участников.

Автор статьи много лет является членом центральной методической комиссии по астрономическим олимпиадам Министерства просвещения Российской Федерации и принимал участие во всех тридцати заключительных этапах олимпиады в качестве члена жюри, наблюдая за всеми процессами проведения такого творческого соревнования изнутри.

В первые годы своего существования Всероссийская олимпиада была следующей ступенью над региональными олимпиадами, которые проводились различными организациями в стране<sup>2</sup>.

В настоящее время согласно положению об олимпиаде (последнее принято в 2013 г.) все предметные олимпиады, входящие в систему Всероссийской олимпиады школьников, проводятся в 4 этапа: школьный, муниципальный, региональный и заключительный. Теперь школьники во всех регионах соревнуются на региональном этапе по одинаковым задачам, а отбор для участия в заключительном этапе осуществляется на основании единого рейтинга<sup>3</sup>.

Победители и призеры олимпиады получают шанс попасть в сборную команду России для участия в Международной астрономической олимпиаде и Международной олимпиаде по астрономии и астрофизике.

Как правило, первым проводится теоретический тур олимпиады, на котором школьникам обычно предлагается по 6 задач на 5 часов. Работы проверяются независимо двумя членами.

Все участники могут ознакомиться с оценкой своих работ теоретического тура и побеседовать в ходе апелляции с членами жюри, проверявшими решения задач.

В последние годы творческо-практические задачи стали включаться в первый (базовый) тур. А второй тур стал тестовым: на нем участникам предлагаются задания, на которые они должны ответить в форме блиц-теста.

Комплект заданий, предлагаемый школьникам на заключительном этапе Всероссийской олимпиады, отражает цели и задачи данного этапа, заключающиеся в выявлении наиболее талантливых школьников, обладающих качествами, необходимыми будущему ученому<sup>4</sup>.

Задачи категории 3 вместе с несколькими достаточно сложными заданиями категории 2 являются основой заключительного этапа Всероссийской олимпиады по астрономии. Для выявления победителей заключительного этапа в комплект может быть включено задание категории 4, требующее одновременно глубоких знаний, многократного применения известных законов и логического мышления.

Решение подобных задач в 11 классе может также включать элементы теории оценок и приближенных вычислений. Данная категория заданий, решения которых имеют многоступенчатую (часто — разветвленную) структуру, фактически объединяет первые три категории и представляет самые сложные задачи Всероссийской олимпиады.

Такая постановка обеспечила достаточную эффективность в реализации целей и задач олимпиады: многие участники и победители олимпиады прошлых лет стали известными учеными не только в области астрономии, но и в ряде естественных наук и техники.

#### ***Список использованных источников***

1. Задачи Московской Астрономической олимпиады. 2006–2015 / под ред. М. В. Кузнецова, Н. Ю. Подорванюка, О. С. Угольников. — М., 2015. — 162 с.
2. Муртазов А. К. Интегрированное дополнительное образование детей в области астрофизики и экологии космоса : моногр. — Рязань : Ряз. гос. ун-т им. С. А. Есенина, 2011. — 260 с.
3. Угольников О. С. Всероссийская олимпиада школьников по астрономии: содержание олимпиады и подготовка конкурсантов. — М., 2006. — 136 с.

<sup>2</sup> См.: Муртазов А. К. Интегрированное дополнительное образование детей в области астрофизики ...

<sup>3</sup> См.: Угольников О. С. Всероссийская олимпиада школьников по астрономии: содержание олимпиады и подготовка конкурсантов. М., 2006. 136 с.

<sup>4</sup> См.: Задачи Московской Астрономической олимпиады. 2006–2015 / под ред. М. В. Кузнецова, Н. Ю. Подорванюка, О. С. Угольников. М., 2015. 162 с. ; Угольников О. С. Всероссийская олимпиада школьников по астрономии.

## Сведения об авторе

**Муртазов Андрей Константинович** — директор астрономической обсерватории ФГБОУ ВО «Рязанский государственный университет имени С. А. Есенина», доктор технических наук, доцент.

УДК 544.431.8

DOI: 10.37724/c6146-1282-4548-w

**А. Б. Приселкова**

## ПЕРИОДИЧНОСТЬ В НАУКЕ И ЖИЗНИ НА ПРИМЕРЕ РЕАКЦИИ БЕЛОУСОВА — ЖАБОТИНСКОГО

Статья посвящена периодическим явлениям в разных областях науки, в первую очередь колебательным реакциям. Предложены связанные с этим темы для обсуждения со школьниками.

*колебательные реакции, реакция Белоусова — Жаботинского, роль личности ученого, связь науки и искусства*

The article deals with periodic phenomena in different fields of science, primarily, oscillating reactions. Relevant topics are proposed for discussion with students.

*oscillatory reactions, Belousov — Zhabotinsky's reaction, the role of the scientist's personality, the connection of science and art*

К сожалению, колебательные реакции, как правило, не проходят в курсе школе (но в тех случаях, когда учителя химии по собственной инициативе знакомят с ними школьников, это вызывает большой интерес). Знакомство с этой областью химии дает возможность поговорить с молодыми людьми о связях разных отраслей науки, математических моделях, роли личности ученого<sup>1</sup>, философском подходе к исследованиям и даже связи науки и искусства.

Самый яркий пример колебательных реакций — это реакция Белоусова — Жаботинского. Так описал ее Симон Шноль, ученый, сделавший впоследствии очень многое для понимания механизма реакции<sup>2</sup>. Часто говорят, что реакция должна была называться реакцией Белоусова — Жаботинского — Шноля.



Рис. 1. Демонстрация реакции Белоусова — Жаботинского

<sup>1</sup> См.: Белоусов Б. П. Периодически действующая реакция и ее механизм // Колебания и бегущие волны в химических системах. М.: Мир, 1988.

<sup>2</sup> См.: Печенкин А. А. Мировоззренческое значение колебательных химических реакций // Вестник Московского университета. Сер. 7, Философия. 2005. № 6. С. 20–35.

Красота этого эксперимента, несомненно, впечатляет. Но не меньшее впечатление производит тот факт, что за всем этим стоят десятки химических реакций<sup>3</sup>. Если рассматривать реакцию упрощенно и брать в качестве реагентов соль церия и малоновую кислоту, то можно изобразить следующую схему.

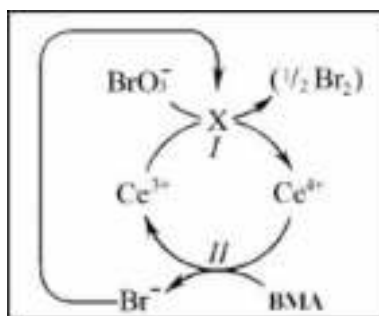
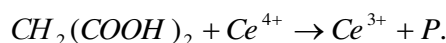


Рис. 2. Схема реакции Белоусова — Жаботинского

В ней при взаимодействии ионов  $Ce^{4+}$  с малоновой кислотой происходит их восстановление (I):



Образующийся в ходе реакции  $Ce^{3+}$  должен затем вступить в реакцию с бромат-ионом (II), приводящую к стационарному распределению церия между степенями окисления. Однако эта реакция относится к автокаталитическим, и в ней самоускоряющемуся протеканию предшествует период индукции. Реакция включается не сразу, и поэтому за время периода индукции практически все ионы  $Ce^{4+}$  переходят в  $Ce^{3+}$ . Светло-желтая окраска раствора, обусловленная поглощением света в видимой области спектра комплексом  $Ce^{4+}$ , исчезает. По завершении периода индукции происходит самоускоряющийся быстрый переход ионов  $Ce^{3+}$  в  $Ce^{4+}$ , и раствор окрашивается вновь. Другими словами, пока весь  $Ce^{4+}$  не перейдет в  $Ce^{3+}$ , последний не начинает окисляться. Иными словами, реакция какое-то время идет, затем останавливается, после снова начинается, и так продолжается до тех пор, пока не будут израсходованы все исходные реагенты.

Реакция Белоусова — Жаботинского стимулировала не только дальнейшие экспериментальные исследования гомогенных колебательных реакций, но и развитие теории. В первую очередь это касается нелинейной неравновесной термодинамики, над которой работал И. Пригожин и его коллеги.

Периодический характер процесса объясняется следующим образом: в результате реакции (I) образуются бромид-ионы, замедляющие реакцию (II). Однако концентрация бромида в системе зависит от скорости реакции, в которой бромид расходуется за счет взаимодействия с броматом. Если концентрация бромида достаточно высока, то реакция (II) прекращается, так как  $Ce^{4+}$  не регенерируется при окислении  $Ce^{3+}$  броматом, и в результате каталитический цикл прерывается. Когда концентрация  $Ce^{4+}$ , уменьшающаяся в результате реакции (I), достигает минимально возможного значения, концентрация  $Br^-$  начинает резко уменьшаться. Тогда реакция (II) заметно ускоряется, и концентрация  $Ce^{4+}$  растет до некоторого значения, при котором концентрация бромида начинает быстро увеличиваться, замедляя тем самым реакцию (II). Затем весь цикл повторяется.

Белоусов открыл эту реакцию пытаясь найти химический аналог биологических процессов, в первую очередь цикла Креббса, без которого невозможно дыхание (лимонная кислота претерпевает много химических превращений, в результате которых выделяется углекислый газ и возникают некоторые важные вещества, а в итоге снова образуется та же лимонная кислота и все повторяется сначала).

<sup>3</sup> См.: Жаботинский А. М. Колебания и волны в гомогенных химических системах // Физическая химия. М.: Химия. 1987; Марри Д. Нелинейные дифференциальные уравнения в биологии. Лекции о моделях. М.: Мир, 1983.



Понятие автоколебаний позволило А. М. Жаботинскому ввести реакцию Белоусова в свой научный горизонт. Его научным руководителем С. Э. Шнолем реакция интерпретировалась в терминах биологических часов и биоритмов<sup>4</sup>.

У реакции также оказалось «двойное дно». Вторым дном стали автоволны. Не понимая до конца их природы, А. М. Жаботинский не хотел говорить о них академику М. В. Келдышу во время демонстрации опыта (рис. 3).



*“Жаботинский кратко изложил суть: Келдыш свирепел, ести говорили долго. В стакане пошли колебания, мы думали, что Келдышу этого достаточно, но он это посмотрел на стакан и сказал: “Вы от меня скрываете самое главное?” А самым главным были цветные волны, которые начинались у дна и шли вверх. Келдыш был специалистом по пространственным эффектам колебаний. Жаботинский пространственные волны, конечно, заметил, но еще в этом не разобрался и решил не рассказывать о них Келдышу. Но не тут-то было! Президент ужасно*

*рассердился, посчитав, что ему просто не хотят рассказывать... Реплика была чрезвычайной важности. А потом мы узнали, что это видел и Белоусов. Даже назвал колбу “зеброй”. И полагал это наиважнейшим”.*

Рис. 3. Волны в реакции Белоусова — Жаботинского

Имея все эти результаты ученые перешли к математическому моделированию. Обнаружилось, что математические уравнения, описывающие концентрации веществ в процессе колебательной реакции, подходят, например, для колебаний концентрации кальция в клетке или количества лис и зайцев в популяции (система хищник — жертва) (рис. 4).

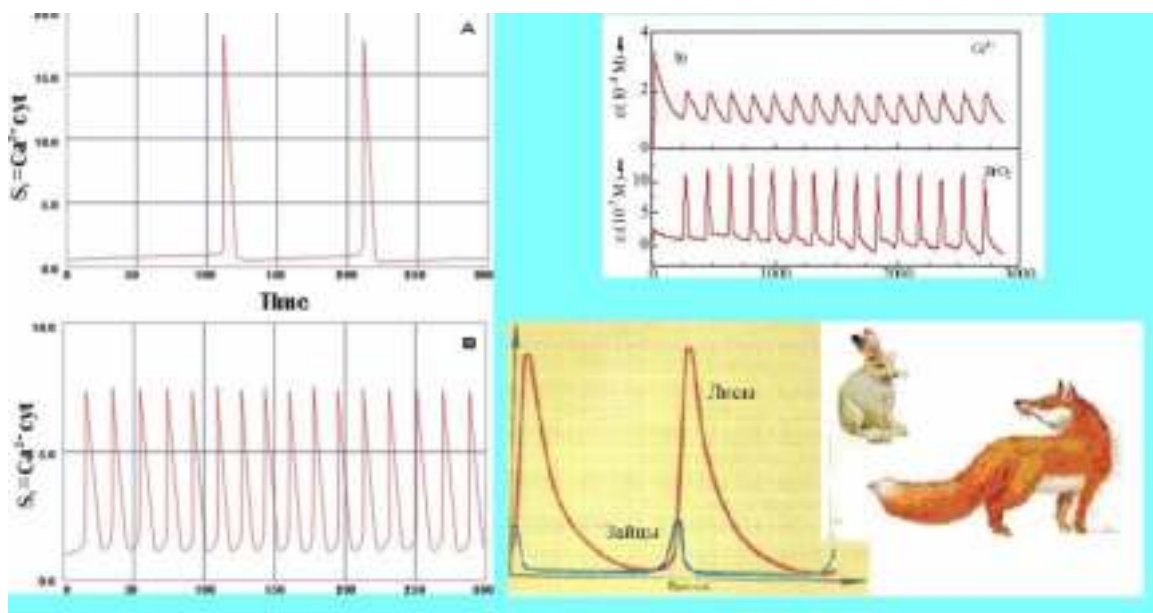


Рис. 4. Примеры колебаний в природе

<sup>4</sup> См.: Молчанова М. Борис Белоусов // Квантик. 2018. № 6. С. 10–14.

Если мы будем моделировать волны в реакции Белоусова — Жаботинского, то увидим, что эта модель подходит и для процессов свертываемости крови, и для окраски шкур животных <sup>5</sup> (рис. 5).

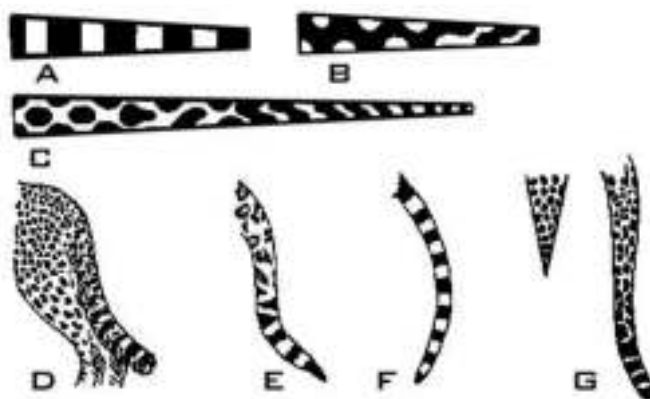


Рис. 5. Примеры результатов математического моделирования.

Универсальность этой модели и ее способность быстро реагировать на внешнее воздействие используется исследователями. Подвергая внешнему воздействию (например, лазерному излучению, гамма- или альфа-облучению <sup>6</sup>) систему, в которой происходит химическая колебательная реакция, можно они моделируют и в какой-то степени прогнозируют результат этого воздействия на биологические системы.

Если мы посмотрим, как расходуются вещества в процессе реакции Белоусова — Жаботинского (конечно, рано или поздно вещества расходуются и реакция прекращается), то увидим хорошо знакомую всем форму спирали.

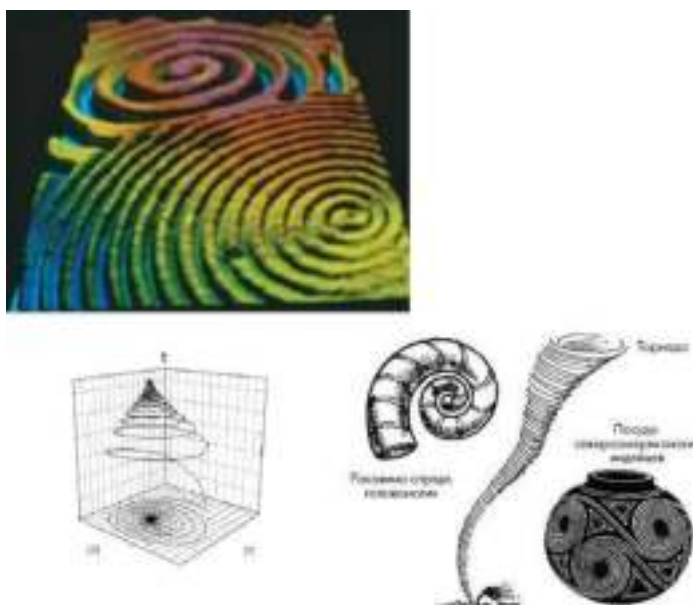


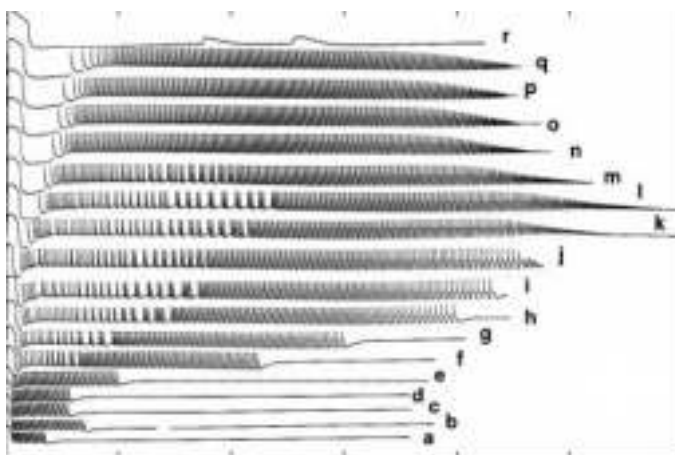
Рис. 6. Примеры спиралей в разных областях науки, природы и искусства.

<sup>5</sup> См.: Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса. Новый диалог человека с природой : пер. с англ. / под общ. ред. В. И. Аршинова, Ю. Л. Климонтовича, Ю. В. Сачкова. М. : Прогресс, 1986. С. 225.

<sup>6</sup> Q. v.: Tóth R., Gáspár V., Belmonte A., O'Connell M. C., Taylor A., Scott S. K. Wave initiation in the ferroin-catalysed Belousov — Zhabotinsky reaction with visible light // Physical Chemistry Chemical Physics. 2000. N 2 (3). Pp. 413–416 ; Körös E., Putirskaya G., Varga M. Perturbation of bromate oscillators I, Perturbation by  $\gamma$ -irradiation // Acta Chimica Scientiarum Hungaricae. 1982. Vol. 110 (3). Pp. 295–303 ; Лебедев В. М., Приселкова А. Б., Спасский А. В. [и др.]. Инициация ведущих центров в реакции Белоусова — Жаботинского под действием пучка альфа-частиц с энергией 30 МэВ. М. : Препринт МГУ, 2005.

Любопытно, что подобную форму имеют, например, структуры, образующиеся на поверхности платинового катализатора.

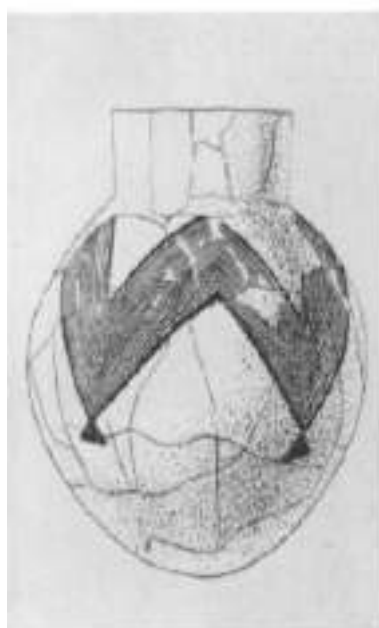
Подбирая концентрации веществ в реакции Белоусова — Жаботинского, мы даже можем наблюдать, как порядок порождает хаос, а он, в свою очередь, снова порождает порядок (рис. 7)!



*В химии порядок и хаос связаны между собой сложными отношениями: упорядоченные (колебательные) режимы чередуются с хаотическими. Такая перемежаемость, например, наблюдалась в реакции Белоусова-Жаботинского как функция скорости потока[10]*

Рис. 7. Порядок и хаос в реакции Белоусова — Жаботинского

В заключение предлагаю всем задуматься о том, почему первыми фигурами, которые захотели изобразить древние люди, были уже знакомые нам волны и спирали (рис. 8 и 9). И попытаться ответить на вопрос: почему век за веком нас радуют эти простые повторяющиеся фигуры?



*Дума за думой, волна за волной  
Два проявления стихии одной:  
В сердце ли тесном,  
в безбрежном ли море,  
Здесь — в заключении,  
там — на просторе  
Тот же все вечный прибой и отбой,  
Тот же все призрак тревожно-пустой.*

*Фёдор Тютчев*

Рис. 8. Периодичность и искусство

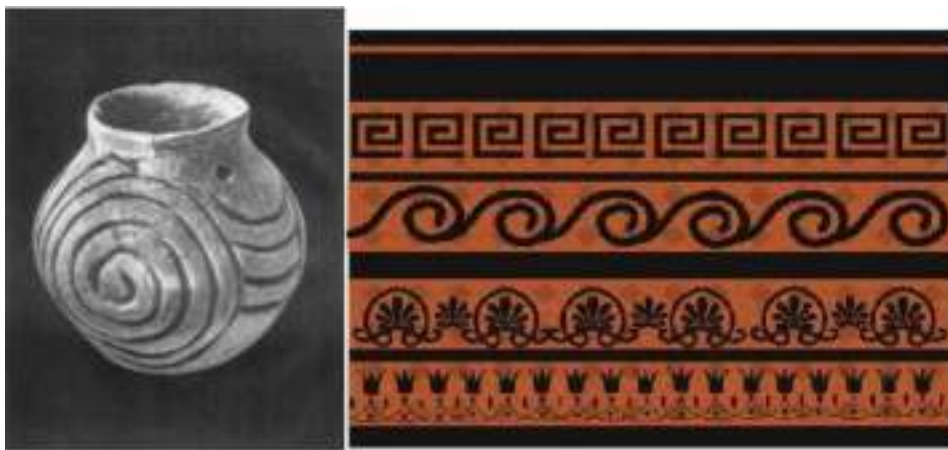


Рис. 9. Периодичность и искусство

Итак, включение в школьную программу колебательных реакций позволяет обсудить со школьниками следующие темы:

- роль личности ученого в науке (на примере Белоусова, Жаботинского, Шноля),
- взаимосвязь различных наук (физика, химия, биология, математика),
- моделирование в науке,
- развитие по спирали,
- биоритмы,
- порядок и хаос.

#### *Список использованных источников*

1. Белоусов Б. П. Периодически действующая реакция и ее механизм // Колебания и бегущие волны в химических системах. — М. : Мир, 1988.
2. Жаботинский А. М. Колебания и волны в гомогенных химических системах // Физическая химия. — М. : Химия, 1987.
3. Лебедев В. М., Приселкова А. Б., Спаский А. В. [и др.]. Инициация ведущих центров в реакции Белоусова — Жаботинского под действием пучка альфа-частиц с энергией 30 МэВ. — М. : Препринт МГУ, 2005.
4. Марри Д. Нелинейные дифференциальные уравнения в биологии. Лекции о моделях. — М. : Мир, 1983.
5. Молчанова М. Борис Белоусов // Квантик. — 2018. — № 6. — С. 10–14.
6. Печенкин А. А. Мировоззренческое значение колебательных химических реакций // Вестник Московского университета. Сер. 7, Философия. — 2005. — № 6. — С. 20–35.
7. Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса : Новый диалог человека с природой : пер. с англ. / под общ. ред. В. И. Аршинова, Ю. Л. Климонтовича, Ю. В. Сачкова. — М. : Прогресс, 1986. — С. 225.
8. Шноль С. Э. Биологические часы (краткий обзор хода исследований и современного состояния проблемы биологических часов) // Соросовский образовательный журнал. — 1996. — № 7. — С. 26–32.
9. Kőrös E., Putirskaya G., Varga M. Perturbation of bromate oscillators I, Perturbation by  $\gamma$ -irradiation // Acta Chimica Scientiarum Hungaricae. — 1982. — Vol. 110 (3). — Pp. 295–303.
10. Tóth R., Gáspár V., Belmonte A., O'Connell M. C., Taylor A., Scott S. K. Wave initiation in the ferrous-catalysed Belousov-Zhabotinsky reaction with visible light // Physical Chemistry Chemical Physics. — 2000, N 2 (3). — Pp. 413–416.

#### *Сведения об авторе*

**Приселкова Анна Борисовна** — научный сотрудник НИИЯФ имени Д. В. Сокбельцына МГУ имени М. В. Ломоносова (Москва).

*В. В. Радченко, А. А. Брусницын, А. А. Голубенко, А. П. Евсеев,  
И. М. Зверева, Н. В. Коропченко, Н. Ю. Казарина, Е. А. Крылова,  
Е. А. Куров, К. Ю. Малышев, О. В. Мешков, С. Б. Морозов,  
П. В. Ремизов, С. Ю. Фроликов, Г. М. Шефель, Л. А. Янин*

**ПРАКТИКУМ ПО АТОМНЫМ И ЯДЕРНЫМ ИЗЛУЧЕНИЯМ  
ДЛЯ СТУДЕНТОВ ФАКУЛЬТЕТА КОСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ:  
НОВЫЙ УРОВЕНЬ РАБОТЫ КЛАССИЧЕСКОГО ПРАКТИКУМА  
ДЛЯ ФИЗИКОВ**

Задачи практикума по атомной и ядерной физике для студентов физического факультета при структурном объединении преобразуются в практикум для студентов факультета космических исследований. Разработан сопроводительный учебно-методический комплект «Космического практикума»: лекции, описания, задания.

*ядерная физика, космические лучи, практические работы, укрупнение дидактических единиц*

Practical works in atomic and nuclear physics for students of the Faculty of Physics in structural unification are transformed into a practicum for students of the Faculty of Space Research. An accompanying educational and methodological set of the «Space practicum» was developed: lectures, descriptions, tasks.

*nuclear physics, cosmic rays, practical works, enlargement of didactic units*

Первый в России практикум по радиоактивности был создан учеником П. Н. Лебедева К. П. Яковлевым в Императорском Московском университете в 1912 году, первое описание его задач — в 1913<sup>1</sup>. В практикуме для регистрации  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -излучений применялись электроскопы разной конструкции (19 задач) и метод сцинтилляций (1 задача). Источники: уран, торий и радий. Наша лаборатория общего и специального практикума Научно-исследовательского института ядерной физики имени Д. В. Скобельцына Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова является преемницей этого практикума.

За сто лет:

- изменились детекторы (счетчик Гейгера, кремниевый детектор, германиевый детектор, сцинтилляционный детектор);
- расширены тематика задач (деление ядер, искусственная радиоактивность) и номенклатура изотопов (более 18 изотопов в настоящее время);
- в описаниях задач значительно вырос теоретический раздел (мы больше знаем об атоме и ядре);
- с 2005 года описания задач публикуются только в электронном виде;
- методика работ стала богаче (больше упражнений, элемент интриги — «неизвестные» изотопы, «неизвестный» поглотитель).

Еще одно не настолько очевидное изменение: наш практикум может менять в широких пределах свою аудиторию. Основной контингент — студенты физического факультета МГУ. Но также наш практикум используется как:

- сопроводительный практикум на курсах повышения квалификации для учителей и медицинских физиков;

---

<sup>1</sup> См.: Яковлев К. П. Специальный практикум по радиоактивности. М., 1913. С. 97. URL : <http://prac-gw.sinp.msu.ru/nup/zip/Yakovlev1913.zip> (дата обращения: 11.02.2023).

- мастер-класс «Повтори Нобелевский эксперимент» на научных шоу и однодневных семинарах для школьников <sup>2</sup>;
- курс по выбору в инженерных классах Гимназии МГУ <sup>3</sup>;
- база для проектных работ школьников и дипломных работ студентов разных школ и вузов России.

Для каждой роли практикум меняет содержание работ, время проведения, методические материалы. Образно говоря, практикум может переходить в разные квантовые состояния в зависимости от аудитории и поставленной цели. Каждое состояние требует серьезной подготовки и тренировки преподавателей и сотрудников.

В данной работе мы опишем разработанный нами в 2022–2023 годах новый вариант работы практикума, предназначенный для факультета космических исследований (ФКИ) МГУ.

ФКИ начал прием студентов в 2017 году и готовит специалистов для космической отрасли, в том числе по системам дистанционного зондирования, устройству и оборудованию космических аппаратов. Значимость изучения излучений для студентов ФКИ несомненна. Важная деталь — на практикум отводится не семестр, как для студентов физфака, а 3–4 занятия. Проведение практикума согласуется с курсом атомной и ядерной физики, который читается студентам в 5-м и 6-м семестре.

Налицо противоречие между большим объемом информации, составляющим содержание обучения, и ограниченным ресурсом времени на его усвоение <sup>4</sup>. Для решения поставленной цели — разработки практикума для студентов ФКИ — потребовались усилия коллектива преподавателей, программистов и инженеров. Было подготовлено пять комплексных задач (табл. 1) с использованием технологии укрупнения дидактических единиц <sup>5</sup>. Увеличение содержания возмещалось общностью составных элементов.

Таблица 1

Комплексные задачи «Космического практикума»: основы объединения дидактических единиц

| <i>Задача «Космического практикума»</i> | <i>Объединенные дидактические единицы</i>  | <i>Общность объединенных дидактических единиц</i>  |
|---|--|--|
| Детекторы ядерных излучений             | Детекторы, применяемые в рентгеновской и гамма-астрономии: пропорциональный счетчик, сцинтилляционный и полупроводниковый детекторы  | Ключевые понятия и методы ядерной спектроскопии: эффективность регистрации, энергетическое разрешение, калибровка и методика определения неизвестного изотопа по спектру его излучения |
| Спектральная астрофизика на Земле       | Температура поверхности звезды, спектр Солнца, эффект Зеемана, спектры излучения и поглощения  | Оптический спектр, атомные энергетические уровни, регистрация излучения с помощью ПЗС-линейки  |
| Космические лучи и элементарные частицы | Состав вторичного космического излучения на уровне моря (изучается с помощью рядов счетчиков Гейгера); треки частиц на фотографиях пузырьковой камеры, помещенной в магнитное поле | Сильное, слабое и электромагнитное взаимодействие частиц   |

<sup>2</sup> См.: Борисова Е. В., Владимирова Е. В., Голубенко А. А. [и др.]. Однодневная школьная экскурсия на «передовой рубеж» ядерной физики // Проблемы и перспективы развития образования по физике / отв. ред. С. А. Холина. М.: Моск. гос. обл. ун-т, 2018. С. 34–42.

<sup>3</sup> См.: Брусницын А. А., Владимирова Е. В., Зверева И. М. [и др.]. Проведение занятий в общем атомном и ядерном практикуме с гимназистами МГУ по методу лабораторных уроков Глинки // Актуальные проблемы физики и технологии в образовании, науке и производстве. Рязань: Ряз. гос. ун-т им. С. А. Есенина, 2019. С. 19–23.

<sup>4</sup> См.: Усольцев А. П. Основные противоречия развития педагогической системы: моногр. Екатеринбург: Урал. гос. пед. ун-т, 2016. 166 с.

<sup>5</sup> См.: Эрдниев П. М., Эрдниев Б. П. Укрупнение дидактических единиц в обучении математике: кн. для учителя. М.: Просвещение, 1986. 255 с.

| Задача «Космического практикума»     | Объединенные дидактические единицы   | Общность объединенных дидактических единиц   |
|--------------------------------------|--|--|
| Взаимодействие излучений с веществом | Изучение спектров и прохождения через вещество $\alpha$ -, $\beta$ -, $\gamma$ -излучений            | Нестабильные ядра, ионизация, оцифровка спектров с помощью аналого-цифрового преобразователя |
| Дозиметрия                           | Естественная радиоактивность, искусственная радиоактивность, расчет поглощенной и эквивалентной дозы | Период полураспада, энергия, выделяемая при радиоактивном распаде и в ядерных реакциях       |

Для подготовки к работам, кроме традиционного описания, были записаны короткие (около 20 мин) видеолекции с изложением основ изучаемой темы (рис.1, 2). К некоторым задачам добавлены сопроводительные материалы (вопросы, электронный допуск).

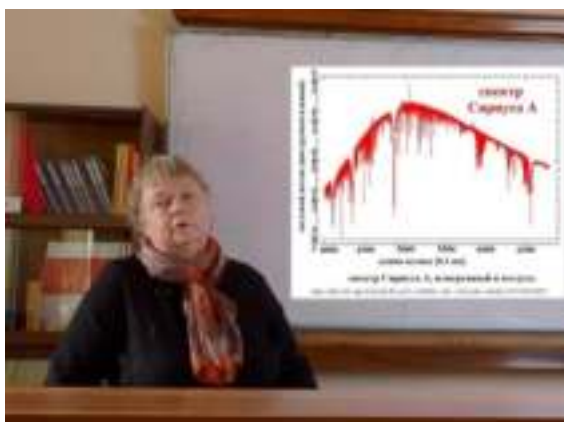


Рис. 1. Фото из лекции для подготовки к задаче «Спектральная астрофизика на Земле» лекцию читает кандидат физико-математических наук Е. А. Крылова



Рис. 2. Фото из лекции для подготовки к задаче «Взаимодействие излучения с веществом» лекцию читает А. А. Голубенко

Между задачами «Космического практикума» существует большое количество взаимосвязей, поскольку их объединяет общая тема атомных и ядерных излучений. Для примера работы таких взаимосвязей разберем, как связка «частица — античастица» проявляется в каждой из задач (рис. 3).

В задаче «Детекторы» наблюдаются гамма-линии 511 кэВ в спектре изотопа, излучающего позитроны, с помощью сцинтилляционного детектора и при измерении радиационного фона германиевым детектором.

В задаче «Взаимодействие излучения с веществом» используется график зависимости сечения взаимодействия гамма-квантов с веществом в зависимости от энергии гамма-кванта. На графике очевидно резкое увеличение сечения взаимодействия при энергиях гамма-квантов, превышающих значение  $2m_0c^2$ .

В задаче «Дозиметрия» при измерении спектра с модельного объекта «Луна» (вырез в защите нейтронного источника) наблюдаются пики одиночного и двойного вылета в спектре, зарегистрированного сцинтилляционным детектором. Ядро углерода в первом возбужденном состоянии испускает гамма-квант с энергией 4,4 МэВ. Если гамма-квант целиком передает свою энергию сцинтиллятору, то регистрируется импульс, соответствующий энергии 4,4 МэВ. Если  $\gamma$ -квант, взаимодействуя с веществом сцинтиллятора, рождает электрон-позитронную пару, то позитрон аннигилирует в веществе кристалла, образуя, вероятнее всего, два гамма-кванта с энергией 511 кэВ. Если один из них вылетит из кристалла сцинтиллятора, то сигнал детектора будет меньше на 511 кэВ, чем 4,4 МэВ. Если оба аннигиляционных фотона вылетят из кристалла, то сигнал будет на 1,022 МэВ меньше.

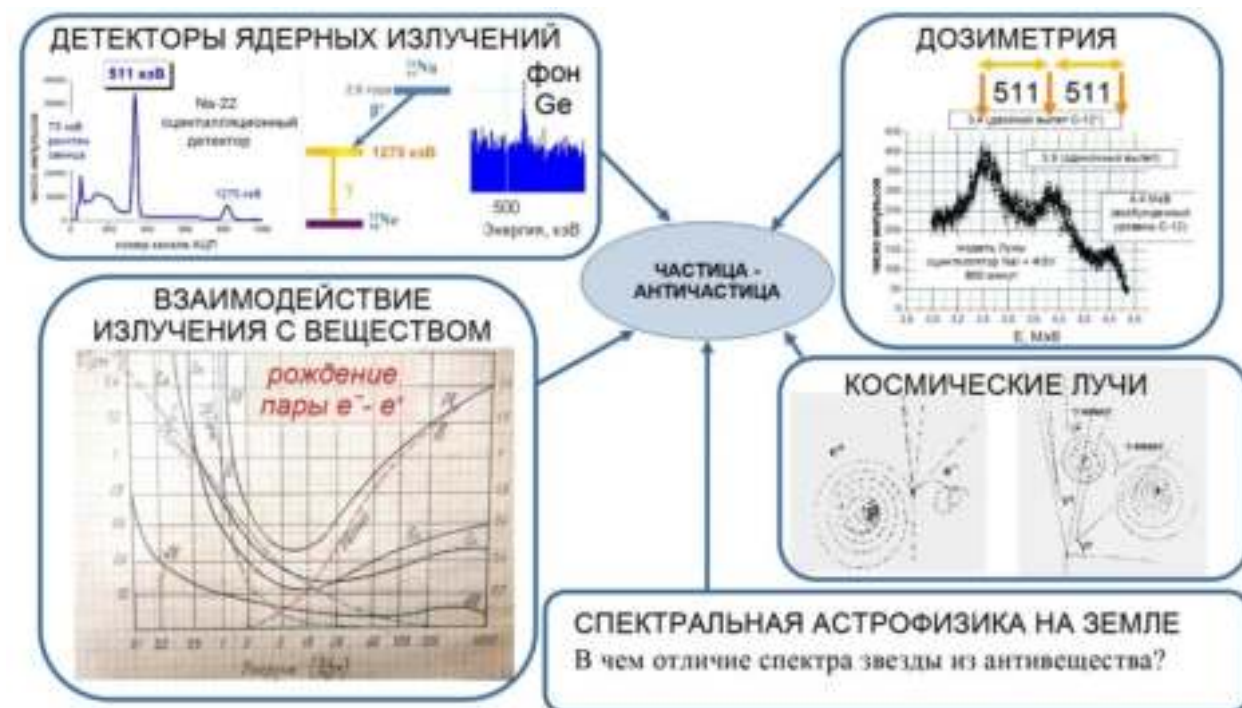


Рис. 3. Разносторонний вклад каждой задачи «Космического практикума» в изучение диалектической пары «частица — античастица»

При изучении треков в пузырьковой камере задачи «Космические лучи» студенты видят следы рождения пары электрон-позитрон в виде «вилки» в магнитном поле.

В задаче «Спектральная астрофизика на Земле» при обсуждении возможен вопрос о спектре звезды, состоящей из антивещества.

Весной 2022 года «Космический практикум» был опробован студентами физического факультета Московского государственного областного университета. Мы исправили отмеченные ими ошибки, скорректировали сценарии некоторых работ. Весной 2023 года «Космический практикум» выполняют 35 студентов ФКИ.

Таким образом, самоорганизация педагогической системы привела к появлению нового уровня организации работы — «Космического практикума». Блок разработанных электронных материалов для самоподготовки<sup>6</sup> — видеолекции, электронные описания работ, интерактивный тест — доступны на сайте лаборатории.

#### Список использованных источников

1. Борисова Е. В., Владимирова Е. В., Голубенко А. А. [и др.]. Однодневная школьная экскурсия на «передовой рубеж» ядерной физики // Проблемы и перспективы развития образования по физике: общеобразовательные учреждения, педагогические вузы : докл. науч.-практ. конф. / отв. ред. С. А. Холина. — М. : Моск. гос. обл. ун-т, 2018. — С. 34–42.
2. Брусницын А. А., Владимирова Е. В., Зверева И. М. [и др.]. Проведение занятий в общем атомном и ядерном практикуме с гимназистами МГУ по методу лабораторных уроков Глинки // Актуальные проблемы физики и технологии в образовании, науке и производстве : материалы Всерос. науч.-практ. конф. — Рязань : Ряз. гос. ун-т им. С. А. Есенина, 2019. — С. 19–23.
3. Космический практикум. — М. : ЛОСП НИИЯФ МГУ. — URL : <http://prac-gw.sinp.msu.ru> (дата обращения: 11.02.2023).
4. Усольцев А. П. Основные противоречия развития педагогической системы : моногр. — Екатеринбург : Урал. гос. пед. ун-т, 2016. — 166 с.

<sup>6</sup> См.: Космический практикум. М. : ЛОСП НИИЯФ МГУ. URL : <http://prac-gw.sinp.msu.ru> (дата обращения: 11.02.2023).



5. Эрдниев П. М., Эрдниев Б. П. Укрупнение дидактических единиц в обучении математике : кн. для учителя. — М. : Просвещение, 1986. — 255 с.

6. Яковлев К. П. Специальный практикум по радиоактивности. — М., 1913. — С. 97. — URL : <http://prac-gw.sinp.msu.ru/nup/zip/Yakovlev1913.zip> (дата обращения: 11.02.2023).

#### *Сведения об авторах*

**Радченко Владимир Вячеславович** — кандидат физико-математических наук, доцент, заведующий лабораторией общего и специального практикума (ЛОСП) Научно-исследовательского института ядерной физики имени Д. В. Скобельцына (НИИЯФ) Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова (МГУ) (Москва).

**Брусницын Андрей Алексеевич** — инженер 1-й категории ЛОСП НИИЯФ МГУ (Москва).

**Голубенко Анна Александровна** — ведущий инженер ЛОСП НИИЯФ МГУ (Москва).

**Евсеев Александр Павлович** — младший научный сотрудник ОФАЯ НИИЯФ МГУ (Москва).

**Зверева Ирена Михайловна** — ведущий программист ЛОСП НИИЯФ МГУ (Москва).

**Казарина Наталья Юрьевна** — ведущий программист ЛОСП НИИЯФ МГУ (Москва).

**Коропченко Наталия Васильевна** — главный специалист ЛОСП НИИЯФ МГУ (Москва).

**Куров Евгений Алексеевич** — программист 1 категории ЛОСП НИИЯФ МГУ (Москва).

**Крылова Елена Анатольевна** — кандидат физико-математических наук, доцент, НИИЯФ МГУ (Москва).

**Мальшиев Ксаверий Юрьевич** — ведущий программист ЛОСП НИИЯФ МГУ (Москва).

**Мешков Олег Васильевич** — кандидат физико-математических наук, ведущий электроник ЛОСП НИИЯФ МГУ (Москва).

**Морозов Сергей Борисович** — ведущий программист ЛОСП НИИЯФ МГУ (Москва).

**Ремизов Павел Дмитриевич** — младший научный сотрудник НИИЯФ МГУ (Москва).

**Фроликов Сергей Юрьевич** — ведущий программист ЛОСП НИИЯФ МГУ (Москва).

**Шефель Геннадий Манусович** — ведущий конструктор ЛОСП НИИЯФ МГУ (Москва).

**Янин Леонид Алексеевич** — ведущий конструктор ЛОСП НИИЯФ МГУ (Москва).

УДК 537.8

DOI: 10.37724/j9877-1192-6314-s

*Е. П. Смылова, А. И. Рыбкина*

### **МЕЖПРЕДМЕТНЫЕ СВЯЗИ НА ОСНОВЕ КАЧЕСТВЕННЫХ ЗАДАЧ ПО ФИЗИКЕ**

В статье излагается применение качественных задач для реализации межпредметных связей на уроках физики.

*физика, задачи, межпредметные связи*

The article describes the application of qualitative tasks for the implementation of interdisciplinary connections in physics lessons.

*physics, tasks, interdisciplinary connections*

В этом году исполняется 100 лет со дня рождения профессора Виктора Петровича Орехова, который много лет возглавлял кафедру общей физики и методики преподавания физики, являясь одновременно проректором по научной работе Рязанского государственного педагогического института (РГПИ). Это был удивительно светлый человек, жизнерадостный, с тонким чувством юмора, всегда помогал молодым начинающим преподавателям. В нашей стране он широко известен

как методист-физик, творческое наследие которого имеет большое значение и в настоящее время. Большое внимание в преподавании физики Виктор Петрович уделял решению задач. В работе предложена их классификация и методика решения<sup>1</sup>. Он придавал большое значение решению качественных задач. «Качественные задачи дают возможность за короткое время выяснить физическую сущность рассматриваемого вопроса, для чего иногда другие типы задач менее эффективны», — писал В. П. Орехов<sup>2</sup>. Сформировать у школьников представление о целостной картине мира возможно только при комплексном, интегрированном подходе к изучению наук<sup>3</sup>. С целью реализации поиска наиболее эффективных способов обучения физике нами рассмотрена возможность использования качественных задач с учетом межпредметных связей. Межпредметные связи в школьном курсе физики способствуют более глубокому усвоению знаний, взаимосвязи явлений в природе и обществе, помогают учащимся ориентироваться в мире современных профессий<sup>4</sup>. С этой целью нами разработано методическое пособие «Качественные задачи на основании использования межпредметных связей». Последнее будет способствовать пониманию всеобъемлющей роли физики в различных областях науки и техники, повышению познавательного интереса у школьников, проведению профориентационной работы. В методическом пособии подобраны задачи, связанные с рассмотрением вопросов использования законов физики в астрономии, технике, технологии, биологии, медицине, географии, метеорологии, истории, литературе, математике, археологии и др. Все задачи приведены с решениями. Разработаны рекомендации использования задач при изучении различных тем на уроках физики.

Покажем на отдельных примерах, как физические законы проявляются в мире природы. Так, связь физики и биологии можно раскрыть с помощью следующих задач<sup>5</sup>:

1. В какую погоду — тихую или ветреную — человек переносит мороз легче? Ответ обоснуйте. Задачу можно использовать при изучении темы «Тепловые явления».

2. В каком климате — влажном или сухом — человек легче переносит жару? Ответ обоснуйте. Рекомендуем при изучении темы «Испарение и конденсация».

3. Почему не убивает током птицу, садящуюся на один из проводов высокого напряжения? Рекомендуем при изучении вопросов об электрическом сопротивлении.

Разработанное методическое пособие использовалось при составлении конспектов уроков с использованием межпредметных связей на основе качественных задач по темам «Сила Архимеда», «Преломление света», «Дисперсия. Цвета тел.», «Индукция магнитного поля». В конспектах объяснение нового материала изложен кратко, а основной акцент сделан на этапе решения задач (первичное закрепление нового материала).

#### ***Список использованных источников***

1. Каменецкий С. Е., Орехов В. П. Методика решения задач по физике в средней школе. — М. : Просвещение, 1987. — 336 с.
2. Кирик Л. А. Качественные задачи по физике для 7–9 классов. — М. : Илекса, 2020. — 240 с.
3. ОГЭ. Физика : тип. экзамен. варианты : 30 вариантов / под ред. Е. Е. Камзеевой. — М. : Национальное образование, 2020. — 352 с.
4. Усова А. В. Межпредметные связи в условиях стандартизации образования // Наука и школа. — 1998. — № 3 — С. 11–14.

#### ***Сведения об авторах***

***Смылова Елена Петровна*** — кандидат физико-математических наук, доцент ФГБОУ ВО «Рязанский государственный университет имени С. А. Есенина» (Рязань).

***Рыбкина Алена Игоревна*** — учитель математики МБОУ «Школа № 51 “Центр образования”» г. Рязани.

---

<sup>1</sup> См.: Каменецкий С. Е., Орехов В. П. Методика решения задач по физике в средней школе. М. : Просвещение, 1987. 336 с.

<sup>2</sup> См. там же.

<sup>3</sup> См.: Усова А. В. Межпредметные связи в условиях стандартизации образования // Наука и школа. 1998. № 3. С. 11–14.

<sup>4</sup> См. там же.

<sup>5</sup> Кирик Л. А. Качественные задачи по физике для 7–9 классов. М. : Илекса, 2020. 240 с. ; ОГЭ. Физика : тип. экзамен. варианты : 30 вариантов / под ред. Е. Е. Камзеевой. М. : Национальное образование, 2020. 352 с.

## ПРОБЛЕМА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НАНОТЕХНОЛОГИЙ НА УРОКАХ ФИЗИКИ

В статье описаны варианты включения нанотехнологий в учебный процесс обучения физике. Представлен опыт работы с наноконкомплексом Nanoeducator LE при выполнении межпредметных проектов.

*физика, нанотехнологии, конвергентное образование, межпредметные связи, исследовательская деятельность*

The article describes the options for including nanotechnology in the educational process of teaching physics. The experience of working with the Nanoeducator LE nanocomplex when performing interdisciplinary projects is presented.

*physics, nanotechnology, convergent education, interdisciplinary communication*

Современный мир характеризуется стремительным развитием научно-технического прогресса. Нанотехнологии выходят на передний план. Следует и учебный процесс трансформировать таким образом, чтобы внедрить их в программы естественно-научных предметов, в первую очередь физики.

С учетом ограниченного учебного времени, отведенного на изучение физики, существует возможность внедрения элементов знаний о нанотехнологиях в учебный процесс: включение информации о нанотехнологиях в содержание предметного курса физики и выполнение исследований во внеурочной деятельности<sup>1</sup>. Рассмотрим эти возможности на примере фрагмента программы 7 класса (табл. 1).

Современные ученики положительно реагируют на внедрение в учебный процесс всего нового, поэтому и уроки, в содержание которых включены знания о нанотехнологиях, проходят наиболее эффективно.

Таблица 1

Дополнительная информация о нанотехнологиях в 7 классе

| <i>Тема урока</i>   | <i>Дополнительный материал</i>   | <i>Возможность реализации</i>  |
|---|--|--|
| §6 Физика и ее влияние на развитие техники                                | Нанотехнологии, перспективы развития нанотехнологий                                  | Демонстрация видеофрагментов, анимационных фильмов о нанотехнологиях. Знакомство с наноконкомплексом школьной лаборатории.<br><i>Мотивация, желание принять участие в исследованиях с помощью наноконкомплекса</i> |
| §7, 8 Строение вещества   | Биологические молекулы, наночастицы, нанотрубки                                      | Выполнение лабораторной работы по определению размеров малых тел методом рядов с использованием фотографий поверхности наночастиц.<br><i>Выполнение работы в новых условиях</i>                                    |
| §12, 13 Агрегатные состояния вещества. Особенности молекулярного строения | Полиморфизм углерода. Последние достижения технологий: фуллерены, графен, нанотрубки | Акцент! Одинаковый химический состав, но разные физические свойства.<br><i>Сохраняется интерес к теме урока при непосредственной работе с новой информацией</i>  |

<sup>1</sup> См.: Ляпцев А. В., Ивашедкина О. А. О нанотехнологиях в школе. Включение знаний о нанотехнологиях в содержание образования : учеб.-метод. пособие. СПб. : СПб. АППО, 2012. 62 с.

Эффективное знакомство с нанотехнологиями также осуществляется на уроках решения задач. Например, в 10 классе по теме «Емкость конденсатора» можно предложить задачи:

**Задача № 1.** Какова электрическая емкость частицы (наноструктура), имеющей сферическую форму с радиусом  $R_0 = 1$  нм. Сравните электрическую емкость такой наночастицы с емкостью земного шара. Диэлектрическую проницаемость принять за 1 в обоих случаях.

Актуализация знаний школьников достигается нами через использование научных прикладных фактов, входящих в тексты задач.

**Задача № 2.** При столкновении двух сферических нанокластеров, состоящих из 1000 наночастиц, произошло их объединение (слияние). Во сколько раз размер образовавшегося нанокластера будет больше размера исходных нанокластеров? Определите, во сколько раз уменьшится количество атомов, находящихся на поверхности образовавшегося кластера, по сравнению с исходными кластерами.

Данная задача может быть предложена ученикам профильного физико-математического класса на уроках по молекулярной физике. Обучающимся становится понятна научная значимость получаемых знаний и в их сознании формируется интерес к современным технологиям в науке.

Исследовательские проекты в рамках нанотехнологий можно выполнять с помощью комплекса NANOEDUCATOR LE, состав которого представлен в таблице 2.

Таблица 2

Комплекс NANOEDUCATOR LE

| Название                                       | Фото  | Назначение   |
|--|---|--|
| Зондовый сканирующий микроскоп NanoEducator LE |   | Позволяет исследовать характеристики рельефа различных материалов путем сканирования поверхности материала специально изготовленным вольфрамовым зондом. Существует возможность создавать наноструктуры на поверхности материалов — нанолитография |
| Цифровой оптический микроскоп ПОЛАР-1          |  | Позволяет наблюдать непрозрачные объекты и исследовать их в отраженном, поляризованном и обычном свете   |

Стоит отметить, что кроме двух микроскопов комплекс содержит устройство для изготовления вольфрамовых зондов и программное обеспечение с виртуальным тренажером и набором интерактивных анимаций.

Для примера приведем несколько мини-исследований, выполняемых учениками 7 класса.

**Пример № 1.** «Исследование структуры волоса в зависимости от цвета»: самостоятельно настраивают точность измерения, фотографируют, измеряют толщину волоса и выявляют связь толщины и цвета волос. Также можно предложить сравнить толщину волоса, измеренного методом рядов и с помощью микроскопа.

**Пример № 2.** «Наблюдение эритроцитов крови»: самостоятельно настраивают точность измерения, фотографируют и определяют размеры эритроцита методом рядов и сравнивают диаметр эритроцита с размером одной молекулы. Также можно предложить осуществить биологический анализ плотности эритроцитов.

Результаты исследований, связанные с наблюдениями объектов или процессов под микроскопом, можно сохранить в виде рисунка, цифровых фотографий или как графическое изображение реального объекта либо процесса. Полученные изображения можно использовать как самостоятельные средства обучения: можно распечатывать для работы на уроках или выводить на экран <sup>2</sup>.

Занятия с использованием нанотехнологий носят межпредметный характер, поэтому включение данных занятий в школьный курс позволяет развить у обучающихся естественно-научную грамотность.

#### **Список использованных источников**

1. Давыдов В. Н., Яковлева Т. Г. Использование нанотехнологических комплексов для организации внеурочной исследовательской деятельности обучающихся : метод. пособие / под общей ред. В. Н. Давыдова, Т. Г. Яковлевой — СПб. : СПб. АППО, 2017. — С. 156.

2. Ляпцев А. В., Ивашедкина О. А. О нанотехнологиях в школе. Включение знаний о нанотехнологиях в содержание образования : учеб.-метод. пособие. — СПб. : СПб. АППО, 2012. — 62 с.

#### **Сведения об авторе**

**Сорокина Елена Николаевна** — кандидат педагогических наук, руководитель ПК ОГЭ по физике, старший преподаватель кафедры НОСОО ГБУ ДПО «Санкт-Петербургская академия постдипломного педагогического образования», учитель физики ГБОУ «Гимназия № 261» Кировского района (Санкт-Петербург).

УДК 372.853+371.261+373  
DOI: 10.37724/q2830-8627-8263-p

**Е. Н. Сорокина, Т. Г. Яковлева**

### **ЗАМЕТКИ РУКОВОДИТЕЛЕЙ ПРЕДМЕТНОЙ КОМИССИИ ОСНОВНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ЭКЗАМЕНА ПО ФИЗИКЕ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ (ИЗ ОПЫТА РАБОТЫ)**

В статье дано представление о видах деятельности руководителей предметной комиссии ОГЭ по физике; обозначены насущные проблемы и показаны возможные пути их решения.

*физика, основной государственные экзамен, стратегии подготовки, подходы к решению задач*

The article gives an idea of the types of activities of the heads of the subject commission of the OGE in physics; urgent problems are identified and possible solutions are shown.

*physics, basic state exam, preparation strategies, approaches to solving problems*

#### **Сокращения, принятые в статье**

|     |                                     |
|-----|-------------------------------------|
| ГИА | Государственная итоговая аттестация |
| ОГЭ | Основной государственный экзамен    |
| ЭР  | Экзаменационная работа              |
| КИМ | Контрольно-измерительные материалы  |
| ПК  | Предметная комиссия                 |

---

<sup>2</sup> См.: Давыдов В. Н., Яковлева Т. Г. Использование нанотехнологических комплексов для организации внеурочной исследовательской деятельности обучающихся : метод. пособие / под общ. ред. В. Н. Давыдова, Т. Г. Яковлевой. СПб. : СПб. АППО, 2017. С. 156.

В Санкт-Петербурге общее руководство и координацию деятельности ПК ОГЭ по физике осуществляют три ведущих эксперта: председатель и два его заместителя. Статус ведущего эксперта позволяет осуществлять руководство подготовкой и (или) подготовку экспертов, консультировать экспертов ПК по вопросам оценивания развернутых ответов участников экзамена, осуществлять перепроверку развернутых ответов в рамках рассмотрения апелляции о несогласии с выставленными баллами, присутствовать во время рассмотрения апелляции и др.

Несведущему человеку может показаться, что сфера деятельности руководителей ПК ограничена узкой задачей: обеспечить объективное оценивание выполнения заданий с развернутым ответом, то есть достичь максимально возможной согласованности между экспертами, которые независимо друг от друга проверяют каждое задание данной ЭР.

На самом деле деятельность руководителей ПК ОГЭ по физике имеет свои особенности, и она гораздо разнообразнее, чем определено в нормативных документах и методических рекомендациях по подготовке и проведению государственной итоговой аттестации выпускников основной школы.

Содержание таблицы 1 дает общее представление о работе, которую выполняют руководители ПК в течение каждого учебного года.

Таблица 3

Виды деятельности ведущих экспертов ПК ОГЭ по физике

| <i>Направления деятельности</i>   | <i>Виды деятельности</i>   |
|---|--|
| Оценочно-аналитическая деятельность по обеспечению объективного оценивания экспертами выполнения заданий экзаменационной работы | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Выработка и оперативное согласование общих подходов оценивания,</li> <li>– обучение экспертов,</li> <li>– формирование ПК,</li> <li>– анализ проекта КИМ и разработка рекомендаций по проверке для ПК,</li> <li>– организация работы ПК,</li> <li>– анализ результатов проверки ПК,</li> <li>– составление отчетов,</li> <li>– отбор изображений ЭР для обучения экспертов</li> </ul> |
| Организационно-техническая деятельность по обеспечению участника экзамена КИМ   | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Формирование КИМ на весь период экзаменационной сессии,</li> <li>– консультирование технических специалистов,</li> <li>– инвентаризация лабораторного оборудования в городе,</li> <li>– описание наборов оборудования для технических специалистов,</li> <li>– оперативная связь с районными методистами</li> </ul>   |
| Учебно-методическая деятельность по определению стратегии и тактики подготовки учащихся 9 класса к ОГЭ текущего года            | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Курсовая подготовка учителей города,</li> <li>– консультирование районных методистов и учителей в форме совещаний и вебинаров,</li> <li>– подготовка видеоматериалов для учащихся</li> </ul>  |

Информация, представленная в таблице 1, убедительно показывает, что деятельность руководителей ПК так или иначе связана с обучением учителей физики.

Приведем примеры, раскрывающие некоторые содержательные аспекты повышения квалификации учителей.

*Пример 1. «Стратегии подготовки к ОГЭ по физике».*

Умения, проверяемые средствами КИМ ОГЭ, закладываются на начальном этапе изучения физики и постепенно надстраиваются в течение всех лет изучения физики в основной школе.

«Натаскать» выпускника в течение ограниченного времени на выполнение заданий высокого уровня сложности практически невозможно. Но учитель, хорошо знающий возможности своих учеников, может предложить ту стратегию подготовки к выполнению ЭР, которая соответствует индивидуальным познавательным способностям и умениям каждого ученика.

Основой разработки стратегий подготовки к ОГЭ по физике стали результаты анализа структуры и содержания обобщенного плана ЭР. С учетом уровня предметной подготовки участников экзамена были разработаны следующие стратегии: «Гарантированный переход» (базовый уровень предметной подготовки), «Твердая четверка» (повышенный уровень предметной подготовки), «Ориентир на профиль» (высокий уровень предметной подготовки). Диаграмма распределения суммарного тестового балла по блокам экзаменационной работы (рис. 1) способствует пониманию каждой стратегии и путей ее реализации: цвет столбика указывает на уровень сложности заданий (зеленый — базовый, желтый — повышенный, красный — высокий), входящих в каждый блок ЭР; высота столбика соответствует суммарному тестовому баллу за выполнение заданий соответствующего уровня сложности.

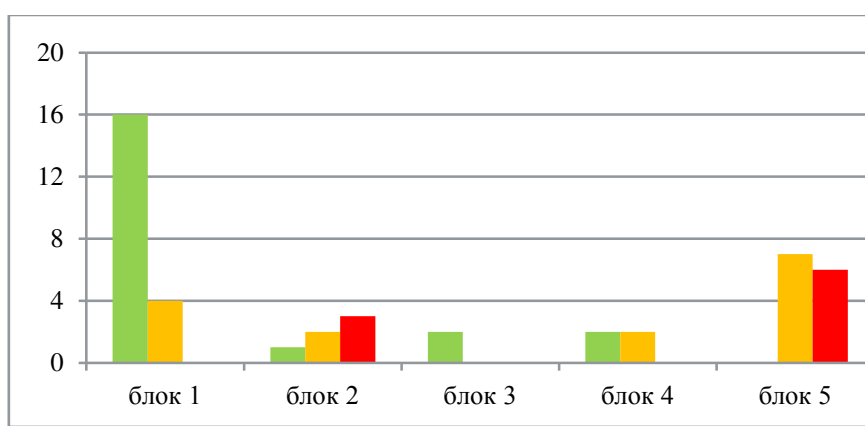


Рис. 1. Диаграмма распределения суммарного тестового балла по блокам экзаменационной работы

Например, для реализации стратегии «Гарантированный переход» могут быть предложены следующие варианты:

- 1) подготовиться к выполнению всех заданий базового уровня сложности из блока 1 ЭР и получить 16 баллов при «пороге» 11.
- 2) подготовиться к выполнению всех заданий базового уровня сложности из блоков 1–4 ЭР и получить 21 балл.

Гарантия успеха обеспечивается малым числом операций, необходимых для выполнения большинства заданий базового уровня сложности, и наличием заданий, система оценки которых предполагает получение одного или двух баллов. Важным является то, что целенаправленная, понятная и доступная ученику система подготовки ведет к снижению уровня беспокойства, способствует росту уверенности в собственных силах.

Начиная с 2021 года в структуру ЭР входит набор качественных задач, позволяющих оценить как предметные, так и метапредметные умения выпускника, в частности умения создавать собственные письменные сообщения, обобщая информацию из нескольких источников, грамотно используя изученный понятийный аппарат курса физики.

Участники экзамена, сами того не подозревая, через «письменные сообщения» общаются (выстраивают коммуникацию) с экспертами ПК. Анализ затруднений, которые испытывают эксперты при проверке качественных задач, показал необходимость проведения обучающих семинаров для районных методистов по вопросам оформления записи решения качественной задачи (аккуратность и четкость почерка, структура ответа, наличие логики физического процесса, использование в сообщении рисунков и т. п.).

*Пример 2.* «Качественная задача: от условия к записи решения».

Подход, предложенный профессором, доктором педагогических наук Г. Н. Степановой<sup>1</sup>, оказался достаточно эффективным при подготовке будущих участников экзамена. Он предполагает в процессе анализа формулировки задачи: выявление объекта и его свойств; распознавание явления, в котором участвует объект, и условий его протекания; определение физических величин, которые описывают свойства явления, и установление связей между ними на основе известных законов и закономерностей. Рассмотрим этот подход на одном примере. Текст задачи<sup>2</sup> представлен на рисунке 2.

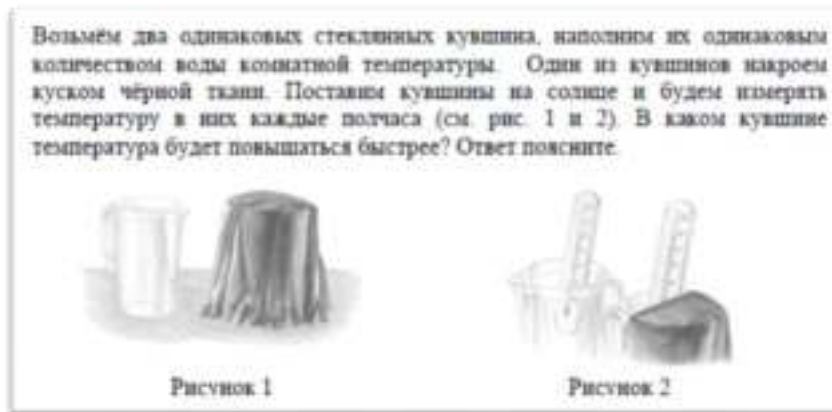


Рис. 2. Пример качественной задачи

Собранная информация структурируется в виде таблицы, которой удобно пользоваться для формулирования подробного ответа (табл. 2).

Таблица 4

Структура анализа качественной задачи

| <i>Характеристики тел</i>  | <i>Условия протекания</i>  | <i>Явление</i>                           | <i>Закономерности</i>  |
|--|--|--|--|
| Одинаковые кувшины с водой равной массы  | Один кувшин накрыт черной тканью.<br>Стоят на солнечной стороне. | Теплопередача<br>Излучение<br>Поглощение | Черная ткань поглощает излучение.<br>Ткань передает тепло кувшину. |
| <p><i>Элементы ответа:</i><br/> <i>Ответ.</i> Температура будет повышаться быстрее в кувшине, накрытом тканью.<br/> <i>Пояснение.</i> Черная ткань поглощает солнечные лучи и передает тепло кувшину. Кувшин под тканью нагревается быстрее.</p> |  |  |  |

Отличительной особенностью выпускного экзамена за курс основной школы является наличие в нем экспериментального задания, выполняемого обучающимися с использованием лабораторного оборудования и измерительных приборов. При использовании экспериментальных заданий на реальном оборудовании в условиях массового письменного контроля знаний и умений участников экзамена оценка может быть проведена только на основе письменного отчета о ходе и результатах выполнения задания.

<sup>1</sup> См.: Степанова Г. Н., Лебедева И. Ю. Справочник с комментариями ведущих экспертов : учеб. пособие. М. ; СПб. : Просвещение, 2019. 235 с.

<sup>2</sup> См.: Открытый банк заданий ОГЭ. Физика. URL : <https://oge.fipi.ru/bank/> (дата обращения: 18.03.2023).



*Пример 3.* «Показатели правильности элементов ответа для косвенных измерений».

В содержании критерия на 3 балла дан перечень элементов отчета, но каким должно быть «полностью правильное» содержание каждого элемента ответа, разъяснений нет (рис. 3).

Полностью правильное выполнение задания, включающее в себя:

- рисунок экспериментальной установки;
- формулу для расчета искомой величины;
- правильно записанные результаты прямых измерений с учетом заданных абсолютных погрешностей измерений;
- полученное правильное числовое значение искомой величины

*Рис. 3.* Обобщенные критерии на 3 балла

Возникла проблема, которая требовала решения. Известно, что объект оценки выполнения экспериментального задания — это прямые измерения, поэтому в основу разработки системы показателей правильности элементов ответа были положены проверяемые умения: правильно включить/установить прибор, определить цену деления, выполнить правила пользования прибором и снятия показаний, записать результат прямого измерения.

В таблице 3 представлен пример региональных рекомендаций, которые не заменяют, а дополняют обобщенные критерии по проверке отчетов участников экзамена о выполнении косвенных измерений физической величины.

Таблица 5

Показатели правильности элементов ответа

| <i>Название элемента ответа</i> | <i>Показатели</i>  |
|---------------------------------|--|
| Прямое измерение                | Попадает в диапазон допустимых значений; название (обозначение) физической величины; записана абсолютная погрешность, указанная в задании; единицы измерения физической величины, соответствующие используемому прибору или в системе СИ |
| Рисунок                         | Изображена (описана словами) установка в соответствии с условием задания; указан способ измерения физической величины  |
| Формула                         | Расчет искомой величины доступным способом   |
| Числовое значение               | Попадает в диапазон допустимых значений; единицы измерения искомой физической величины («СИ» не обязательно)   |

Сведения о региональных подходах к оцениванию экспериментальных заданий получили широкое распространение среди учителей города и районных методистов, что отразилось на качестве подготовки к выполнению практической работы и оформления отчетов участниками экзамена.

Серьезной проблемой для руководителей ПК является отсутствие в школах Санкт-Петербурга стандартизированного оборудования для проведения ОГЭ по физике. Из-за этого эксперты не могут использовать единый образец возможного выполнения экспериментального задания, предлагаемый в КИМ. Руководители ПК совместно с районными методистами по физике разработали и апробировали алгоритм дистанционной «инвентаризации» лабораторного оборудования школ города. «Инвентаризация» проводится ежегодно и направлена на выявление технических характеристик набора оборудования, которое намечается использовать в экспериментальных заданиях ЭР текущего года. На основе полученной информации разрабатывается сводная таблица результатов прямых измерений величин с указанием интервалов возможных значений.

Предпринятые меры позволили оптимизировать процесс проверки с безусловным обеспечением его объективности и качества.

Благодаря слаженной работе руководителей предметной комиссии ОГЭ по физике экзаменационная кампания проходит эффективно, наблюдаются стабильные результаты с небольшой положительной динамикой.

#### **Список использованных источников**

1. Степанова Г. Н., Лебедева И. Ю. Справочник с комментариями ведущих экспертов : учеб. пособие. — М. ; СПб. : Просвещение, 2019. — 235 с.
2. Открытый банк заданий ОГЭ. Физика. — URL : <https://oge.fipi.ru/bank/> (дата обращения 18.03.2023).

#### **Сведения об авторах**

**Сорокина Елена Николаевна** — кандидат педагогических наук, руководитель ПК ОГЭ по физике, старший преподаватель ГБУ ДПО «Санкт-Петербургская академия постдипломного педагогического образования», учитель физики ГБОУ «Гимназия № 261» Кировского района (Санкт-Петербург).

**Яковлева Татьяна Георгиевна** — руководитель ПК ОГЭ по физике до 2022 года, старший преподаватель ГБУ ДПО «Санкт-Петербургский центр оценки качества образования и информационных технологий» (Санкт-Петербург).

УДК 372.853

**Е. В. Тинина**

### **ГУМАНИТАРНЫЕ И ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ФИЗИКИ В СРЕДНЕЙ ШКОЛЕ**

В статье описаны гуманитарные и психологические аспекты при изучении дисциплины «Физика» в средних и старших классах школы, а также даны некоторые предложения по исключению влияния отрицательных моментов в процессе обучения для гуманитарных профилей.

*физика, школа, аспекты, профили*

The article describes the humanitarian and psychological aspects in the study of the discipline “Physics” in middle and high school, and also gives some suggestions for eliminating the influence of negative aspects in the learning process for humanitarian profiles.

*physics, school, aspects, profiles*

Содержание курса физики общеобразовательной школы и решаемые на уроках многочисленные задачи прежде всего ориентированы на отработку знаний, умений и навыков, необходимых для выполнения определенных контрольных мероприятий. Вкрапление элементов, нацеленных на другое восприятие и познание окружающего мира, все равно не позволяет добиться положительных результатов по дисциплине для большинства учащихся<sup>1</sup>. Каждый школьный предмет особый, со своими законами и методиками. И не каждый может осваивать и то и другое на высоком уровне, особенно в современном мире с огромным потоком различной информации.

---

<sup>1</sup> См.: Тинина Е. В. Дисциплина «Физика» в условиях современного образования // Актуальные проблемы физики и технологии в образовании, науке и производстве : материалы IV Всерос. науч.-практ. конф., посвящ. 120-летию Александра Васильевича Перышкина / под ред. В. А. Степанова, О. В. Кузнецовой. Электрон. текстовые дан. (1 файл : 9,02 МВ). Рязань : Ряз. гос. ун-т им. С. А. Есенина, 2022. URL : [https://www.rsu.edu.ru/wp-content/uploads/2022/09/71694\\_compressed.pdf](https://www.rsu.edu.ru/wp-content/uploads/2022/09/71694_compressed.pdf) (дата обращения: 01.03.2023).

Гуманитарное значение физики как составной части общего образования состоит в том, что она вооружает школьника научным методом познания, позволяющим получать объективные знания об окружающем мире. Также знание физических законов необходимо для изучения других предметов. Это правильные слова для всех, кроме самих учащихся. Поэтому нужно им постоянно это доказывать, особенно для нефизических профилей, что создает определенные проблемы для учителей.

С психологическим аспектом обстоит еще сложнее. Дисциплина физика начинается с 7 класса. Она не похожа на другие дисциплины, и работа учителя максимальна направлена на то, чтобы заинтересовать, облегчить усвоение и научить работать по-новому. В классе учеников можно поделить следующим образом: есть способности и желание изучать, нет способностей, но есть желание, и нет желания. В 8 классе ученики определились со своими возможностями, но психологический момент остался прежним, ведь они еще не задумываются о будущем. А вот в 9 классе впереди экзамены. И уже возникает группа, которая собирается сдавать ОГЭ по физике. К этой группе присоединяются и те, кто ранее не хотел ее изучать и не имеет способностей. Начинается психологическая перестройка. А группа учеников, не сдающих физику, не намериваются ее учить.

В 10 классе учащиеся делятся на профили<sup>2</sup>. Возьмем гуманитарный профиль и технологический. В большинстве случаев в гуманитарном не учат, потому что им физика не нужна и в принципе она им дается очень сложно. В 11 классе в технологическом профиле появились те, кто не будет сдавать ЕГЭ по физике. И если рассмотреть в целом картину изучения физики к окончанию школы, то получится, что приблизительно 70 % учащихся физика не нужна.

Поэтому возникает вопрос о том, чтобы в 10 и 11 не просто поделить учеников на профили, а ввести абсолютный дифференцированный подход к разным дисциплинам. И этот подход должен быть введен централизованно, начиная с учебников. На данный момент существуют разные учебники. Но большинство школ работают по одному для всех профилей. Огромное количество параграфов, лабораторные работы, формулы и графики, соответствующий язык изложения. Все это практически не доступно учащимся нефизических профилей. Есть учебники для базового уровня, в которых, на мой взгляд, написано приемлемо для таких учеников. Однако все учебники составлены согласно современным образовательным стандартам и на данный момент от этого никуда не деться. Они не подходят для гуманитариев, даже с той позиции, что в обоих случаях есть слова про ЕГЭ. И это психологически отталкивает их от физики, ведь они и так не хотят, не могут в сфере своих способностей ее изучать: они захотели быть лингвистами или юристами, медиками, и физика действует на них угнетающе. Программа по физике в таких классах должна существенно отличаться от программы для классов с физико-математическим уклоном, коренным образом отличаться учебник. Нужна государственная программа, чтобы «сломать» психологический барьер, физика для гуманитариев, где исключаются все тормозящие и пугающие аспекты в этой науке.

Изменить можно разными способами. Ведь все учащиеся за три предыдущих года по физике все изучили. И для нефизических направлений можно упростить теорию, сделать акцент на междисциплинарные связи, на изучение и объяснение явлений природы с позиции физики. В отношении явлений природы сместить акцент с чисто научных и психологически страшных теорий на приемлемые другие взгляды: поэтические, художественные, исторические, юридические, в которых действительность предстает в ином свете. Например, при изучении ядерной физики можно рассмотреть радиацию через ее влияние на организм человека, вспомнить историю применения ядерного оружия, подумать о роли ученых в развитии этой области науки, об ответственности за сделанное открытие. Под конец 11 класса развить мысли, что физика представляет собой естественную базу для философских наук или, наоборот, это философия дает мощное орудие для познания окружающего мира. Рассмотреть организм человека с позиций того, что вся его работа основана на физических процессах, ведь есть такая наука, как биофизика. Или проводить командные

---

<sup>2</sup> См.: Тинина Е. В. Взаимодействие общего и высшего образования: процесс обучения в профильных классах на примере дисциплины «Физика» // Актуальные проблемы физики и технологии в образовании, науке и производстве : материалы II Всерос. науч.-практ. конф. / под ред. В. А. Степанова, О. В. Кузнецовой. Электрон. текстовые дан. (1 файл : 4,6 МВ). Рязань : Ряз. гос. ун-т им. С. А. Есенина, 2020. URL : <https://www.rsu.edu.ru/wp-content/uploads/2020/10/63239.pdf> (дата обращения: 25.02.2023).

игры. Получается и обучение, и развлечение, может быть, что-то и запомнится ученикам нефизических старших классов.

Если базировать преподавание на этих принципах, а не пересказывать сокращенно текст учебника, то получатся огромные временные затраты и увеличение нагрузки на педагога, потому что нет единой общей базы для таких уроков, учителю все нужно искать самому, а еще знать не только свой предмет, но и литературу, биологию, географию, обществознание. Одновременно пытаться учить учебник и проводить эти уроки времени в году нет. Такие отвлеченные мероприятия на данный момент являются небольшими вкраплениями в график. Даже если гуманитарии выучат урок по учебнику, они мало что понимают. Это не их язык, не их область знания. Это усложняет учебу, отрицательно влияет на них в целом, отвлекает от того, что им действительно нужно и важно. Психологически тяжело и им, и педагогу. А нужно, чтобы выпускники школ были образованными людьми во всех областях знаний. В современном мире информационных технологий такие знания не будут считаться поверхностными. Главное, что знания будут, и это ведь лучше, чем ничего. На данный момент педагоги сами ищут пути решения проблем, собственных и своих учеников.

#### ***Список использованных источников***

1. Тинина Е. В. Взаимодействие общего и высшего образования: процесс обучения в профильных классах на примере дисциплины «Физика» // Актуальные проблемы физики и технологии в образовании, науке и производстве : материалы II Всерос. науч.-практ. конф. / под ред. В. А. Степанова, О. В. Кузнецовой. — Электрон. текстовые дан. (1 файл : 4,6 МВ). — Рязань : Ряз. гос. ун-т им. С. А. Есенина, 2020. — URL : <https://www.rsu.edu.ru/wp-content/uploads/2020/10/63239.pdf> (дата обращения: 25.02.2023).

2. Тинина Е. В. Дисциплина «Физика» в условиях современного образования // Актуальные проблемы физики и технологии в образовании, науке и производстве : материалы IV Всерос. науч.-практ. конф., посвящ. 120-летию Александра Васильевича Пёрышкина / под ред. В. А. Степанова, О. В. Кузнецовой. — Электрон. текстовые дан. (1 файл : 9,02 МВ). — Рязань : Ряз. гос. ун-т им. С. А. Есенина, 2022. — URL : [https://www.rsu.edu.ru/wp-content/uploads/2022/09/71694\\_compressed.pdf](https://www.rsu.edu.ru/wp-content/uploads/2022/09/71694_compressed.pdf) (дата обращения: 01.03.2023).

#### ***Сведения об авторе***

***Тинина Елена Валериевна*** — кандидат технических наук, доцент ФГАОУ ВО «Рязанский институт (филиал) Московского политехнического университета» (Рязань).

## Раздел 2

# СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ В ОБЩЕМ, СРЕДНЕМ ПРОФЕССИОНАЛЬНОМ И ВЫСШЕМ ОБРАЗОВАНИИ

УДК 37.026.4

DOI: 10.37724/r2537-2916-3432-p

*Т. В. Дикова, Е. А. Смирнова*

### ИНФОГРАФИКА КАК ЦИФРОВОЙ ИНСТРУМЕНТ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ПРЕДМЕТА «ТЕХНОЛОГИЯ»

В статье рассматривается инфографика в качестве универсального способа передачи и усвоения информации. Анализируется основная причина, по которой визуальная информация получила наибольшую востребованность в системе современного образования.

*визуализация, информация, цифровые ресурсы, инфографика*

The article considers infographics as a universal way of transmitting and assimilating information. The main reason why visual information has received the greatest demand in the system of modern education is analyzed.

*visualization, information, digital resources, infographics*

В современном процессе обучения студентов информация, способы ее получения и освоения (или усвоения) играют одну из важных ролей. На протяжении последних десятилетий поиск необходимых сведений и их распространение изменился под влиянием цифровых технологий и применения цифровых инструментов. Инфографика как цифровой инструмент визуализации позволяет оперативно передавать аудитории информацию в виде яркого зрительного образа. Возникает зависимость от потребления данных визуально, и связано это с тем, что человеческое сознание не всегда успевает воспринимать и анализировать существующие потоки информации. В результате от перегрузок начинает формироваться новый тип потребления информации — «клиповое восприятие».

Обучающиеся получают фрагментарную информацию, останавливаясь более детально только на том, что их действительно интересует. Такой тип восприятия возникает в цепочке «изображение — тема — текст», развивая клиповое мышление. Анализируя информацию, аудитория воспринимает реальность в виде картинок. «Клиповое мышление — это мышление зрительно-слуховое, оперирующее прежде всего образами. При этом оценка этих образов происходит не с помощью рационального, а с помощью эмоционально-чувственного восприятия, то есть клип воспринимается, минуя аналитическую обработку»<sup>1</sup>.

Сейчас информация делается большей частью интерактивной. Обучение привыкло к такому методу его приема, и в повседневной педагогической практике новые подходы и методы обучения становятся неотъемлемой частью системы образования, включая новые технологии обучения, в том числе основанные на визуализации, увеличивающей возможности усвоения информации, делающей ее доступнее.

---

<sup>1</sup> Симакова С. И. Влияние новых технологий на визуальный контент журналистских материалов // Вестник Челябинского государственного университета. 2015. № 5 (360). URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-novyh-tehnologiy-na-vizualnyy-kontent-zhurnalistских-materialov> (дата обращения: 19.03.2023).

Визуализация представляется уникальным методом подачи информации в виде видеороликов, рисунков, фотографий, графики, диаграмм, структурных схем, таблиц, карт и т. д.

Ученые считают, что визуальные контенты быстрее достигают сознания обучающихся, так как способны вызвать в нем ассоциативные ряды.

Инфографика как средство визуализации информации в современной системе образования может наглядно раскрыть сущность проблематики любого сложного научно-практического исследования.

Целый текст можно заменить изображением, преподнести проблемную информацию в наглядном виде, просто объяснить сложности, быстро ориентироваться в объеме информации, закрепить знания по изучаемым предметам, проявить свои таланты и творческий потенциал; превратить учебный процесс в активную, мотивированную, эмоциональную познавательную деятельность.

«Основные требования к инфографике обусловлены качествами информации. С точки зрения информатики информация имеет такие важные и общие качественные свойства, как объективность, достоверность, полнота, точность, актуальность, полезность, ценность, своевременность, понятность, доступность, краткость и пр. Они в полном объеме применимы к информационной графике, которая, соответственно, должна быть объективная и точная, достоверная и полная (относительно заявленной темы), актуальная и полезная, своевременная и ценная (для всех или определенной группы лиц), понятная и доступная, краткая (лаконичная)»<sup>2</sup>.

Визуализация знания в образовательном процессе в настоящее время актуальна, как и раньше, изображение привлекает внимание больше, чем «чистый» текст. И использование инфографики позволяет легко понять материал посредством схемы, фотографии, рисунка (рис. 1).



Рис. 1. Визуализация информации при ознакомлении с понятием «инфографика»<sup>3</sup>

В современном понимании «инфографика» — простое и наглядное графическое представление информации о предметах, в том числе сложных взаимоотношениях между ними. Инфографикой называют и графический способ подачи информации, данных и знаний.

В условиях информационного перенасыщения появилась необходимость максимально прозрачной и быстрой передачи большого объема информации. Специалисты отметили, что текст объемом более 5 страниц легко помещается в один графический рисунок.

Согласно данным компании Меркатор, есть 4 принципа хорошей инфографики (рис. 2)<sup>4</sup>.

<sup>2</sup> Остриков С. В. Проектно-художественное моделирование инфографики: теоретические основы и принципы : дис. ... канд. техн. наук. М., 2014. 233 с.

<sup>3</sup> См.: Фомин В. Инфографика — раскрученный тренд или действенный инструмент? URL : [https://www.castcom.ru/publications/web/infografika\\_raskruchennyj\\_trend\\_ili\\_dejstvennyj\\_instrument.html](https://www.castcom.ru/publications/web/infografika_raskruchennyj_trend_ili_dejstvennyj_instrument.html) (дата обращения: 15.02.2023).

<sup>4</sup> См.: Шамин А. Инфографика: что это, для чего нужна, 4 принципа создания и 50 примеров. URL : <https://videozayac.ru/blog/infografika-cto-takoe-primery-programmy-principy/> (дата обращения: 15.02.2023).



Рис. 2. Принципы создания хорошей инфографики<sup>5</sup>

Чтобы визуализация аналитических данных приносила пользу для составления инфографики, следует опираться на следующие принципы:

- 1) один объем информации — одна проблема — одна цель — одна задача — один график;
- 2) логика отображения от большего объема к меньшему или обратно.

Применение инфографики как цифрового инструмента визуализации в образовательном процессе стало неотъемлемым признаком современности, оптимизируя и визуализируя большой поток информации, делая ее доступнее<sup>6</sup>. Акцентируя внимание аудитории, информация представляется содержательной и эмоционально окрашенной.

Инфографика становится актуальным инструментом освоения информации.

#### **Список использованных источников**

1. Дикова Т. В. Практико-ориентированные методы обучения : учеб.-метод. пособие. — Коломна : Гос. соц.-гуманит. ун-т, 2022. — 37 с.
2. Остриков С. В. Проектно-художественное моделирование инфографики: теоретические основы и принципы : дис. ... канд. техн. наук. — М., 2014. — 233 с.
3. Симакова С. И. Влияние новых технологий на визуальный контент журналистских материалов // Вестник Челябинского государственного университета. — 2015. — № 5 (360). — URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-novyh-tehnologiy-na-vizualnyy-kontent-zhurnalistских-materialov> (дата обращения: 19.03.2023).
4. Фомин В. Инфографика — раскрученный тренд или действенный инструмент? — URL : [https://www.castcom.ru/publications/web/infografika\\_raskruchennyj\\_trend\\_ili\\_dejstvennyj\\_instrument.html](https://www.castcom.ru/publications/web/infografika_raskruchennyj_trend_ili_dejstvennyj_instrument.html) (дата обращения: 15.02.2023).
5. Шамин А. Инфографика: что это, для чего нужна, 4 принципа создания и 50 примеров. — URL : <https://videozayac.ru/blog/infografika-что-такое-primery-programmy-principy/> (дата обращения: 15.02.2023).

#### **Сведения об авторах**

**Дикова Татьяна Владимировна** — доцент, ГОУ ВО МО «Государственный социально-гуманитарный университет» (Коломна).

**Смирнова Елена Алексеевна** — кандидат педагогических наук, доцент ГОУ ВО МО «Государственный социально-гуманитарный университет» (Коломна).

<sup>5</sup> См.: Шамин А. Инфографика: что это, для чего нужна, 4 принципа создания и 50 примеров.

<sup>6</sup> См.: Дикова Т. В. Практико-ориентированные методы обучения : учеб.-метод. пособие. Коломна : Гос. соц.-гуманит. ун-т, 2022. 37 с.

## ФОРМИРОВАНИЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ ГРАМОТНОСТИ НА УРОКАХ ТЕХНОЛОГИИ В 5–9 КЛАССАХ

В статье описывается формирование компьютерной грамотности посредством практического использования некоторых компьютерных программ в процессе обучения технологии в 5–9 классах.

*компьютерная грамотность, проектная деятельность, компьютерное моделирование, программное обеспечение, графическая информация, универсальные коммуникативные действия, универсальные познавательные действия*

The article deals with the development of computer literacy through the practical use of some computer programs in the process of teaching technology in 5–9 grades.

*computer literacy, project activity, computer simulations, software, graphic information, universal communicative activities, universal cognitive activities*

Обновленное содержание и современные методы обучения должны обеспечить обучающимся формирование навыка свободного владения персональным компьютером с целью использования цифровых инструментов и программных сервисов в будущей трудовой деятельности. Для этого выпускник школы должен обладать определенной информационной культурой, то есть набором правил поведения в компьютеризованном обществе<sup>1</sup>. Начинать обучение этому необходимо с младшего школьного возраста с целью дальнейшей социализации ребенка.

Руководствуясь пояснительной запиской к примерной рабочей программе основного общего образования по технологии для 5–9 классов образовательных организаций и изучив содержание программы, а также осуществляя реализацию межпредметных связей с информатикой и ИКТ при освоении в инвариантных и вариативных модулях информационных процессов сбора, хранения, преобразования и передачи информации, протекающих в технических системах, использовании программных сервисов, мы разработали практические задания по следующим модулям: «Производство и технологии», «Технологии обработки материалов и пищевых продуктов», «Компьютерная графика. Черчение», «3D-моделирование, прототипирование, макетирование»<sup>2</sup>.

Обучающихся 5–6 классов необходимо научить выполнять задания в Microsoft Word с целью понимания необходимости выработки знаково-символических средств как необходимого условия успешной проектной деятельности, например:

- знакомство с интерфейсом текстового редактора Microsoft Word,
- построение и редактирование таблиц в данном редакторе,
- редактирование текста в текстовом редакторе.

В ходе выполнения этих заданий обучающиеся овладеют:

– универсальными познавательными действиями (базовыми исследовательскими действиями), такими как формирование запросов к информационной системе с целью получения необходимой информации; оценивание полноты, достоверности и актуальности полученной информации;

– универсальными коммуникативными действиями (совместная деятельность), такими как понимание необходимости выработки знаково-символических средств как нужного условия успешной проектной деятельности<sup>3</sup>.

---

<sup>1</sup> См.: Емельянова Е. А. Формирование цифровой грамотности на уроках технологии // Молодой ученый. 2020. № 46. С. 399.

<sup>2</sup> См.: Примерная рабочая программа основного общего образования предмета «Технология»: одоб. решением федер. учеб.-метод. объединения по общ. образованию : протокол 5/22 от 25.08.2022. URL : [https://edsoo.ru/Primernaya\\_rabochaya\\_programma\\_osnovnogo\\_obschego\\_obrazovaniya\\_predmeta\\_Tehnologiya\\_proekt\\_.htm](https://edsoo.ru/Primernaya_rabochaya_programma_osnovnogo_obschego_obrazovaniya_predmeta_Tehnologiya_proekt_.htm) (дата обращения: 19.03.2023).

<sup>3</sup> См.: Левкович О. А., Шелкоплясов Е. С., Шелкоплясова Т. Н. Основы компьютерной грамотности. М. : ТетраСистемс, 2021. С. 69.





Умея создавать предметы в 3D-редакторах в программе Sweet Home 3D, можно легко смоделировать даже самые смелые мечты касательно ремонта и эксклюзивного оформления интерьера вашего дома, при этом существенно сэкономив на консультации с дизайнером. Sweet Home 3D сочетает в себе черты довольно мощного инструмента для 3D-проектирования и предельную простоту использования, что поможет каждому пользователю почувствовать себя настоящим дизайнером интерьера.

#### ***Список использованных источников***

1. Емельянова Е. А. Формирование цифровой грамотности на уроках технологии // Молодой ученый. — 2020. — № 46. — С. 399–401.
2. Левкович О. А., Шелкоплясов Е. С., Шелкоплясова Т. Н. Основы компьютерной грамотности. — М. : ТетраСистемс, 2021. — 528 с.
3. Примерная рабочая программа основного общего образования предмета «Технология» : одобр. решением федер. учеб.-метод. объединения по общ. образованию : протокол 5/22 от 25.08.2022. — URL : [https://edsoo.ru/Primernaya\\_rabochaya\\_programma\\_osnovnogo\\_obschego\\_obrazovaniya\\_predmeta\\_Tehnologiya\\_proekt\\_.htm](https://edsoo.ru/Primernaya_rabochaya_programma_osnovnogo_obschego_obrazovaniya_predmeta_Tehnologiya_proekt_.htm) (дата обращения: 19.03.2023).

#### ***Сведения об авторе***

***Пташкина Галина Михайловна*** — старший преподаватель ФГБОУ ВО «Рязанский государственный университет имени С. А. Есенина» (Рязань).

## Раздел 3

# АКТУАЛЬНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИИ В ОБЛАСТИ НАУКИ, ПРОИЗВОДСТВА И МЕДИЦИНЫ

УДК 621.315.592

DOI: 10.37724/s3102-8554-0435-c

*С. А. Антонова, Н. Б. Рыбин,  
Н. В. Рыбина, В. В. Трегулов*

### ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ СТРУКТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ СЛОЕВ ПОРИСТОГО КРЕМНИЯ, ВЫРАЩЕННЫХ МЕТОДОМ МЕТАЛЛ-СТИМУЛИРОВАННОГО ТРАВЛЕНИЯ\*

В статье описаны результаты исследования структуры поверхности слоев пористого кремния с помощью методов двумерного флуктуационного анализа с исключенным трендом и средней взаимной информации.

*пористый кремний, двумерный флуктуационный анализ с исключенным трендом, средняя взаимная информация*

The article describes the results of a study of the surface structure of porous silicon layers using methods of two-dimensional detrended fluctuation analysis and average mutual information.

*porous silicon, 2D-detrended fluctuation analysis, average mutual information*

Пористый кремний — перспективный полупроводниковый материал современной микро- и нанoeлектроники, что связано с его уникальными свойствами. Пористый кремний (ПК) представляет собой форму химического элемента кремния, который имеет нанопоры в своей микро-структуре<sup>1</sup>.

В данной работе исследования структуры слоев ПК проводились методами двумерного флуктуационного анализа с исключенным трендом (2D DFA) и средней взаимной информации (СВИ)<sup>2</sup>, которые позволяют выявлять степень упорядоченности, информационную емкость структуры, определять значения корреляционных векторов в структуре твердотельных материалов.

Образцы № 1–4 ПК выращены с помощью металл-стимулированным травлением в три этапа. На первом этапе в растворе  $\text{Ag}_2\text{SO}_4(0,01 \text{ M})$ :  $\text{HF}(46 \%)$ :  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(92 \%)$  на поверхность кремниевой пластины осаждались серебряные частицы. На втором в растворе  $\text{H}_2\text{O}_2(1,24 \text{ M})$ :  $\text{HF}(46 \%)$ :  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(92 \%)$  формировался пористый слой. Третий этап представлял собой отмывку образцов в концентрированной  $\text{HNO}_3$  в течение 15 мин.

Времена первого этапа для образцов 1–4 составляли 20, 60, 60 и 12 с, второго этапа — 20, 15, 15 и 60 мин соответственно. При получении образца 4 на втором этапе применен травитель  $\text{KMnO}_4(0,04 \text{ M})$ :  $\text{HF}(46 \%)$ :  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(92 \%)$ .

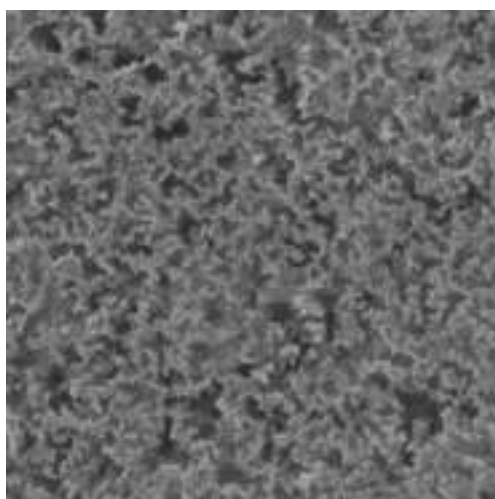
---

\* Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (FSSN-2020-0003) с использованием оборудования Регионального центра зондовой микроскопии коллективного пользования Рязанского государственного радиотехнического университета имени В. Ф. Уткина.

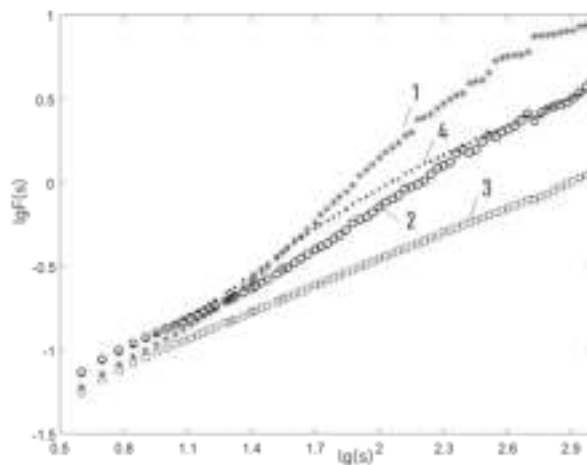
<sup>1</sup> См.: Юраков Ю. А., Леньшин А. С., Середин П. В. Получение пористого кремния : учеб.-метод. пособие. Воронеж : ВГУ, 2014. 24 с.

<sup>2</sup> См.: Вихров С. П., Рыбина Н. В., Бодягин Н. В. [и др.]. Самоорганизующиеся структуры в электронике : моногр. Рязань : ИП Жуков В. Ю., 2017. 168 с.

Далее методами 2D DFA и СВИ исследовались изображения поверхностей образцов ПК, полученные с помощью растрового электронного микроскопа (РЭМ) JEOL JSM6610LV (пример изображения поверхности образца № 3 приведен на рисунке *а*). Метод 2D DFA позволяет получить информацию о типах корреляций в структуре по наклону начального участка зависимости флуктуационной функции  $F$  от пространственного масштаба  $s$  (скейлинговый показатель) и период гармонических составляющих поверхности по перегибам функции  $F(s)$  (корреляционный вектор)<sup>3</sup>. Функции  $F(s)$  для исследованных образцов представлены на рисунке *б*. Метод СВИ позволяет получить значения максимальной взаимной информации, характеризующей информационную емкость структуры, и средней взаимной информации, характеризующей степень упорядоченности структуры. В таблице приведены результаты расчета параметров для всех образцов.



*а*



*б*

Рис. Изображения поверхности образца № 3 ПК, размерами 5x5 мкм (*а*); зависимость  $F(s)$  для образцов 1–4 (*б*)

Таблица

Результаты исследования образцов ПК методами 2D DFA и СВИ

| № образца | Корреляционный вектор $d \pm 0,05$ , мкм | Скейлинговый показатель $\alpha$ | Средняя взаимная информация | Максимальная взаимная информация |
|-----------|--|----------------------------------|-----------------------------|----------------------------------|
| 1         | 2,51                                     | 0,59                             | 0,0010                      | 0,471                            |
| 2         | 0,35; 1,26; 1,77; 2,81                   | 0,74                             | 0,0011                      | 0,512                            |
| 3         | 2,51                                     | 0,73                             | 0,0012                      | 0,581                            |
| 4         | 0,10; 1,77; 2,69;                        | 0,72                             | 0,0011                      | 0,529                            |

Способ изготовления пленок ПК существенно влиял на их морфологию и структуру. Формирование серебряных частиц в течение 20 с и отсутствие дополнительных травителей не привели к серьезным изменениям рельефа. Визуально он представлял собой однородную шероховатость. Для остальных образцов рельеф стал более развитым, появились фракталоподобные структуры на поверхности.

Результаты исследования образцов методом 2D DFA показывают наличие длительных и нестепенных корреляций в структуре. Для образцов 2–4 скейлинговый показатель выше, чем для образца 1 (0,72–0,74), что говорит о повышении упорядоченности в структуре. Для образцов 1 и 3 наблюдается единственный корреляционный вектор одинаковой величины. Таким образом,

<sup>3</sup> См.: Вихров С. П., Рыбина Н. В., Бодягин Н. В. [и др.]. Самоорганизующиеся структуры в электронике. 168 с.

несмотря на то что морфология поверхности этих образцов сильно различается, с помощью метода 2D DFA удалось выявить схожие корреляционные свойства. У образцов 2 и 4 найдено несколько корреляционных векторов. С учетом погрешности, связанной с методом исследования рельефа поверхности и особенностями дальнейшей обработки, они имеют два одинаковых корреляционных вектора (1,77 и 2,69–2,81).

Результаты исследования пленок ПК методом СВИ показали, что все образцы принадлежат к категории структур с низкой упорядоченностью. Значения СВИ практически не отличаются друг от друга, что говорит о близкой степени упорядоченности структуры пленок. Значения МВИ для первого образца попадают в группу структур с низкими информационной емкостью и энтропией, остальные образцы — в группу со средними информационной емкостью и энтропией. Более длительное формирование металлических частиц и использование в травителе  $\text{KMnO}_4$  приводят к повышению информационной емкости, что выражается в наличии более развитого рельефа.

#### *Список использованных источников*

1. Вихров С. П., Рыбина Н. В., Бодягин Н. В. [и др.]. Самоорганизующиеся структуры в электронике : моногр. — Рязань : ИП Жуков В. Ю., 2017. — 168 с.
2. Юраков Ю. А., Леньшин А. С., Середин П. В. Получение пористого кремния : учеб.-метод. пособие. — Воронеж : Воронеж. гос. ун-т, 2014. — 24 с.

#### *Сведения об авторах*

*Антонова Светлана Андреевна* — магистрант ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет имени В. Ф. Уткина».

*Рыбин Николай Борисович* — кандидат физико-математических наук, доцент ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет имени В. Ф. Уткина».

*Рыбина Наталья Владимировна* — кандидат физико-математических наук, доцент ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет имени В. Ф. Уткина».

*Трегулов Вадим Викторович* — кандидат технических наук, доцент ФГБОУ ВО «Рязанский государственный университет имени С. А. Есенина».

УДК 543.51

*П. В. Бугров, А. Г. Ширяев, Н. В. Коненков*

### **ЧАСТОТНЫЙ СПЕКТР КОЛЕБАНИЙ ИОНОВ В ЛИНЕЙНЫХ МУЛЬТИПОЛЯХ**

Исследуется частотный спектр колебаний ионов в гексаполе, квадруполе, декаполе и додекаполе методом быстрого Фурье-преобразования траекторий ионов. Спектр колебаний ионов формируется в относительно узкой полосе частот, причем смещается в сторону низких частот при увеличении порядка мультиполя. Границы полосы частот убывают экспоненциально с ростом порядка мультиполя.

*частотный спектр, мультиполь, масс-спектрометрия, ускорители*

The frequency spectrum of ion oscillations in hexapole, quadrupole, decapole and dodecapole is investigated by the method of fast Fourier transform of ion trajectories. The spectrum of ion oscillations is formed in a relatively narrow frequency band, and it shifts towards low frequencies with an increase in the order of the multipole. The frequency band boundaries decrease exponentially with increasing order of multipole.

*frequency spectrum, multipole, mass spectrometry, accelerators*

---

© Бугров П. В., Ширяев А. Г., Коненков Н. В., 2023

## Введение

Линейные мультипольные электрические поля создаются системой  $2p$  параллельных электродов, где  $p$  — порядок мультиполя:  $p = 2$  (квадруполь),  $p = 3$  (гексаполь),  $p = 4$  (октуполь),  $p = 5$  (декаполь),  $p = 6$  (додекаполь) и т. д. Сечение идеальной формы электродов мультиполя порядка  $p$  описывается уравнением  $Re[z^p] = r_0^p$ , где  $r_0$  — конструктивный параметр, равный радиусу вписанной окружности между вершинами электродов (рис. 1),  $z = x + iy$  — комплексная координата. Часто используются в качестве электродов цилиндрические круглые стержни радиуса  $r = r_0/(p - 1)$ <sup>1</sup>. На электроды подают попарно ВЧ напряжение  $\pm V \cos \Omega t$  (рис. 1).

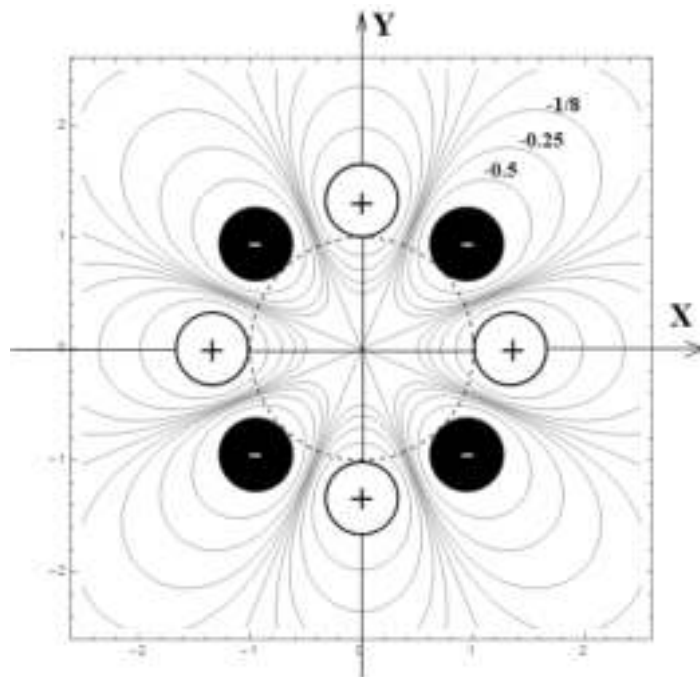


Рис. 1. Распределение потенциалов октуполя ( $p = 4$ ), формируемое круглыми электродами с потенциалами  $\pm 1$  Вольт. На (+) стержни подают напряжение  $+V \cos \Omega t$  и на (-) стержни подают напряжение  $-V \cos \Omega t$ .

Мультипольные поля находят широкое применение в масс-спектрометрии<sup>2</sup>, в изучении ионно-молекулярных реакций<sup>3</sup>, в ускорителях<sup>4</sup>, при создании квантовых компьютеров и квантовых часов<sup>5</sup>. Поэтому изучение спектра частот колебаний в мультипольных полях представляется актуальным, поскольку частоты колебаний ионов являются важной характеристикой движения ионов.

<sup>1</sup> Q. v.: Hagg C., Szabo I. New ion-optical devices utilizing oscillatory Electric fields. I. Stability of ion motion in a two-dimensional hexapole field // International Journal of Mass Spectrometry and Ion Processes. 1986. N 13. Pp. 237–275, 271–294, 295–312 ; Gerlich D. Inhomogeneous RF Fields: A Versatile Tool for the Study of Processes with Slow Ions // Advances in Chemical Physics. Hoboken : John Wiley & Sons Ltd., 2007. Pp. 1–176; Szilagyai M. Electron and Ion Optics. N. Y. ; L. : Plenum Press, 1975. Pp. 51–70 ; Konenkov A. N., Douglas D. J., Konenkov N. V. Spatial harmonics of linear multipoles with round electrodes // International Journal of Mass Spectrometry. 2010. N 289. Pp. 144–149.

<sup>2</sup> Q. v.: Quadrupole Mass Spectrometry and Its Applications // P. H. Dawson (ed.). Woodbury : AIP Press, 1995. P. 349.

<sup>3</sup> Q. v.: Gerlich D. Inhomogeneous RF Fields: A Versatile Tool for the Study of Processes with Slow Ions.

<sup>4</sup> Q. v.: Lunney M. D., Moore R. B. Cooling of mass-separated beams using a radiofrequency quadrupole ion guide // International Journal of Mass Spectrometry. 1999. N 190/191. Pp.153–160.

<sup>5</sup> Q. v.: Wester R. Radiofrequency multipole traps: Tools for spectroscopy and dynamics of cold molecular ions. Journal of Physics. B : Atomic Molecular Optical Physics. 2009. N 42 ; Marciante M., Champenois C., Pedregosa-Gutierrez J., Calisti A., Knoop M. Parallel ion strings in linear multipole traps // Physical Review A. Febr., 2011 ; Стин А. Квантовый информационный процессор с ионными ловушками : приложение. Journal of Physics. B. 1997. N 64 (6). Pp. 623–643 ; Cirac J. I., Zoller P. Квантовые вычисления с холодными захваченными ионами // Physical Review Letters. 1995. N 74 (20). Pp. 4091–4094.

## Метод

В квадрупольном поле в области стабильности частоты колебаний ионов выражаются аналитически <sup>6</sup>:  $\omega_n = \left| n + \frac{\beta}{2} \right| \Omega$ ,  $n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$ ,  $\omega_n$  — частотный спектр колебаний ионов,  $\beta = \beta_x$  или  $\beta = \beta_y$  — характеристические показатели при движении ионов по  $x$  или  $y$  координате. Безразмерный спектр частот  $\nu_n = \frac{\omega_n}{\Omega} = \left| n + \frac{\beta}{2} \right|$  устанавливает связь между частотами колебаний ионов  $\omega_n$  и частотой ВЧ генератора  $\Omega$ . Поскольку мультипольные поля нелинейные и связаны, то для нахождения безразмерных частот  $\nu_n$  необходимо записать уравнения движения ионов в безразмерной форме. Далее численными методами решаем уравнения движения для ансамбля ионов, характеризуемые случайными начальными условиями. По рассчитанным траекториям методом быстрого Фурье-преобразования (БФП) рассчитываем спектр колебаний для данной траектории <sup>7</sup>.

Потенциал мультиполя порядка  $p$  равен <sup>8</sup>:

$$\Phi_p(x, y) = V \cos \Omega t \operatorname{Re} \left[ \frac{x+iy}{r_0} \right]^p \quad (1).$$

Напряженности электрических полей  $E_x$  и  $E_y$  равны минус градиенту  $\Phi_p(x, y)$ :

$$E_x(x, y, t) = - \frac{\partial \Phi_p(x, y)}{\partial x} = - V \cos \Omega t \frac{p}{r_0} \operatorname{Re} \left[ \frac{x+iy}{r_0} \right]^{p-1}, \quad (2)$$

$$E_y(x, y, t) = - \frac{\partial \Phi_p(x, y)}{\partial y} = - V \cos \Omega t \frac{p}{r_0} \operatorname{Re} \left[ \frac{ix-y}{r_0} \right]^{p-1}. \quad (3)$$

Используя второй закон Ньютона, запишем уравнения движения по двум координатам

$$m \frac{\partial^2 x}{\partial t^2} + e V \cos \Omega t \frac{p}{r_0} \operatorname{Re} \left[ \frac{x+iy}{r_0} \right]^{p-1} = 0, \quad (4) \quad m \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} + e V \cos \Omega t \frac{p}{r_0} \operatorname{Re} \left[ \frac{ix-y}{r_0} \right]^{p-1} \quad (5)$$

Введем безразмерные переменные

$$\tilde{x} = \frac{x}{r_0}; \tilde{y} = \frac{y}{r_0}; \xi = \frac{\Omega t}{p}, \text{ тогда } \frac{\partial^2 x}{\partial t^2} = r_0 \frac{\Omega^2}{p^2} \frac{\partial^2 \tilde{x}}{\partial \xi^2}.$$

Подставляя новые переменные в (2) и (3) приходим к уравнениям движения ионов в безразмерном виде:

$$\frac{\partial^2 \tilde{x}}{\partial \xi^2} + 2q_p \cos p(\xi - \xi_0) \operatorname{Re}[\tilde{x} + i\tilde{y}]^{p-1}; \frac{\partial^2 \tilde{y}}{\partial \xi^2} + 2q_p \cos p(\xi - \xi_0) \operatorname{Re}[i\tilde{x} - \tilde{y}]^{p-1}. \quad (6)$$

Заметим, что в разных источниках <sup>9</sup> определяется по-разному безразмерное время  $\xi$ , и поэтому вид уравнений (6) движения различный. Здесь  $\xi_0$  — начальная фаза, определенная на периоде  $2\pi/p$ . Для Фурье-преобразования траекторий ионов в зависимости от  $\xi$  установим связь между частотами  $\omega_n$  и  $\Omega$ . Для этого запишем  $\cos \nu_n \xi = \cos \nu_n \frac{\Omega t}{p} = \cos \omega_n t$ , откуда  $\omega_n = \nu_n \frac{\Omega}{p}$ . Безразмерные частоты  $\nu_n$  находим методом БФП <sup>10</sup>. В расчетах использовалось программное обеспечение Mathematica-10, позволяющее оперировать комплексными переменными. Начальные значения координат и скоростей задавались гауссовым случайным распределением с дисперсией  $\sigma_x$  и  $\sigma_y$  соответственно. Дисперсия  $\sigma_y$  соответствует распределению Максвелла по скоростям ионов с температурой  $T = 300 \text{ K}$ .

<sup>6</sup> Q. v.: *Quadrupole Mass Spectrometry and Its Applications*. P. 349.

<sup>7</sup> Q. v.: *Wolfram Research // Mathematica. Version 10.0.0. Champaign, 2013.*

<sup>8</sup> Q. v.: Hagg C., Szabo I. *New ion-optical devices utilizing oscillatory Electric fields. I. Stability of ion motion in a two-dimensional hexapole field*; Gerlich D. *Inhomogeneous RF Fields: A Versatile Tool for the Study of Processes with Slow Ions*; Szilagy M. *Electron and Ion Optics*; Konenkov A. N., Douglas D. J., Konenkov N. V. *Spatial harmonics of linear multipoles with round electrodes.*

<sup>9</sup> Q. v.: Hagg C., Szabo I. *New ion-optical devices utilizing oscillatory Electric fields. I. Stability of ion motion in a two-dimensional hexapole field*; Gerlich D. *Inhomogeneous RF Fields: A Versatile Tool for the Study of Processes with Slow Ions.*

<sup>10</sup> Q. v.: *Wolfram Research // Mathematica. Version 10.0.0. Champaign, 2013.*

## Результаты

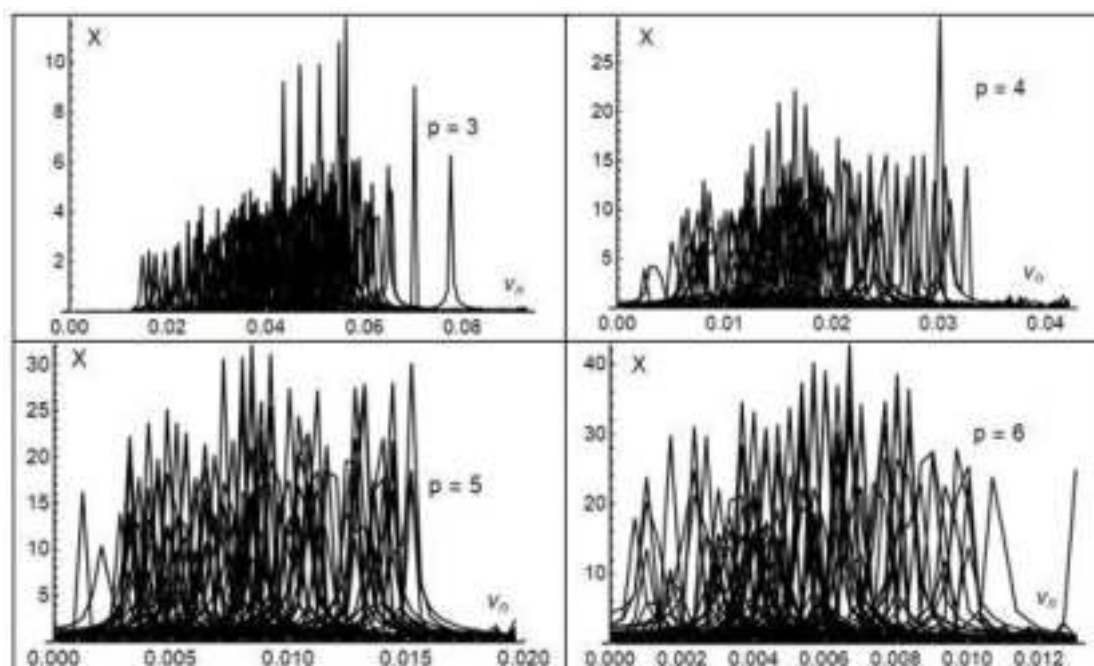


Рис. 2. Спектры частот  $\nu_n$  колебаний ионов значений  $p = 3, 4, 5, 6$  порядка мультиполя

На рисунке 2 приведены спектры безразмерных частот  $\nu_n = \omega_n/\Omega$  колебаний ионов в мультиполях указанного порядка при  $q = 1$ . Спектры получены при расчете 100 траекторий на интервале  $(0, 1500\pi)$  при начальных условиях с дисперсией  $\sigma_x = \sigma_y = 0,01r_0$  и температуре ионов  $T = 300\text{ K}$ . Поскольку траектории ионов в сильной мере зависят от начальных условий в силу нелинейности мультипольных полей<sup>11</sup>, то спектр частот ансамбля ионов лежит в некоторой нечетко определенной полосе частот  $\Delta\nu_n$ . С увеличением порядка  $p$  частоты колебаний ионов уменьшаются.

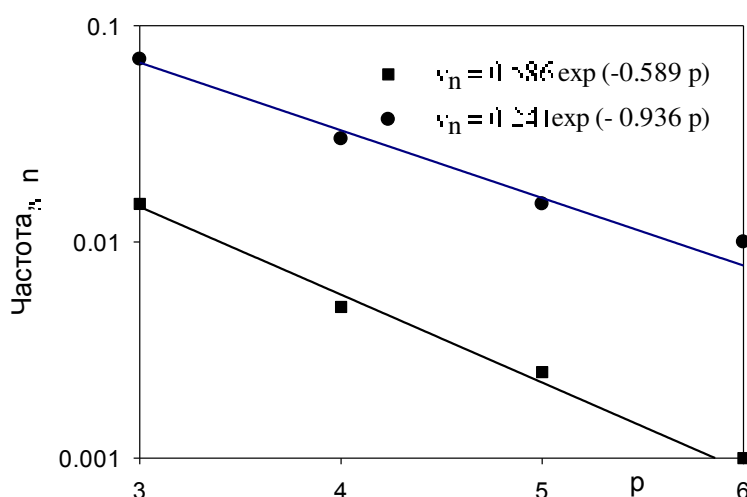


Рис. 3. Полоса возбуждаемых частот колебаний ионов в зависимости от порядка  $p$ , границы которой можно грубо описать уравнениями  $\nu_n \cong 0,241 \exp(-0,936p)$  (нижняя частота) и  $\nu_n \cong 0,586 \exp(-0,589p)$ .

<sup>11</sup> Q. v.: Hagg C., Szabo I. New ion-optical devices utilizing oscillatory Electric fields. I. Stability of ion motion in a two-dimensional hexapole field.



Из рисунка 3 следует, что границы полосы частот убывают по экспоненциальному закону с изменением порядка  $p$  мультиполя. Теоретически это трудно обосновать, поэтому поставленную задачу можно решить путем численного моделирования. Частотный спектр имеет вид шумового сигнала в конечной полосе частот из-за зависимости колебаний от начальных условий. Ориентировочно средние частоты колебаний ионов составляют: для гексаполя —  $\omega \sim \Omega/20$ , для октуполя —  $\omega \sim \Omega/50$ , для декаполя —  $\omega \sim \Omega/100$  и для додекаполя —  $\omega \sim \Omega/200$ . Поэтому для эффективного взаимодействия ионов с молекулами газа в линейных ионных ловушках частота  $f = 2\pi\Omega$  составляет порядка 10 МГц<sup>12</sup>.

### Заключение

Спектр частот колебаний ионов имеет характер шума в низкочастотной области вследствие зависимости вида траекторий от начальных условий: начальной фазы влета, начальных координат и скоростей. Полосы частот сильно зависят от порядка мультиполя  $p$  и приблизительно составляют  $\Delta\omega \approx (0,015 - 0,07)\Omega$  ( $p = 3$ );  $\Delta\omega \approx (0,005 - 0,03)\Omega$  ( $p = 4$ );  $\Delta\omega \approx (0,0025 - 0,015)\Omega$  ( $p = 5$ );  $\Delta\omega \approx (0,001 - 0,01)\Omega$  ( $p = 6$ ).

### Список использованных источников

1. Стин А. Квантовый информационный процессор с ионными ловушками : приложение. — Journal of Physics. B. — 1997. — N 64 (6). — Pp. 623–643.
2. Cirac J. I., Zoller P. Квантовые вычисления с холодными захваченными ионами // Physical Review Letters. — 1995. — N 74 (20). — Pp. 4091–4094.
3. Gerlich D. Inhomogeneous RF Fields: A Versatile Tool for the Study of Processes with Slow Ions // Advances in Chemical Physics. — Hoboken : John Wiley & Sons Ltd., 2007. — Pp. 1–176.
4. Hagg C., Szabo I. New ion-optical devices utilizing oscillatory Electric fields. I. Stability of ion motion in a two-dimensional hexapole field // International Journal of Mass Spectrometry and Ion Processes. — 1986. — N 13. — Pp. 237–275, 271–294, 295–312.
5. Konenkov A. N., Douglas D. J., Konenkov N. V. Spatial harmonics of linear multipoles with round electrodes // International Journal of Mass Spectrometry. — 2010. — N 289. — Pp. 144–149.
6. Lunney M. D., Moore R. B. Cooling of mass-separated beams using a radiofrequency quadrupole ion guide // International Journal of Mass Spectrometry. — 1999. — N 190/19. — Pp. 153–160.
7. Marciante M., Champenois C., Pedregosa-Gutierrez J., Calisti A., Knoop M. Parallel ion strings in linear multipole traps // Physical Review A. — Febr., 2011.
8. Quadrupole Mass Spectrometry and Its Applications // P. H. Dawson (ed.). — Woodbury : AIP Press, 1995. — P. 349.
9. Szilagy M. Electron and Ion Optics. — N. Y. ; L. : Plenum Press, 1975. — Pp. 51–70.
10. Wester, R. Radiofrequency multipole traps: Tools for spectroscopy and dynamics of cold molecular ions // Journal of Physics. B : Atomic Molecular Optical Physics. — 2009. — N 42.
11. Wolfram Research // Mathematica. — Version 10.0.0. — Champaign, 2013.

### Сведения об авторах

**Бугров Павел Владимирович** — аспирант, инженер ФГБОУ ВО «Рязанский государственный университет имени С. А. Есенина» (Рязань).

**Ширяев Алексей Георгиевич** — ректор АНОВО «Современный технический университет» (Рязань).

**Коненков Николай Витальевич** — доктор физико-математических наук, профессор ФГБОУ ВО «Рязанский государственный университет имени С. А. Есенина» (Рязань).

<sup>12</sup> Q. v.: Wester R. Radiofrequency multipole traps: Tools for spectroscopy and dynamics of cold molecular ions.

## ВЛИЯНИЕ ВСТРОЕННЫХ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ НА СПЕКТРЫ ФОТО- И ЭЛЕКТРОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ СВЕТОДИОДНЫХ ГЕТЕРОСТРУКТУР СО МКЯ $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}/\text{GaN}$

Получены спектры фото- и электролюминесценции светодиодных гетероструктур с тремя и пятью квантовыми ямами (КЯ)  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}/\text{GaN}$  в активной области. Фотолуминесценция возбуждалась лазером с длиной волны излучения 405 нм при комнатной температуре. Спектры электролюминесценции были получены при постоянном токе со значениями в диапазоне от 4 до 12 мА с шагом 2 мА. На основании численного самосогласованного решения уравнения Шредингера и электронейтральности Пуассона получены значения энергетических уровней и распределение плотности основных носителей заряда в одиночной КЯ  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}/\text{GaN}$ . Результаты расчетов позволили связать наблюдаемые в спектрах фото- и электролюминесценции пики с межзонными переходами основных носителей заряда в КЯ  $\text{InGaN}$ .

*лазеры, гетероструктуры, фотолуминесценция, межзонные переходы*

Photo- and electroluminescence spectra of LED heterostructures with three and five  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}/\text{GaN}$  quantum wells (QW) in the active region were obtained. Photoluminescence was excited by a laser with a wavelength of 405 nm at room temperature. Electroluminescence spectra were obtained at direct current with values ranging from 4 to 12 mA in 2 mA increments. Based on the numerical self-consistent solution of the Schrodinger equation and the Poisson electroneutrality, the values of energy levels and the density distribution of the main charge carriers in a single QW  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}/\text{GaN}$  are obtained. The results of the calculations made it possible to identify the peaks observed in the photo- and electroluminescence spectra with the interband transitions of the main charge carriers in the  $\text{InGaN}$  QW.

*lasers, heterostructures, photoluminescence, interband transitions*

Исследования нитридов III группы, структур с гетеропереходами и разработки светодиодов на основе гетероструктур со множественными квантовыми ямами (МКЯ)  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}/\text{GaN}$  за последнее десятилетие создали перспективу замены ламп накаливания и люминесцентных ламп светодиодными излучателями.

В данной статье исследуется влияние встроенных пьезоэлектрических полей на спектры фото- и электролюминесценции гетероструктур с тремя и пятью квантовыми ямами/квантовыми барьерами КЯ/КБ  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}/\text{GaN}$ . Объектом исследования является типичная для светодиодных гетероструктур с квантовыми ямами  $\text{InGaN}/\text{GaN}$  в *p-n*-переходе GaN слоевая структура<sup>1</sup>.

Для определения формы волновых функций и значений энергетических уровней в КЯ  $\text{InGaN}$  производилось самосогласованное решение одномерного уравнения Пуассона для электростатического потенциала и одномерного уравнения Шредингера в приближении эффективной массы в форме БенДаниэла — Дюка<sup>2</sup>. Для расчетов использовался метод функций Грина, основанный на приближении эффективной массы и электрон-электронном взаимодействии в условиях действия самосогласованного потенциала Хартри — Фока<sup>3</sup>. На основании самосогласованного решения системы уравнений рассчитывалась зонная диаграмма гетероструктур с тремя и пятью КЯ/КБ  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}/\text{GaN}$  (2,5 нм/15 нм и 3 нм/12 нм). В качестве начальных приближений для само-

<sup>1</sup> См.: Бурмистров Е. Р., Авакянц Л. П. Терагерцевая спектроскопия с временным разрешением (THz-TDs) светодиодных гетероструктур с тремя и пятью квантовыми ямами  $\text{InGaN}/\text{GaN}$  // ЖЭТФ. 2023. № 5. С. 23–34.

<sup>2</sup> Q.v.: BenDaniel D. J., Duke C. B. Space-Charge Effects on Electron Tunneling // Physical Review. 1966. Vol. 152. 683 p.

<sup>3</sup> Q.v.: Indlekofer K. M., Dona E., Malindretos J. [et al.]. Modelling of Polarization Charge-Induced Asymmetry of I–V Characteristics of AlN/GaN-Based Resonant Tunnelling Structures // Physical Status Solidi B. 2002. Vol. 769.

согласованного расчета использовались результаты (энергии и волновые функции), полученные аналитически для приближения треугольной КЯ  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}/\text{GaN}$ . Все вычисления были проведены для концентрации основных носителей  $N = 2.2 \cdot 10^{12} \text{ см}^{-2}$  при  $T = 300 \text{ К}$ .

Численное решение уравнения Шредингера показало, что в КЯ  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}/\text{GaN}$  шириной 2,5 и 3 нм заселены только два энергетических уровня с энергиями  $E_0 = 2,2 \text{ эВ}$  и  $E_1 = 3,4 \text{ эВ}$ , а также  $E_0 = 2,7 \text{ эВ}$  и  $E_1 = 3,1 \text{ эВ}$ . Отношение энергетического разрыва валентной зоны и зоны проводимости на гетерогранице  $\text{InGaN}/\text{GaN}$   $\Delta E_c : \Delta E_v$  составило 70:30. Энергия отсчитывалась от потолка валентной зоны. Решение уравнения Пуассона позволило установить, что потенциальный профиль одиночной КЯ  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}/\text{GaN}$  приближен к треугольному. Воздействие пьезоэлектрической и спонтанной поляризации приводит к искривлению потенциального рельефа, что, в свою очередь, сопровождается неравномерным сдвигом энергетических уровней вдоль всей активной области гетероструктур  $\text{InGaN}/\text{AlGaIn}/\text{GaN}$  (эффект Штарка).

При возбуждении гетероструктур с тремя и пятью КЯ светом, квант энергии которого равен 3,1 эВ (405 нм), в спектрах фотолюминесценции наблюдаются пики на длине волны 460 нм (2,7 эВ) и 493 нм (2,5 эВ). Светоизлучающие полосы на длине волны 460 и 493 нм соответствуют переходу в КЯ  $\text{InGaN}$  между невозбужденными дырочными и электронными уровнями валентной зоны и зоны проводимости  $E_{1el/h}$ . Таким образом, при увеличении ширины КЯ от 2,5 до 3 нм длина волны излучения возрастает от 460 до 493 нм.

В нашей работе получены спектры электролюминесценции гетероструктур с тремя и пятью КЯ  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}/\text{GaN}$  в диапазоне токов  $J = 4 — 12 \text{ мА}$  с шагом 2 мА при комнатной температуре. В спектрах электролюминесценции гетероструктур с тремя и пятью КЯ  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}/\text{GaN}$  основной максимум расположен при 460 (2,7 эВ) и 493 нм (2,5 эВ). Данный максимум также соответствует рекомбинации основных носителей в КЯ между невозбужденными дырочными и электронными уровнями валентной зоны и зоны проводимости. При увеличении тока от 8 до 12 мА максимум в спектрах электролюминесценции смещается в коротковолновую область. В случае гетероструктур с тремя КЯ от 460 до 457 нм, а в случае гетероструктур с пятью КЯ от 493 до 488 нм. При этом интенсивность электролюминесценции возрастает. Наблюдаемое синее смещение связано с частичным экранированием встроенного пьезоэлектрического поля носителями заряда. С ростом числа КЯ в активной области гетероструктур интенсивность электролюминесценции растет.

#### **Список использованных источников**

1. Бурмистров Е. Р. Авакянц Л. П. Терагерцевая спектроскопия с временным разрешением (THz-TDs) светодиодных гетероструктур с тремя и пятью квантовыми ямами  $\text{InGaIn}/\text{GaIn}$  // ЖЭТФ. — 2023. — № 5 — С. 23–34.
2. BenDaniel D. J., Duke C. B. Space-Charge Effects on Electron Tunneling // Physical Review. — 1966. — Vol. 152. — 683 p.
3. Indlekofer K. M., Dona E., Malindretos J. [et al.]. Modelling of Polarization Charge-Induced Asymmetry of I–V Characteristics of  $\text{AlN}/\text{GaIn}$ -Based Resonant Tunneling Structures // Physical Status Solidi B. — 2002. — V. 769.

#### **Сведения об авторах**

**Авакянц Лев Павлович** — доктор физико-математических наук, профессор ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова» (Москва).

**Бурмистров Евгений Романович** — аспирант, ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова» (Москва).

**Сохранний Петр Евгеньевич** — студент, ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова» (Москва).

## ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ПРИБОРЫ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

В статье предлагается использование сенсоров УФ-излучения. Описывается применение полупроводниковых структур на основе эпитаксиальных слоев GaP.

*физика, полупроводники, сенсоры, ультрафиолетовое излучение*

The paper proposes the use of ultraviolet radiation sensors. The application of semiconductor structures based on epitaxial GaP layers is described.

*physics, semiconductors, sensors, ultraviolet radiation*

Беспилотные летательные аппараты разрабатываются с середины XX века. Большое распространение произошло в последние десятилетия в бытовых условиях, геологоразведке, кинематографе, поисково-спасательных работах и в армии. Многофункциональные и разнообразные беспилотники используют технические и полупроводниковые системы для расчетов полета, управления, обработки и передачи данных. Это осуществляется с помощью датчиков и навесного оборудования. Предлагается использование GaP сенсоров.

Повышенный интерес к приемникам УФ-излучения обусловлен дефицитом малогабаритных детекторов излучения в видимой и других областях спектра. В качестве фотоприемника целесообразно применение полупроводниковых структур на основе эпитаксиальных слоев GaP.

Одним из основных параметров полупроводников, применяемых при разработке сенсоров УФ-излучения, является широкая запрещенная зона ( $E_g \geq 3,0$  эВ), исключающая чувствительность к видимой и ИК-области спектра. Важна высокая стабильность таких структур при высокой интенсивности ( $\sim 10^2$  Вт/м<sup>2</sup>) и длительности (от  $3,6 \cdot 10^5$  с) без значимых признаков деградации, для целей дистанционного зондирования в лидар-системах.

В то же время GaP, как и популярные кремниевые сенсоры, относятся к непрямозонным полупроводникам, что предполагает особенный характер поведения их коэффициентов поглощения и отражения УФ-диапазона прозрачности атмосферы. Для существенного уменьшения указанных параметров на лабораторном оборудовании потребуется водородный источник излучения, монохроматор и приемник излучения.

Развивается модель формирования индуцированных квантовых точек в GaP образцах, которая может обеспечить снижение фактора непрямозонности за счет дисперсии по волновому числу  $k$  в соответствии с соотношением неопределенности Гейзенберга. Основанием для модифицирования механизма такого рода может служить гомогенный или гетерогенный характер формирования центров нуклеализации в матрице образцов GaP.

### *Сведения об авторе*

**Воронков Максим Александрович** — аспирант института физико-математических и компьютерных наук ФГБОУ ВО «Рязанский государственный университет имени С. А. Есенина» (Рязань).

*Е. В. Овчинникова, А. И. Кудюкин, В. А. Степанов,  
А. А. Артюшина, К. И. Бобровский,  
А. Т. Ротт, Е. А. Осокин*

## **ВАКУУМНЫЕ МЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКИЕ ДУГОГАСИТЕЛЬНЫЕ КАМЕРЫ (КДВ) И ТЕХНОЛОГИЯ ИХ ИЗГОТОВЛЕНИЯ**

В статье приведены конструкция и параметры вакуумной металлокерамической дугогасительной камеры (КДВ) и описаны технологические процессы ее изготовления.

*дугогасительная камера, металлокерамика, параметры, откачка, тренировка, пайка в водороде, вакуум, процесс, оболочка, электрод, сильфон, фланцы, контакты*

The article describes the design and parameters of the vacuum ceramic metal arc suppression chamber and describes the technological processes of their manufacture.

*arc suppression chamber, cermet, parameters, pumping, training, soldering in hydrogen, vacuum, process, shell, electrode, bellows, flanges, contacts*

### **Введение**

Камера вакуумная дугогасительная (КДВ) является важным элементом для коммутационной аппаратуры в цепях с высоким напряжением. Данный прибор относится к вакуумной электротехнике. Его действие основано на принципах гашения электрической дуги переменного тока в вакууме<sup>1</sup>.

Современные КДВ занимают лидирующие позиции в силовоточной коммутационной аппаратуре среднего класса напряжений 10–35 кВ.

КДВ воплощается сегодня часто с использованием металлокерамического корпуса, внутри которого создается вакуум и реализуется механическое размыкание и смыкание контактов, что приводит к зажиганию и затуханию дуги. Корпус с торцов изолируется фланцами из металла, которые соединены с выводами тока подвижного и неподвижного контактов, находящихся внутри. Разделение контактных поверхностей в разряженной среде не допускает их электрического и химического разрушения, что приводит к достижению наилучшей эрозийной стойкости контактов. Максимальная надежность КДВ достигается сегодня у вакуумных выключателей.

Благодаря хорошим изоляционным свойствам у вакуума, появляется возможность для уменьшения расстояния между контактными поверхностями, сокращения амплитуды колебания сифонного узла, жестко связанного с подвижным контактом. Их размыкание производится приложением внешнего усилия к выводу тока подвижного контакта.

### **1. Конструкция вакуумных дугогасительных камер (КДВ)**

Экранная конструкция КДВ выполнена так, чтобы защитить внутреннюю поверхность изолирующего корпуса от попадания на них металлических паров и частиц, поступающих в промежуток при горении дуги (рис. 1).

---

<sup>1</sup> См.: Попов Н. А. Вакуумные выключатели : Состояние и перспективы развития. М. ; Л. : Энергия, 1965. 112 с. ; Белкин Г. С., Воскресенский С. Н., Киселев В. Я. [и др.]. Разработка новых контактных материалов для вакуумных выключателей // Электротехническая промышленность. Сер. «Аппараты высокого напряжения, трансформаторы, силовые конденсаторы». 1975. Вып. 5 (49). С. 17–19.

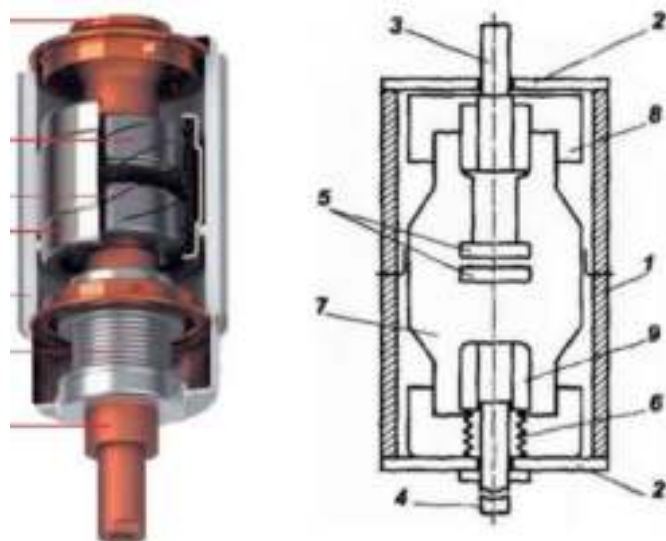


Рис. 1. Схема вакуумной дугогасительной камеры.

Простейшая вакуумная камера состоит из следующих частей:

- 1 — керамическая оболочка; 2 — стальные торцевые фланцы; 3 — неподвижный контакт; 4 — подвижный контакт; 5 — электрод; 6 — стальной ребристый силфон; 7, 8, 9 — экраны

В положении «включено» электроды прижаты друг к другу пружиной привода с силой около 3000 Н. В процессе отключения контакты размыкают со скоростью около 1,5 м/с. Зажигающая дуга обеспечивается парами металлов в отдельных наиболее нагретых точках. Испаряемые атомы металла непрерывно покидают дуговой промежуток и конденсируются на поверхности центрального экрана, изолированного от электродов, что защищает изолирующую оболочку от оседания частиц металла и образования проводящих дорожек. Когда ток приближается к нулю, дуга угасает и парообразование прекращается. Если скорость восстанавливающейся электрической прочности промежутка превышает скорость постоянного высокого напряжения (ПВН), цепь оказывается разомкнутой.

Отключающая способность вакуумной камеры зависит от материала и конструкции электродов, устройства экранов, определяющих пространственное распределение напряженности электрического поля внутри и вне камеры. В новейших конструкциях применяют контакты большого диаметра (до 18 см), установленные так, что в процессе отключения создается продольное магнитное поле, параллельное дуге. При этом уменьшается напряжение дуги и, следовательно, энергия, выделяемая в дуговом промежутке; увеличивается отключающая способность, эрозия контактов минимальна.

## 2. Технологический процесс производства дугогасительных камер

Все изготавливаемые КДВ подвергаются испытаниям после откачки и отпайки в статическом режиме с контактами, разведенными на расстояние, равное их номинальному ходу (от 3 до 6 мм), в соответствии с существующими нормами. Выдержавшими испытания, то есть годными, считаются только те камеры, в которых при указанном испытательном напряжении в течение 1 мин не наблюдается свечения в контактном промежутке и пробоев, регистрируемых на осциллографе.

Для обеспечения надежности работы вакуумных дугогасительных камер в реальной высоковольтной аппаратуре с КДВ проводятся необходимые соответствующие испытания. Приборы многократно испытываются не только при номинальных значениях тока и напряжения, но и при значениях, превышающих их, с целью установления предельной отключающей способности. Реальные испытания показали, что все типы камер могут отключать гораздо большие токи. КДВ должны успешно отключать токи при восстанавливаемом напряжении, иногда в несколько раз превышающем номинальное.

Необходимые (требуемые) режимы работы приборов обеспечиваются соблюдением жестких режимов (условий) технологических маршрутов производства КДВ.

### 3. Технологический маршрут производства КДВ

1. Откачка по ТЦФК.6020000007<sup>2</sup>.
    - 1а. Крацевание — механическая обработка (для камер в штенгельном исполнении).
    - 1б. Допускается выполнение опрессовки в гелии 24 ч.
  2. Пайка-откачка в вакуумной печи Schmetz камер и разрядников в бесштенгельном исполнении.
  3. Испытание изоляции по ТЦФК.6020000004<sup>3</sup>.
  4. Измерение давления остаточного газа внутри камеры по ТЦФК.60200000010. (обычным или магнетронным методом)<sup>4</sup>.
  5. Опрессовка в среде гелия — 24 ч.
  6. Испытание изоляции по ТЦФК.6020000004<sup>5</sup>.
  7. Измерение давления остаточного газа внутри камеры (магнетронным методом  $U = 2$  кВ,  $I = 6$  А, применяется для камер, имеющих средний шов; для других камер давление измеряется по ТЦФК.60200000010.
    - 7.1а. Для камер, у которых  $70 > I > 30$  мкА, «тренировка постоянным током» по ТЦФК.60200000003 (для камер, тренировка которых разрешена на установке), «тренировка высоким напряжением» по ТЦФК.60200000008.
    - 7.1б. Если параметры по  $I > 30$  мкА, камеры дополнительно опрессовываются от 12 до 24 часов (испытания по п. 5–6, далее по маршруту, если параметры в норме).
    - 7.1с. Если параметры по току  $70 > I > 30$  мкА, то камеры выставляются 1,5–2 ч или применяется дополнительная опрессовка.
  - 7.2. Если параметры по току  $150 > I > 70$  мкА, то камеры выдерживаются в течение 1,5–2 ч, проводится дополнительная опрессовка в гелии от 12 до 24 ч, выполняются операции п. 6–7.
  - 7.3. Если параметры по току  $I > 150$  мкА или камеры не регулируются при подаче высокого напряжения, то вскрываются и передаются на проверку течеискателю.
8. Пережим металлического штенгеля (для штенгельных камер).
9. Крацевание — механическая обработка изделия. (Операция для камер в бесштенгельном исполнении производится по мере необходимости — следы окисления).
10. Тренировка постоянным током по ТЦФК.60200000003. (для камер, тренировка которых разрешена на установке).
11. Тренировка высоким напряжением по ТЦФК.60200000008. (Допускается выполнение п. 9–10 после п. 2–3 (или 5–6)). Для камер в штенгельном исполнении перед тренировкой по п. 9–10 выполняется операция «Крацевание»:
  - для штенгельных камер, прошедших повторную откачку, тренировка по п. 9–10 производится только по указанию технолога;
  - производится дополнительный замер давления по п. 6 после оп. 10 для 2–3 камер партии.
12. Измерение электрического сопротивления по ТЦФК.60200000005. (Замер производится выборочно на 2–3 штуках от партии; при наличии камер с предельным сопротивлением или с сопротивлением  $> N$  производится замер всей партии камер и сообщается об этом технологу).
13. Покрытие эмалью по ТЦФК.6027300001 (для камер с покрытием).
14. Нанесение лаковых покрытий (для КДВМ-21, для камер и разрядников в бесштенгельном исполнении).
15. Заливка колпачка по ТЦФК.6020000006 для камер с защитным колпачком.

<sup>2</sup> См.: Мулин В. В. Физические процессы в вакуумных дугогасительных камерах и технические условия их разработки, производства и эксплуатации : автореф. дис. ... д-ра техн. наук. Саратов, 2015. 32 с.

<sup>3</sup> См.: ГОСТ 3.110–2011. Единая система технологической документации (ЕСТД). Стадии разработки и виды документов. Общие положения.

<sup>4</sup> См.: Мулин В. В. Физические процессы в вакуумных дугогасительных камерах ...

<sup>5</sup> См. там же.

16. Гальваническое покрытие (серебрение) по ТЦФК.6027100001 для камер, у которых предусмотрено покрытие по чертежу.
17. Покрытие эмалью по ТЦФК.6027300001 (для камер с покрытием).
18. Испытание изоляции по ТЦФК.6020000004.
19. Измерение давления остаточного газа внутри камеры по ТЦФК.6 020000010 для камер, подлежащих заливке висксинтом.
20. Измерение электрического сопротивления по ТЦФК.6020000005., к. п. 19.
21. Заливка камер по ТЦФК.6020000006 для к. п. 19
22. Нарезка резьбы (допускается выполнение операции на любом этапе).
23. Защита сильфона силиконовой смазкой.
24. Сборка фланцем.
25. Подготовка внешнего вида по ТЦФК.72202 00002 (для бесштенгельного и штенгельного исполнения).
26. Испытания изоляции по ТЦФК.6020000004.
27. Измерение давления остаточного газа внутри камеры по ТЦФК.6020000010. (бесштенгельное исполнение).
28. Измерение электрического сопротивления по ТЦФК.6020000005 (штенгельное исполнение).
29. Контроль размеров по ГЧ (цеховые испытания совмещаются с замерами ОТК).
30. Технический контроль по ТУ.
31. Упаковка по ТУ.

### **Заключение**

Разработаны конструкция (серия от нескольких единиц до 110 кВ) и технология производства надежных вакуумных металлокерамических дугогасительных камер для коммутационной аппаратуры высоковольтных цепей в энергетике, транспорте и многих других отраслях промышленности.

### **Список использованных источников**

1. ГОСТ Р 52565–2006. Выключатели переменного тока на напряжения от 3 до 750 кВ. Общие технические условия.
2. ГОСТ 3.110–2011. Единая система технологической документации (ЕСТД). Стадии разработки и виды документов. Общие положения.
3. Белкин Г. С., Воскресенский С. Н., Киселев В. Я. [и др.]. Разработка новых контактных материалов для вакуумных выключателей // Электротехническая промышленность. Сер. «Аппараты высокого напряжения, трансформаторы, силовые конденсаторы». — 1975. — Вып. 5 (49). — С. 17–19.
4. Мулин В. В. Физические процессы в вакуумных дугогасительных камерах и технические условия их разработки, производства и эксплуатации : автореф. дис. ... д-ра техн. наук. — Саратов, 2015. — 32 с.
5. Попов Н. А. Вакуумные выключатели : Состояние и перспективы развития — М. ; Л. : Энергия, 1965. — 112 с.

### **Сведения об авторах**

**Елена Вадимовна Овчинникова** — кандидат технических наук, доцент ФГБОУ ВО «Рязанский государственный университет имени С. А. Есенина» (Рязань).

**Александр Игоревич Кудюкин** — преподаватель ФГБОУ ВО «Рязанский государственный университет имени С. А. Есенина» (Рязань).

**Владимир Анатольевич Степанов** — доктор физико-математических наук, профессор ФГБОУ ВО «Рязанский государственный университет имени С. А. Есенина» (Рязань).

**Артюшина Анастасия** — ФГБОУ ВО «Рязанский государственный университет имени С. А. Есенина» (Рязань).

**Константин Ильич Бобровский** — директор ООО «Вакуумные технологии» (Рязань).

**Адольф Тимофеевич Ротт** — научный руководитель ООО «Вакуумные технологии» (Рязань).

**Евгений Александрович Осокин** — главный механик ООО «Вакуумные технологии» (Рязань).



## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВОЛНОВОДНОГО СО<sub>2</sub>-ЛАЗЕРА С ПОПЕРЕЧНЫМ ВЧ ВОЗБУЖДЕНИЕМ С ПОМОЩЬЮ 3D-МЕТОДОВ**

Работа посвящена описанию подхода к 3D-проектированию волноводного СО<sub>2</sub>-лазера с использованием патентных методов исследования.

*лазер, волновод, патент, возбуждение, проектирование, система, резонатор, швеллер, генерация*

The work is devoted to the description of the approach to 3D design of a waveguide CO<sub>2</sub>-laser using patent research methods.

*laser, waveguide, patent, excitation, design, system, resonator, channel, generation*

### **Введение**

Газоразрядные СО<sub>2</sub>-лазеры являются одним из наиболее представительных классов лазеров. С помощью СО<sub>2</sub>-лазера достигнуты большие успехи в технологии обработки материалов. Сегодня нет ни одной отрасли знаний и промышленности, которая бы обходилась без широкого применения этих лазеров. Постоянное расширение областей применения, конкурентная борьба заставляет специалистов ведущих фирм разрабатывать новые и непрерывно совершенствовать уже созданные образцы СО<sub>2</sub>-лазеров. В результате на рынке промышленных образцов СО<sub>2</sub>-лазеров лидирующее место сегодня заняли компактные цельнометаллические конструкции приборов, среди которых особенно выделяются волноводные СО<sub>2</sub>-лазеры с поперечным высокочастотным возбуждением и применением прецизионного проката алюминиевых сплавов, современных методов формообразования, прогрессивных технологий высокогерметичных соединений<sup>1</sup>. В связи с этим исследования в данной статье цельнометаллического волноводного СО<sub>2</sub>-лазера с использованием отечественных прецизионных алюминиевых профилей является своевременной и актуальной задачей<sup>2</sup>. Отсюда необходимость в разработке СО<sub>2</sub>-лазеров, отвечающих этим требованиям.

### **Конструкция цельнометаллического СО<sub>2</sub>-лазера**

Основные особенности построения нового поколения цельнометаллических конструкций волноводных СО<sub>2</sub>-лазеров рассмотрены на примере патентов<sup>3</sup>. Внешний вид созданного в рамках 3D-проектирования, поперечного сечения конструкции линейного цельнометаллического волноводного СО<sub>2</sub>-лазера с поперечным высокочастотным возбуждением, корпус и активный элемент которого выполнены на отечественных прецизионных профилях из алюминиевых сплавов, представлен на рисунке 1.

---

<sup>1</sup> См.: Патент США. № 2, 065, 238, клБН01S3/03. 1996 ; Патент США. № 4, 805, 182, кл372/82. 1989 ; Патент США. № 5, 953, 360, кл372/82. 1989.

<sup>2</sup> См.: Паюров А. Я., Кюн В. В., Румянцев Р. С., Степанов В. А., Федоров М. А. 3D-проектирование волноводного СО<sub>2</sub>-лазера с поперечным ВЧ возбуждением // Актуальные проблемы физики и технологии в образовании, науке и производстве : сб. тр. III Всесоюз. науч.-практ. конф. Рязань : Ряз. гос. ун-т им. С. А. Есенина, 2021. С. 94–97.

<sup>3</sup> См.: Патент США. № 2 ; Патент США. № 4.

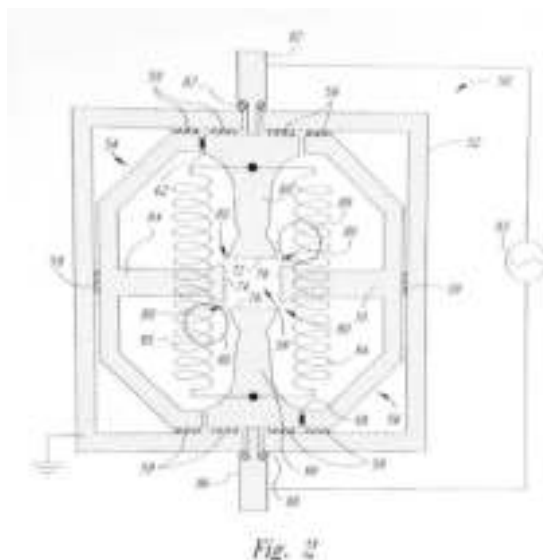


Рис. 1. Вид поперечного сечения цельнометаллического волноводного  $\text{CO}_2$ -лазера с поперечным высокочастотным (ВЧ) возбуждением: 50 — лазер; 52 — корпус; 54, 56 — высокочувствительные электроды; 60, 66 — фиксаторы электродов; 59 — блок изолированных прокладок; 58 — лазерное (газоразрядное) пространство

Волноводный газовый лазер (50) работает следующим образом. Возбуждаемые источником питания через входную линию 82, электроды 54 и 56 формируют плазму разряда в пространстве лазерного пучка 58 (ось лазера), поперечное сечение которого изображено на рисунке 1 и содержит заполненный газом корпус 52, внутри которого расположены два высокочастотных электрода 54 и 56, внутри изоляторов 59, фиксаторы электродов 60 и 66, образующие волноводный канал 58, входную линию 82.

К достоинствам рассматриваемой конструкции излучателя следует отнести применение прецизионных отечественных профилей из алюминиевых сплавов: корпус, рабочие электроды. Поверхность электродов покрывается оксидом алюминия ( $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ ). Выбранное симметричное поперечное сечение корпуса лазера обеспечивает устойчивость к внешним воздействиям, компактность лазера в целом и надежность его возбуждения.

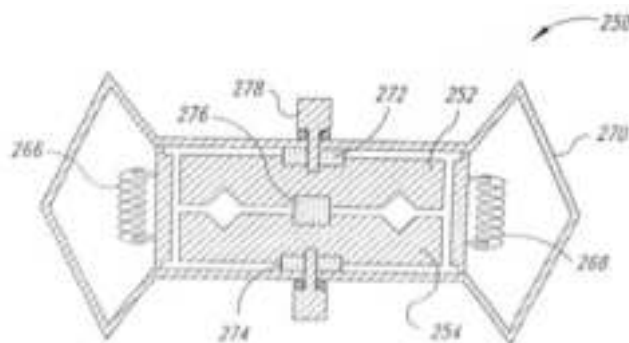


Рис. 2. Вид в разрезе по линии А–А волноводного газового  $\text{CO}_2$ -лазера (250–50).

Корпус газового  $\text{CO}_2$ -лазера, представленного под номером 250 идентичен газовому лазеру под номером 50 (см. рис. 1). Корпус лазера 270 включает электроды 252 и 254 и согласующие катушки индуктивности 266 и 258. Электроды 252 и 254 поддерживаются и изолируются керамическими проставками 272 и 274 в корпусе лазера 270. Центральный керамический разделитель 276 обеспечивает фиксацию электродов 252 и 254 на нужное расстояние друг от друга. Первый и второй электроды 252, 254 соединены кабелями 278 и 279 с ВЧ источником питания 280,

чтобы подавать напряжение на первый электрод 252 и второй электрод 254 через катушки 266 и 268. Электроды 252 и 254 формируют четыре стороны каждого из секторов 258 и 262.

Таким образом, газовый лазер (250) обеспечивает более эффективную лазерную генерацию, чем лазеры-прототипы, схожие с обсуждаемой моделью, представленной на рисунке 1. Имеются возможности совмещения источника ВЧ возбуждения и излучателя. В то же время для сборки разрядных каналов-волноводов необходимо использовать дорогостоящие керамические пластины-изоляторы. Общая площадь поверхностей и условия тепловых контактов снижают эффективность охлаждения, не обеспечивают эксплуатацию лазеров при повышенных температурах, особенно при воздушном охлаждении.

Изометрическая проекция  $\text{CO}_2$ -лазера с Z-образным лазерным резонатором <sup>4</sup>, представлена на рисунке 3.

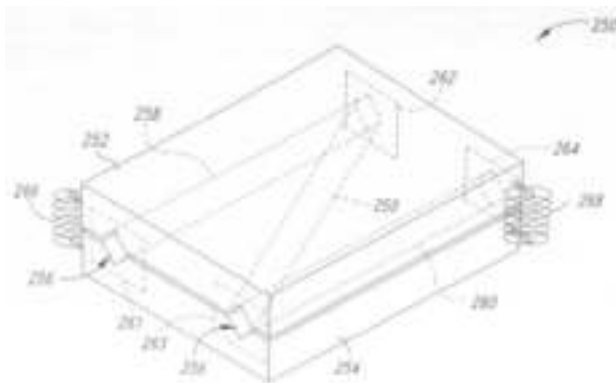


Рис. 3. Изометрическая проекция волноводного газового лазера

В газовом лазере 250 (см. рис. 3) электроды 252 и 254 формируют разрядный канал 256 в виде буквы Z с тремя секциями 258, 259 и 260. Зеркала 261, 262, возможно частично 263 и 264, расположенные на торцах разрядного канала 258 и 262, образуют Z-образный лазерный резонатор 256. Любое из зеркал 261–264 может быть частично отражающим для вывода излучения из резонатора. Набор комплектов индуктивностей 266 и 268, соединенных с электродами 252 и 254, обеспечивает двухфазное возбуждение газа в Z-образном разрядном (лазерном) канале 256, конструкция которого реализована нами <sup>5</sup>.

### **Технологические аспекты герметизации, термовакуумной обработки цельнометаллического волноводного $\text{CO}_2$ -лазера**

Традиционными методами герметизации конструкции нового поколения газоразрядных  $\text{CO}_2$ -лазеров являются и остаются достаточно широко распространенные различные виды лазерной (плазменной) сварки и пайки. Эти способы соединений отличаются предельно низкой газопроницаемостью и газоотделением. В последние годы стали активно использоваться для этих целей различные виды уплотнений и клеевых соединений, что обусловлено появлением и применением новых материалов и технологий.

### **Заключение**

Представлены некоторые результаты 3D-проектирования цельнометаллического волноводного  $\text{CO}_2$ -лазера с поперечным ВЧ возбуждением, в конструкции которого использованы отечественные алюминиевые профили.

<sup>4</sup> См.: Патент США. № 5, 953, 360, кл372/82, 1989.

<sup>5</sup> См.: Паюров А. Я., Кюн В. В., Румянцев Р. С., Степанов В. А., Федоров М. А. 3D-проектирование волноводного  $\text{CO}_2$ -лазера с поперечным ВЧ возбуждением.

### Список использованных источников

1. Патент США. № 2, 065, 238, клБН01S3/03. 1996.
2. Патент США. № 4, 805, 182, кл372/82. 1989.
3. Патент США. № 5, 953, 360, кл372/82. 1989.
4. Паюров А. Я., Кюн В. В., Румянцев Р. С., Степанов В. А., Федоров М. А. 3D-проектирование волноводного CO<sub>2</sub>-лазера с поперечным ВЧ возбуждением // Актуальные проблемы физики и технологии в образовании, науке и производстве : сб. тр. III Всесоюз. науч.-практ. конф. — Рязань : Ряз. гос. ун-т им. С. А. Есенина, 2021. С. 94–97.

### Сведения об авторах

**Паюров Александр Яковлевич** — ведущий специалист АО «Плазма» (Рязань).

**Кюн Валерий Владимирович** — кандидат физико-математических наук, руководитель Лазерного центра АО «Плазма» (Рязань).

**Румянцев Руслан Сергеевич** — инженер-конструктор АО «Плазма» (Рязань).

**Степанов Владимир Анатольевич** — доктор физико-математических наук, профессор ФГБОУ ВО «Рязанский государственный университет имени С. А. Есенина» (Рязань).

**Федоров Михаил Александрович** — инженер АО «Плазма» (Рязань).

УДК 538.958:535.8

DOI: 10.37724/w0673-7049-8102-g

**В. В. Трегулов, А. И. Иванов**

## ИССЛЕДОВАНИЕ ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ ПЛЕНОК ПОРИСТОГО КРЕМНИЯ, СОДЕРЖАЩИХ НАНОЧАСТИЦЫ НИКЕЛЯ

Статья посвящена исследованию фотолюминесценции полупроводниковых структур с пленкой пористого кремния и осажденными наночастицами никеля. Рассмотрены причины, влияющие на вид спектров люминесценции образцов.

*пористый кремний, фотолюминесценция, наночастицы металлов, безызлучательная рекомбинация*

The paper investigates the photoluminescence of semiconductor structures with a porous silicon film and deposited nickel nanoparticles. The factors affecting the luminescence spectra shape are considered.

*porous silicon, photoluminescence, metal nanoparticles, non-radiative recombination*

В настоящее время наблюдается повышенный интерес к наноматериалам, обладающим уникальными свойствами. Одним из них является пористый кремний (por-Si). Благодаря исследованиям, проведенным Л. Кэнхемом, было обнаружено, что por-Si обладает эффективной фотолюминесценцией (ФЛ) в видимой области спектра и является привлекательным для применения в оптоэлектронике<sup>1</sup>. Осаждение частиц никеля (Ni) на поверхность пленки por-Si может быть использовано для управления параметрами ФЛ подобных структур, что позволяет создавать на их основе устройства хранения данных<sup>2</sup>. В связи с этим изучение полупроводниковых структур с пленками por-Si, содержащими наночастицы Ni, является актуальным. Цель данной работы состоит в исследовании особенностей спектров люминесценции экспериментальных образцов.

<sup>1</sup> Q. v.: Amdouni S., Rahmani M., Zaibi M.-A. Enhancement of porous silicon photoluminescence by electroless deposition of nickel // Journal of Luminescence. 2015. N 157.

<sup>2</sup> См.: Середин П. В. Фотолюминесцентные свойства пористого кремния и способы их модификации // Молодой ученый. 2012. № 10 (45).

Для изготовления экспериментальных образцов использовались монокристаллические кремниевые подложки n-типа проводимости с удельным сопротивлением 4,5 Ом·см и ориентацией поверхности (100). Пленка por-Si формировалась методом анодного электрохимического травления в электролите HF:C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH с соотношением компонентов 1:1. Травление проводилось при освещении фронтальной поверхности кремниевой пластины галогенной лампой. Плотность тока составляла 20 мА/см<sup>2</sup>, длительность травления — 15 мин. Для осаждения никеля использовался метод катодного электрохимического осаждения. Кремниевая пластина с пленкой por-Si выступала в качестве катода, анодом являлся графитовый стержень. Осаждение никеля проводилось из электролита NiSO<sub>4</sub> (213 г/л): NiCl<sub>2</sub> (25 г/л): H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> (25 г/л) при плотности тока 20 мА/см<sup>2</sup>. Было изготовлено 4 образца: для образца № 1 осаждение никеля в пленку por-Si не производилось, для образцов № 2, 3 и 4 длительность осаждения никеля составляла 5, 10 и 15 мин соответственно.

Измерение спектров ФЛ проводилось с помощью спектрометра inVia фирмы Renishaw. Для возбуждения ФЛ использовался лазер с длиной волны 785 нм. Спектры ФЛ образцов № 1–4 показаны на рисунке. На спектрах ФЛ всех образцов вблизи длины волны 820 нм есть узкая спектральная линия (показана стрелкой на рис. а). Это линия первого порядка комбинационного рассеяния света кремния, которая определяется фундаментальным колебанием.

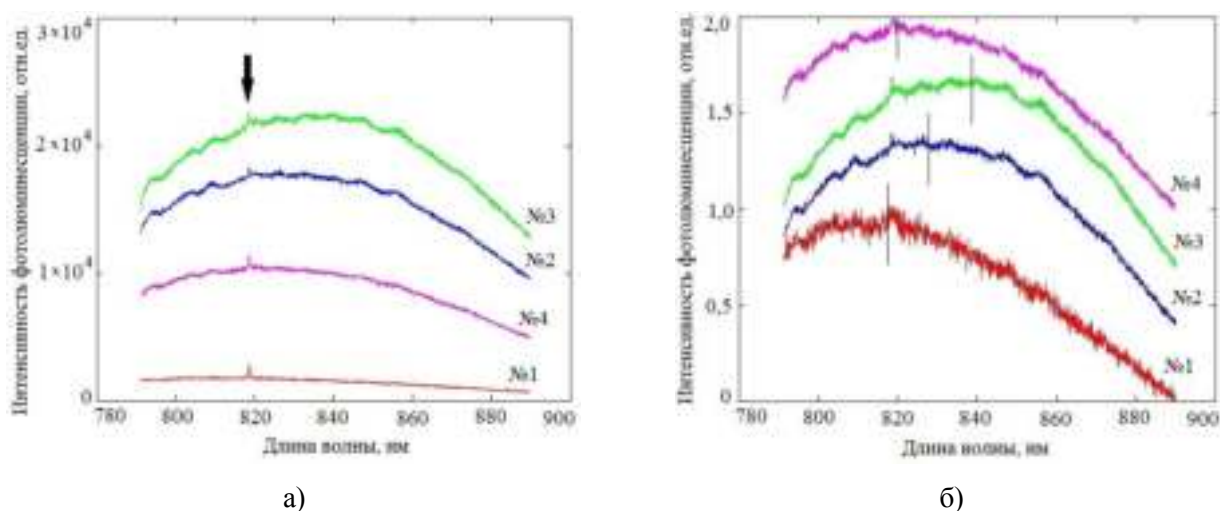


Рис. Спектры ФЛ образцов № 1–4: а) в абсолютных единицах,

б) нормированные спектры (вертикальными линиями обозначены положения максимумов ФЛ)

Из анализа спектров ФЛ следует, что при осаждении Ni продолжительностью до 10 мин интенсивность ФЛ образцов № 2 и 3 значительно увеличивается по сравнению с образцом № 1. Этот эффект может быть объяснен образованием новых центров люминесценции в процессе осаждения Ni, а также возникновением плазмонного резонанса на границе раздела подложки и кластеров металлических частиц, разделенных тонким слоем оксида кремния (SiO<sub>2</sub>)<sup>3</sup>. Кроме того, при малом времени осаждения Ni излучательная рекомбинация преобладает над безызлучательной, что дополнительно сказывается на росте интенсивности ФЛ.

Дальнейшее осаждение Ni приводит к снижению интенсивности ФЛ (образец № 4), однако она остается существенно выше, чем для исходного слоя por-Si (образец № 1). Одной из причин этого может являться рост концентрации Ni в слое por-Si с увеличением времени осаждения, вызывающий эффект экранирования падающего излучения<sup>4</sup>. Кроме того, увеличение времени осаждения частиц Ni приводит к росту содержания SiO<sub>x</sub> и, соответственно, увеличению вклада центров безызлучательной рекомбинации, снижающих эффективность ФЛ<sup>5</sup>.

<sup>3</sup> Q. v.: Granitzer P, Rumpf K., Poelt P. Magnetic Characteristics of Ni-Filled Luminescent Porous Silicon // *Frontiers in Chemistry*. 2019. N 7 (41).

<sup>4</sup> См.: Долгий А. Л., Прицепя С. Л., Петрович В. А. Особенности электрохимического осаждения никеля в мезопористый кремний // *Доклады Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники*. 2012. № 1 (63); Середин П. В. Фотолуминесцентные свойства пористого кремния и способы их модификации.

<sup>5</sup> См.: Середин П. В. Фотолуминесцентные свойства пористого кремния и способы их модификации.

Максимумы спектров ФЛ образцов № 2 и 3 — 830 и 840 нм соответственно — смещены в длинноволновую область относительно спектра образца № 1 (820 нм), в то время как максимум для образца № 4 примерно совпадает с ним. Длинноволновый сдвиг может быть обусловлен образованием центров излучательной рекомбинации в виде ионов Ni в por-Si. Результат, полученный для образца № 4, связан с ростом количества оксида никеля ( $Ni_xO_y$ ) при увеличении времени осаждения. Образование  $Ni_xO_y$  в тонкой приповерхностной пленке объясняется возникновением ограниченной диффузии атомов Ni в por-Si из-за отсутствия в нем аморфного слоя<sup>6</sup>.

Таким образом, вид спектров ФЛ для образцов полупроводниковых структур с пленкой por-Si, содержащей металлические наночастицы Ni, существенно зависит от длительности их осаждения. На степень интенсивности ФЛ могут влиять такие факторы, как плазмонный резонанс, изменение соотношения излучательных центров к безызлучательным, а также концентрация частиц Ni в пленке por-Si. Сдвиг максимумов спектров ФЛ образцов является результатом излучательной рекомбинации на ионах Ni, а также возникновения  $Ni_xO_y$  в пленке por-Si.

#### *Список использованных источников*

1. Долгий А. Л., Прицепя С. Л., Петрович В. А. Особенности электрохимического осаждения никеля в мезопористый кремний // Доклады Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники. — 2012. — № 1 (63). — С. 76–82.
2. Середин П. В. Фотолюминесцентные свойства пористого кремния и способы их модификации // Молодой ученый. — 2012. — № 10 (45). — С. 17–23.
3. Amdouni S., Rahmani M., Zaibi M.-A. Enhancement of porous silicon photoluminescence by electroless deposition of nickel // Journal of Luminescence. — 2015. — N 157. — Pp. 93-97.
4. Galkin N. G., Yan D. Tk., Galkin K. N. Luminescent Properties of Nanocomposites Based on Porous Silicon, Nickel, and Nickel Oxide in the Photon Energy Range of 1.4–2.9 eV // 2022 International Conference on Electrical Engineering and Photonics (EExPolytech). — 2022. — Pp. 282–289.
5. Granitzer P., Rumpf K., Poelt P. Magnetic Characteristics of Ni-Filled Luminescent Porous Silicon // Frontiers in Chemistry. — 2019. — N 7 (41). — Pp. 1–6.

#### *Сведения об авторах*

**Трегулов Вадим Викторович** — кандидат технических наук, доцент ФГБОУ ВО «Рязанский государственный университет имени С. А. Есенина» (Рязань).

**Иванов Алексей Игоревич** — инженер научно-исследовательской лаборатории технологии и физики полупроводниковых структур ФГБОУ ВО «Рязанский государственный университет имени С. А. Есенина» (Рязань).

УДК 538.958:535.8

DOI: 10.37724/w2516-0401-7500-y

**В. В. Трегулов, Г. Н. Скопцова,  
Д. С. Косцов**

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ УПРАВЛЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ РЕЗОНАНСА ФАНО В ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ СТРУКТУРАХ НА ОСНОВЕ КРЕМНИЯ**

Методом комбинационного рассеяния света исследованы полупроводниковые структуры, содержащие высоколегированные слои р-типа, сформированные на поверхности монокристаллической кремниевой

---

<sup>6</sup> Q.v.: Galkin N. G., Yan D. Tk., Galkin K. N. Luminescent Properties of Nanocomposites Based on Porous Silicon, Nickel, and Nickel Oxide in the Photon Energy Range of 1.4–2.9 eV // 2022 International Conference on Electrical Engineering and Photonics (EExPolytech). 2022.

пластины и пленках пористого кремния. Пористые пленки выращивались методом металл-стимулированного травления. Показано, что параметры резонанса Фано зависят от толщины пористой пленки.

*пористый кремний, металл-стимулированное травление, термическая диффузия, комбинационное рассеяние света, резонанс Фано*

Semiconductor structures containing highly alloyed p-type layers formed on the surface of a single-crystal silicon wafer and porous silicon films were researched using the Raman light scattering method. The porous films were grown by metal-stimulated etching. It was shown that the Fano resonance parameters depend on the thickness of the porous film.

*porous silicon, metal-stimulated etching, thermal diffusion, Raman light scattering, Fano resonance*

Резонанс Фано — это физическое явление, возникающее при интерференции широкополосного и узкополосного процессов. В результате наблюдаемая спектральная линия имеет четко выраженный асимметричный профиль<sup>1</sup>. Практическое применение резонанса Фано актуально для улучшения характеристик оптических датчиков, лазеров, создания новых оптических систем передачи и хранения информации<sup>2</sup>. Резонанс Фано проявляется в высоколегированном монокристаллическом кремнии р-типа проводимости ( $10^{19} — 10^{20} \text{ см}^{-3}$ )<sup>3</sup>. Также резонанс Фано наблюдается в полупроводниковых структурах с пленками пористого кремния<sup>4</sup>. Представляется актуальной и практически важной задача поиска технологических решений управления параметрами резонанса Фано.

Для изготовления экспериментальных образцов использовались кремниевые монокристаллические пластины р-типа проводимости с удельным сопротивлением 1 Ом·см и ориентацией поверхности (100). На фронтальной поверхности двух пластин (образцы № 3 и 4) выращивались пленки пористого кремния методом двухэтапного металл-стимулированного травления. Сначала на поверхности кремниевой пластины осаждались частицы серебра из раствора:  $\text{Ag}_2\text{SO}_4$  (0,01 М) : HF (46 %) :  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  (92 %) при соотношении компонентов 1:0,1:0,3, в течение 20 с. Затем происходило формирование пористой структуры в результате обработки пластины в растворе  $\text{H}_2\text{O}_2$  (1,24 М) : HF (46 %) :  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  (92 %) с соотношением компонентов 1:0,5:0,25. При этом длительность обработки образца №3 составила 15 мин, образца № 4 — 20 мин. Значения толщины пленки пор-Si для образцов № 3 и 4 составляли 3 мкм и 6 мкм соответственно. На поверхности образцов № 1 и 2 пленка пор-Si не формировалась. После выращивания пленок пор-Si образцы отмывались в концентрированной  $\text{HNO}_3$  для удаления серебряных частиц. Далее на фронтальных поверхностях образцов № 2–4 методом термической диффузии формировался высоколегированный слой р-типа проводимости. На поверхность указанных образцов наносился 2 %-й спиртовой раствор  $\text{H}_3\text{BO}_3$ , и формировалась пленка диффузанта. Далее в электрической печи проводилась диффузия бора при температуре 1100 °С в течение 20 мин.

С целью изучения оптических свойств экспериментальных образцов были исследованы спектры комбинационного рассеяния света (КРС). Спектры КРС измерялись спектрометром inVia фирмы Renishaw при возбуждении лазером с длиной волны 785 нм. Возбуждение КРС и регистрация спектров осуществлялись в стандартной геометрии, когда лазерный луч и рассеянный свет направлены вдоль нормали к поверхности образца. Измеренные спектры показаны на рисунке.

На спектре КРС образца № 1, который представляет собой исходную кремниевую подложку, используемую для формирования образцов № 2–4, линия первого порядка кремния ( $521 \text{ см}^{-1}$ ) описывается симметричной гауссовой модой, что характерно для умеренно легированного монокристаллического кремния р-типа (рис. 1). Для образца № 2 наблюдается слабое нарушение

<sup>1</sup> Q. v.: Limonov M. F. Fano resonance for applications // *Advances in Optics and Photonics*. 2021. Vol. 13, N 3. Pp. 703–771.

<sup>2</sup> Q. v.: Yu Yi, Heuck M., Hu Hao [et al.]. Fano resonance control in a photonic crystal structure and its application to ultrafast switching // *Applied Physics Letters*. 2014. Vol. 105, N 6. Pp. 61–117.

<sup>3</sup> Q. v.: Kato K., Oguri K., Sanada H. [et al.]. Determination of phonon decay rate in p-type silicon under Fano resonance by measurement of coherent phonons // *AIP Advances*. 2015. Vol. 5, N 9. Pp. 97–152.

<sup>4</sup> См.: Павликов А. В., Рахимова О. В., Кашкаров П. К. Антиотражающие слои для солнечных элементов на основе кремниевых нанонитей, полученных на легированной подложке // *Вестник Московского университета. Сер. 3, Физика. Астрономия*. 2018. № 2. С. 77–82.

симметрии данной спектральной линии со стороны низких частот, характерное для резонанса Фано. Для образцов № 3 и 4 линия первого порядка кремния искажается более заметно вследствие проявления резонанса Фано.

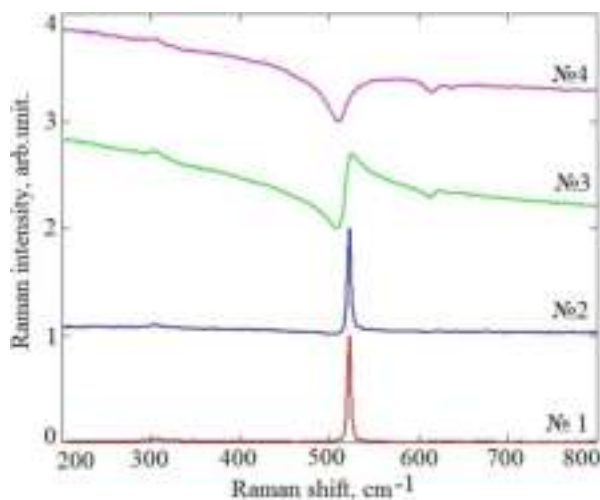


Рис. Спектры комбинационного рассеяния света образцов №1–4.

Вид спектральной линии КРС с учетом влияния резонанса Фано описывается формулой зависимости интенсивности излучения от частоты:

$$I(\nu) = \frac{1}{(q^2+1)} \frac{(q+\Omega)^2}{(1+\Omega^2)}, \quad (1)$$

где  $q$  — параметр Фано (безразмерная величина),  $\Omega$  — безразмерная частота:

$$\Omega = (\nu - \nu_0)/\Gamma, \quad (2)$$

где  $\nu$  — текущее значение частоты,  $\nu_0$  и  $\Gamma$  — положение и ширина спектральной линии резонанса Фано соответственно<sup>5</sup>. Таким образом, форма спектра резонанса Фано характеризуется величинами  $q$ ,  $\nu_0$ ,  $\Gamma$ .

Для образца № 2  $q = 6,5$ ,  $\nu_0 = 521 \text{ см}^{-1}$ ,  $\Gamma = 1,9 \text{ см}^{-1}$ . Резонанс Фано проявляется слабо. Для образца № 3 резонанс Фано более сильно выражен,  $q = 0,9$ ,  $\nu_0 = 516 \text{ см}^{-1}$ ,  $\Gamma = 0,9 \text{ см}^{-1}$ . Для образца № 4 наблюдается антирезонанс, спектральная линия первого порядка кремния полностью инвертирована (рис. ),  $q = 0,04$ ,  $\nu_0 = 510 \text{ см}^{-1}$ ,  $\Gamma = 13,0 \text{ см}^{-1}$ .

Спектральная линия КРС вблизи частоты  $615 \text{ см}^{-1}$  на спектрах образцов № 3 и 4 (см. рис. 1) связана с примесью бора в кремнии<sup>6</sup>. Форма этой линии определяется резонансом Фано, следовательно мы имеем дело с электрически активной акцепторной примесью.

Обнаружено, что в структурах с пленками *por-Si* резонанс Фано проявляется сильнее, чем в монокристаллическом кремнии. Одним из способов управления параметрами резонанса Фано является изменение параметров пленки *por-Si*.

#### Список использованных источников

1. Limonov M. F. Fano resonance for applications // *Advances in Optics and Photonics*. — 2021. — Vol. 13, N 3. — Pp. 703–771.
2. Yu Yi, Heuck M., Hu Hao [et al.]. Fano resonance control in a photonic crystal structure and its application to ultrafast switching // *Applied Physics Letters*. — 2014. — Vol. 105, N 6. — Pp. 61–117.

<sup>5</sup> См.: Рыбин М. В., Синев И. С., Самусев К. Б. [и др.]. Каскады резонансов Фано в рассеянии Ми // *Физика твердого тела*. 2014. Т. 56, № 3. С. 560–566.

<sup>6</sup> Q. v.: Cerdeira F., Fjeldly T. A., Cardona M. Raman study of the interaction between localized vibrations and electronic excitations in boron-doped silicon // *Physical Review B*. 1974. Vol. 9, N 10. Pp. 4344–4350.



3. Kato K., Oguri K., Sanada H. [et al.]. Determination of phonon decay rate in p-type silicon under Fano resonance by measurement of coherent phonons // AIP Advances. — 2015. — Vol. 5, N 9. — Pp. 97–152.
4. Павликов А. В., Рахимова О. В., Кашкаров П. К. Антиотражающие слои для солнечных элементов на основе кремниевых нанонитей, полученных на легированной подложке // Вестник Московского университета. Сер. 3, Физика. Астрономия. — 2018. — № 2. — С. 77–82.
5. Мельник Н. Н., Трегулов В. В., Скопцова Г. Н., Иванов А. И., Косцов Д. С. Наблюдение резонанса Фано в полупроводниковой структуре с p-n-переходом, сформированным в пленке пористого кремния // Краткие сообщения по физике ФИАН. — 2023. — № 2. — С. 24–28.
6. Рыбин М. В., Синев И. С., Самусев К. Б. [и др.]. Каскады резонансов Фано в рассеянии Ми // Физика твердого тела. — 2014. — Т. 56, № 3. — С. 560–566.
7. Cerdeira F., Fjeldly T. A., Cardona M. Raman study of the interaction between localized vibrations and electronic excitations in boron-doped silicon // Physical Review B. — 1974. — Vol. 9, N 10. — Pp. 4344–4350.

#### *Сведения об авторах*

**Трегулов Вадим Викторович** — кандидат технических наук, доцент ФГБОУ ВО «Рязанский государственный университет имени С. А. Есенина» (Рязань).

**Скопцова Галина Николаевна** — старший преподаватель ФГБОУ ВО «Рязанский государственный университет имени С. А. Есенина» (Рязань).

**Косцов Даниил Сергеевич** — младший научный сотрудник ФГБУН «Физический институт имени П. Н. Лебедева» РАН (Москва).

УДК 621.315.592.3

DOI: 10.37724/h2205-3730-0208-a

*Е. Б. Трунин, О. Е. Трунина*

### **ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОИЗВОДСТВА СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ**

В статье рассматриваются различные технологии легирования полупроводниковых пластин. Описываются новые способы легирования, в частности, предлагаются модификации технологии ионно-плазменного легирования.

*кремний, ионно-плазменное легирование, p-n-переход*

In the present article the different methods of semiconductor wafers doping are discussed. New doping methods based on ion plasma doping are proposed

*silicon, ion plasma doping, p-n-junction*

В настоящее время наиболее широко применяемыми способами легирования полупроводниковых пластин для формирования p-n-переходов при изготовлении солнечных элементов являются лазерное, диффузионное, ионное легирование (ионно-пучковая / ионно-плазменная имплантация).

Кратко охарактеризуем каждый процесс (см. таблицу) применительно к технологиям изготовления солнечных элементов.

Авторами был предложен способ легирования кремния<sup>1</sup>, который по сути близок к лазерному легированию, однако позволяет существенно улучшить технико-экономические показатели процесса, исключив лазер в качестве источника энергии для локального расплавления полупроводниковой подложки, и по сравнению с альтернативными методами снизить затраты на осуществление легирования полупроводника и получение p-n-переходов с контролируруемыми параметрами.

---

<sup>1</sup> См.: Трунин Е. Б., Трунина О. Е. Патент РФ № 259764. Способ легирования полупроводниковых пластин. Опубл. в БИ № 26 от 20.09.2016.

Сравнение методов легирования

| Название метода                               | Принцип метода   | Достоинства  | Недостатки  |
|---|--|--|---|
| 1. Диффузионное легирование <sup>2</sup>      | Полупроводниковая пластина нагревается в специальных печах до высоких температур (800–1000 °С) в присутствии диффузанта, содержащих легирующие примеси. Варианты используемых диффузанта: <ol style="list-style-type: none"> <li>газообразные;</li> <li>жидкие — в виде паров, поставляемых в рабочую зону газом-носителем;</li> <li>твердые (нанесены непосредственно на поверхность полупроводника)</li> </ol> | Простота реализации  | <ol style="list-style-type: none"> <li>Высокие температуры и существенная продолжительность процесса, а следовательно и энергоёмкость.</li> <li>Трудность или невозможность получения тонких слоев с различным легированием и резких <i>p-n</i>-переходов.</li> <li>Высокая токсичность, пожаро- и взрывоопасность диффузанта</li> </ol>  |
| 2. Ионная имплантация <sup>3</sup>            | Легирующая примесь имплантируется в полупроводниковую пластину в виде ионов с энергиями 1–50 кэВ   | Вариант реализации (2а, 2б) определяет достоинства   | Вариант реализации (2а, 2б) определяет недостатки   |
| 2а. Ионно-пучковая имплантация <sup>4</sup>   | Формирование пучка примесных ионов и сканирование пучком по поверхности полупроводниковой пластины   | Возможность создания субмикронных легированных слоев, резких <i>p-n</i> -переходов   | Сложное и дорогостоящее оборудование, низкая производительность, а следовательно и высокие затраты на обработку одной пластины  |
| 2б. Ионно-плазменная имплантация <sup>5</sup> | Полупроводниковая пластина подвергается воздействию плазмы тлеющего разряда газа, содержащего легирующую примесь. В результате подачи на пластину электрических импульсов примесные ионы, находящиеся в плазме в прикатодном пространстве, имплантируются в приповерхностном слое. Затем пластина отжигается   | <ol style="list-style-type: none"> <li>Возможность формирования по всей площади пластины тонких легированных слоев и резких <i>p-n</i>-переходов.</li> <li>Производительность данного метода выше</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>Высокая токсичность, пожаро- и взрывоопасность газов и паров, применяемых в качестве источников легирующих примесей, а следовательно и высокие требования к безопасности производственных помещений, технологического оборудования и персонала.</li> <li>Отрицательное влияние на электрофизические свойства получаемых структур галогенов, входящих в состав газов, являющихся источниками легирующих примесей</li> </ol> |

<sup>2</sup> См.: Чистяков Ю. Д. Физико-химические основы технологии микроэлектроники. М. : Металлургия, 1979. 408 с. ; Горелик С. С., Дашевский М. Я. Материаловедение полупроводников и металловедение : учеб. пособие. М. : Металлургия, 1973. 495 с. ; Горелик С. С., Дашевский М. Я. Материаловедение полупроводников и диэлектриков : учеб. 2-е изд., перераб. и доп. М. : МИСИС, 2003. 480 с. URL : <https://e.lanbook.com/book/1816> (дата обращения: 17.03.2023) ; Риссел Х., Руге И. Ионная имплантация / пер. с нем. В. В. Климова, В. Н. Пальянова. М. : Наука, 1983. 360 с.

<sup>3</sup> См.: Мейер Дж., Эрикссон Л., Дэвис Дж. Ионное легирование полупроводников : Кремний и германий : пер. с англ. / под ред. В. М. Гусева. М. : Мир, 1973. 296 с. ; Комаров Ф. Ф., Новиков А. П., Буренков А. Ф. Ионная имплантация / под ред. Ф. Ф. Комарова. Мн. : Універсітэцкае, 1994. 303 с. ; Бобыль А. В., Карманенко С. Ф. Физико-химические основы технологии полупроводников : пучковые и плазменные процессы в планарной технологии : учеб. пособие. СПб. : С.-Петербург. гос. политехн. ун-т, 2005. С. 113.

<sup>4</sup> Q. v.: Erin C. Jones. Plasma Immersion Ion Implantation for Electronic Materials // Japanese Journal of Applied Physics. 1996. Vol. 35, N 1027.

<sup>5</sup> Q. v.: Weiner K. H. [et al.]. Microelectronic Engineering. 1993. Vol. 20. Pp. 107–119 ; Qin S., McGruer N., Chan C., Warner K. Plasma Immersion Ion Implantation. Emission Instability // Journal of Vacuum Science & Technology. Vol. 12. Pp. 697 ; Голишников А. А., Путря М. Г. Учебное пособие по дисциплине «Плазменные технологии в нанозлектронике». М. : Моск. гос. ин-т электрон. техники, 2011. 172 с. ; Поут Дж. М., Фоти Г., Римини Е. [и др.]. Модифицирование и легирование поверхности лазерными, ионными и электронными пучками / под ред. Дж. М. Поута ; пер. с англ. Н. К. Мышкина ; под ред. А. А. Углова. М. : Машиностроение, 1987. 423 с.

| Название метода         | Принцип метода   | Достоинства   | Недостатки  |
|-------------------------|--|---|---|
| 3. Лазерное легирование | <p>Легированный материал в виде тонкой пленки наносится на полупроводниковую подложку и обрабатывается короткими лазерными импульсами с высокой поверхностной плотностью мощности.</p> <p>После окончания каждого импульса расплавленный слой полупроводника затвердевает (скорости охлаждения могут достигать значений <math>10^9</math> К/с, что определяется как мощностью лазерного импульса, так и температурой подложки)</p> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Получение уровней легирования полупроводника на уровне пределов растворимости легирующих примесей.</li> <li>2. Возможность неравновесного легирования с уровнями, превышающими пределы растворимости легирующих примесей.</li> <li>3. Быстрота.</li> <li>4. Резкость получаемых полупроводниковых <i>p-n</i>-переходов.</li> <li>5. Возможность селективного легирования</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Высокая стоимость лазерного оборудования.</li> <li>2. Необходимость дорогостоящего обслуживания оборудования</li> </ol> |

Принцип предлагаемого варианта легирования состоит в том, что нанесенная на подложку тонкая пленка легированного материала обрабатывается энергетическими импульсами с большой плотностью энергии, которые обеспечивают стремительное локальное проплавление материала и впоследствии быстрое охлаждение и затвердевание. Вместо лазерного излучения в роли энергетических импульсов с большой поверхностной плотностью мощности выступают электрические импульсы. Для обеспечения необходимой чистоты процесса электрод, обеспечивающий подачу на поверхность пластины энергетического импульса, изготавливается из материала подложки. Материал электрода также легированный, уровень легирования может отличаться от достигаемого для формируемого *p-n*-перехода.

Основное оборудование для реализации способа включает в себя: оборудование (1) для формирования на поверхности полупроводниковой пластины пленки легированного материала; импульсный блок питания (2) (должен обеспечивать электрические импульсы с частотой 10–100 Гц длительностью от нескольких мкс и менее); основание установки легирования (3) для расположения обрабатываемой полупроводниковой пластины (подогреваемое, полированное, должно обеспечивать двухкоординатное перемещение и сканирование пластины и/или перемещение электрода); электрод (4). Возможны различные варианты исполнения электрода с точки зрения его состава, размеров и геометрии. Например, для задачи легирования кремниевой подложки бором электрод должен состоять из кремния как минимум солнечной чистоты, сильно легированного бором. Геометрически электрод может представлять собой либо заостренный стержень (острие с радиусом кривизны от 100 до 20 мкм), либо круглое колесо с коническим заострением вплоть до размеров от 100 до 20 мкм. Электрод изготовлен с конструктивной возможностью механической фиксации в держателе для дальнейшего вертикального перемещения и имеет подпружиненный контакт.

Последовательность технологических операций при реализации способа такова.

1. На полупроводниковую пластину с помощью установки (1) наносится пленка легированного материала.
2. Полупроводниковая пластина с нанесенным на нее покрытием помещается на металлической основе, которая расположена на подогреваемом основании (3).
3. Подводят электрод (4), выбирают траекторию движения электрода по поверхности пластины и начинают сканировать поверхность.

При сканировании происходят следующие процессы. При каждом касании пластины на электрод подается электрический импульс. Поверхность полупроводниковой подложки с нанесенной пленкой частично проплавляется, причем глубина проплавления зависит от мощности

импульса (в предлагаемых условиях глубина проплавления составляет 0,1–0,3 мкм). В зоне расплава из-за высоких скоростей диффузии (порядка  $10^{-4}$  см<sup>2</sup>/сек) примеси в расплавленном материале подложки примесь равномерно распределяется по расплавленному объему. Затем в течение ~10 нс расплав охлаждается и затвердевает. Время затвердевания зависит от поверхностной плотности мощности импульса.

Технический результат процесса сканирования на заявленном оборудовании — создание *p-n*-перехода в кремнии. Граница *p-n*-перехода получается резкой из-за особенностей образования в объеме пластины границ проплавленных участков полупроводниковой подложки.

Преимущества перед аналогичными технологиями получения *p-n*-переходов в полупроводниковых пластинах солнечных элементов:

- 1) низкая себестоимость процесса (по сравнению с такими способами легирования, как лазерное и диффузионное);
- 2) высокая производительность по сравнению с ионно-пучковой имплантацией (продолжительность обработки ~ 10 с);
- 3) резкая граница *p-n*-перехода и возможность селективной диффузии.

Способ легирования был опробован на кремниевой подложке толщиной 180 мкм, предварительно легированной бором. На поверхность кремниевой подложки наносят соединение фосфора. Кремниевый электрод также легируют фосфором. При подаче электрических импульсов был создан полупроводниковый (*p-n*) переход, который обладает выпрямляющими и фотоэлектрическими свойствами.

#### **Список использованных источников**

1. Бобыль А. В., Карманенко С. Ф. Физико-химические основы технологии полупроводников : пучковые и плазменные процессы в планарной технологии : учеб. пособие. — СПб. : С.-Петербург. гос. политехн. ун-т, 2005. — С. 113.
2. Голишников А. А., Путря М. Г. Учебное пособие по дисциплине «Плазменные технологии в нанoeлектронике». — М. : Моск. гос. ин-т электрон. техники 2011. — 172 с.
3. Горелик С. С., Дашевский М. Я. Материаловедение полупроводников и диэлектриков : учеб. — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : МИСИС, 2003. — 480 с. — URL : <https://e.lanbook.com/book/1816> (дата обращения: 17.03.2023).
4. Комаров Ф. Ф., Новиков А. П., Буренков А. Ф. Ионная имплантация / под ред. Ф. Ф. Комарова. — Мн. : Універсітэцкае, 1994. — 303 с.
5. Мейер Дж., Эриксон Л., Дэвис Дж. Ионное легирование полупроводников : Кремний и германий : пер. с англ. / под ред. В. М. Гусева. — М. : Мир, 1973. — 296 с.
6. Поут Дж. М., Фоти Г., Римини Е. [и др.]. Модифицирование и легирование поверхности лазерными, ионными и электронными пучками / под ред. Дж. М. Поута ; пер. с англ. Н. К. Мышкина ; под ред. А. А. Углова. — М. : Машиностроение, 1987. — 423 с.
7. Трунин Е. Б., Трунина О. Е. Патент РФ № 259764. Способ легирования полупроводниковых пластин. — Оpubл. в БИ № 26 от 20.09.2016.
8. Риссел Х., Руге И. Ионная имплантация / пер. с нем. В. В. Климова, В. Н. Пальянова. — М. : Наука, 1983. — 360 с.
9. Чистяков Ю. Д. Физико-химические основы технологии микроэлектроники : учеб. пособие. — М. : Metallургия, 1979. — 408 с.
10. Горелик С. С., Дашевский М. Я. Материаловедение полупроводников и металловедение : учеб. пособие. — М. : Metallургия, 1973. — 495 с.
11. Erin C. Jones. Plasma Immersion Ion Implantation for Electronic Materials // Japanese Journal of Applied Physics. — 1996. — Vol. 35, N 1027.
12. Qin S., McGruer N., Chan C., K. Warner. Plasma Immersion Ion Implantation. Emission Instability // Journal of Vacuum Science & Technology B. — Vol. 12. Pp. 697.
13. Weiner K. H. [et al]. Microelectronic Engineering. — 1993. — Vol. 20. — Pp. 107, 119.

#### **Сведения об авторах**

**Трунин Евгений Борисович** — кандидат технических наук, генеральный директор ООО «НИТКОМ».

**Трунина Ольга Евгеньевна** — кандидат физико-математических наук, доцент, заведующий кафедрой общей и термодинамической физики и методики преподавания физики.

## Раздел 4

# ИНФОРМАЦИОННЫЕ И STEM-ТЕХНОЛОГИИ В ОБЛАСТИ ФИЗИКИ, ТЕХНОЛОГИИ И АСТРОНОМИИ В СРЕДНЕЙ И ВЫСШЕЙ ШКОЛЕ

УДК 004.85:37

DOI: 10.37724/c3961-1632-4356-y

*В. И. Баринев*

### SMART EDUCATION В ОБЩЕМ ОБРАЗОВАНИИ

В статье проводится обзор концепции Smart Education, охватывающей начальное, основное и среднее общее образование. Прослеживаются векторы развития современного образовательного пространства в рамках процесса «цифровизации» и «смартизации» образовательной среды. Исследуется изменение роли и задач педагога, выступающего в качестве ключевой фигуры образования.

*smart education, smart-обучение, smart-образование, цифровизация, смартизация*

The article provides an overview of the concept of “Smart Education” covering primary, basic and secondary general education. The vectors of the modern educational space development are traced within the framework of the process of “digitalization” and “smartization” of the educational environment. The changing of the role and responsibilities of the teacher, acting as a key figure in education, is studied.

*smart education, smart learning, digitalization, smartization*

Современное общество динамично развивается благодаря технологическим решениям инновационной парадигмы Smart и проникновению в жизнь человека основ искусственного интеллекта, что становится катализатором формирования новой концепции медиакультуры и запускает интеграцию в обыденность типологий «умный дом» и «умный город». Процесс «смартизации» основных сфер жизнедеятельности социума запускает очередной этап трансформации техногенной культуры, приводя ее к смарт-культуре, и от того, как быстро человечество пройдет через период адаптации, зависит, смогут ли технические новации smart стать инструментом для успешного достижения поставленных целей в короткие сроки<sup>1</sup>. В подобных условиях особое внимание уделяется изменениям, происходящим в образовательной отрасли.

За последние 10 лет в нашей стране в рамках реализации национального проекта «Образование» активизировалась работа по внедрению smart-устройств, digital-инструментов, интерактивных комплексов в образовательную среду. Данная инициатива направлена на решение двух приоритетных задач:

- повышение качества и конкурентоспособности отечественного образования с целью вхождения Российской Федерации в топ-10 государств по данному показателю;
- формирование социально ответственных и гармонично развитых выпускников на базе исторических традиций и нравственно-духовных ценностей народов РФ<sup>2</sup>.

Smart-устройства, проникая в образовательную среду, запустили процесс перестройки устоявшихся педагогических практик и стали следствием появления современной образовательной

---

<sup>1</sup> См.: Баринев В. И. «Цифровой кентавр»: реалии техногенной культуры // Культура и образование : науч.-информ. журн. вузов культуры и искусств. 2022. № 2 (45). С. 92–99.

<sup>2</sup> См.: Национальный проект «Образование» 2019-2024 : офиц. сайт М-ва просвещения РФ. URL : <https://edu.gov.ru/national-project> (дата обращения: 01.02.2023).

парадигмы Smart Education, в которой концепция smart как для педагогов, так и для учащихся создает технически наполненную инновационную рабочую зону нового формата для различных видов образовательной деятельности. Практическая реализация smart-обучения (умного обучения), подразумевающего применение smart-технологий, гаджетов, digital-инструментов и любой другой техники, которая функционирует на алгоритмах работы искусственного интеллекта, а также использование в цифровой среде открытых ресурсов всего мирового сообщества, изменяют роль учителя. Теперь он занимает роль наставника, то есть следит за самостоятельной учебно-познавательной деятельностью обучающихся и управляет ею.

Претерпевают изменения и задачи, которые возникают у педагогов. В настоящее время им уже недостаточно быть только профессионалами своего дела. В реалиях современного образовательного пространства в рамках «цифровизации» и «смартизации» образования учителю необходимо проводить анализ больших потоков информации, знаний, цифровых площадок и ресурсов, использовать различные техники для взаимодействия с обучающимися<sup>3</sup>. Готовность педагогов к применению в своей профессиональной деятельности последних техноновинок и digital-инструментов, которые позволяют визуализировать и виртуализировать учебный контент, рассматривается в качестве показателя уровня сформированности цифровых и smart-компетентностей педагога<sup>4</sup>.

Важным является и тот факт, что обучающиеся современных образовательных организаций уже давно на «ты» с ПК и множеством других современных устройств, новую информацию они готовы потреблять с повышенным интересом, но только в том случае, если преподаватель передает ее с использованием передовых smart-технологий, позволяющих представлять образовательный контент в цифровом виде. Нетрудно установить взаимосвязь между уровнем сформированных профессиональных компетентностей педагога и учебными результатами его учеников. Таким образом, учителю, являющемуся центральной фигурой образовательного процесса, с целью устранения у него «профессиональных дефицитов» необходимо поддерживать высокий уровень smart-цифровых навыков. В нашей стране это достигается за счет создания национальной системы учительского роста на базе ДПО, осуществления непрерывного образования в рамках концепции Lifelong Learning.

Таким образом, концепция Smart Education не только решает задачу по предоставлению населению качественного образования, которое на сегодня является обстоятельством, позволяющим успешно проводить работу по социализации детей и молодежи, удовлетворять потребности социума и экономики в высококвалифицированных кадрах, выполняя социальный заказ государства, но и изменяет роль и задачи, стоящие перед педагогическим сообществом.

#### ***Список использованных источников***

1. Баринов В. И. Smart Education в современной школе // Человек, общество, образование : сб. ст. Междунар. форума. — 2023. — С. 120–124.
2. Баринов В. И. «Цифровой кентавр»: реалии техногенной культуры // Культура и образование : науч.-информ. журн. вузов культуры и искусств. — 2022. — № 2 (45). — С. 92–99.
3. Бектурова З. К. Возможности внедрения Smart технологий обучения в школе // Международный журнал экспериментального образования. — 2015. — № 7. — С. 125–126.
4. Национальный проект «Образование» 2019–2024 : офиц. сайт М-ва просвещения РФ. — URL : <https://edu.gov.ru/national-project> (дата обращения: 01.02.2023).

#### ***Сведения об авторе***

**Баринов Владимир Иванович** — учитель информатики МОУ «Ряжская СШ № 4» Ряжского района Рязанской области.

---

<sup>3</sup> См.: Баринов В. И. Smart Education в современной школе // Человек, общество, образование : сб. ст. Междунар. форума. 2023. С. 120–124.

<sup>4</sup> См.: Бектурова З. К. Возможности внедрения Smart технологий обучения в школе // Международный журнал экспериментального образования. 2015. № 7. С. 125–126.

**РОЛЬ КОМПЬЮТЕРНОЙ СРЕДЫ  
В ОСВОЕНИИ ПЯТИКЛАССНИКАМИ  
МУЛЬТИПЛИКАТИВНЫХ ОТНОШЕНИЙ ВЕЛИЧИН  
(ПРОПЕДЕВТИЧЕСКИЙ МОДУЛЬ) \***

В статье представлен образец организации деятельностной пропедевтики физического понятия мультипликативного строения с использованием компьютерной среды «Равновесие». Описывается примерное содержание учебного модуля для пятиклассников и даются образцы диагностических и учебных заданий. Показано изменение характера ориентировки учащихся с «непосредственной» на «понятийную» в решении задач на уравнивание в результате экспериментального обучения.

*компьютерная среда, первоначальные физические понятия, задача на уравнивание, переход в основную школу*

The article presents a sample of the introduction to the physical concept of multiplicative structure using the computer environment «Balance». The exemplary content of the training module is described, and samples of diagnostic and training tasks are provided. The change in the nature of orientation of students from «spontaneous» to «conceptual» in solving balance tasks as a result of experimental training is shown.

*computer support, initial Physics concepts, balance problem, transfer to secondary education*

При переходе в основную школу учащиеся неизбежно сталкиваются с новыми для них понятиями сложного строения, освоение которых необходимо для успешного изучения естественно-научных и математических дисциплин. Их формирование связано с известными трудностями, механизмы возникновения и преодоления которых неоднократно становились предметом психологических исследований. Начало им было положено классическими работами Ж. Пиаже и Б. Инельдер<sup>1</sup>, в которых рассматривалась характерная стадийность приобретения детьми необходимых интеллектуальных новообразований, требуемых для оперирования величинами при решении определенных задач логико-математического содержания. Исследования специфики формирования у школьников наиболее проблематичных — «мультипликативных» — понятий, отражающих необходимость учета взаимосвязанных изменений нескольких независимых величин в действиях с соответствующими объектами, представленными динамическими модельными средствами, в том числе компьютерными, были продолжены в многочисленных работах теоретического и практико-дидактического характера<sup>2</sup>.

Представляемая нами разработка затрагивает актуальную проблему использования цифровых средств учебного назначения в поддержке деятельностной пропедевтики формирования научных понятий сложного строения<sup>3</sup>. Это направление представляется очень важным в общем контексте постановки и решения проблемы становления психологической готовности детей к освоению естественно-математических дисциплин основной школы.

---

\* Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-29-14171.

<sup>1</sup> Q. v.: Inhelder B., Piaget J. The growth of logical thinking from childhood to adolescence: An essay on the construction of formal operational structures. 1958. Vol. 22.

<sup>2</sup> Q. v.: Boom J., Hoijtink H., Kunnen S. Rules in the balance: Classes, strategies, or rules for the balance scale task? // Cognitive Development. 2001. Vol. 16, N. 2, pp. 717–735 ; Hilton A., Hilton G., Shelley D., Marilyn G. Promoting middle school students' proportional reasoning skills through an ongoing professional development programme for teachers // Educational Studies in Mathematics. 2016. Vol. 92. Pp. 193–219 ; Lamon S. J. Teaching fractions and ratios for understanding: Essential content knowledge and instructional strategies for teachers. N. Y. : Routledge, 2020. P. 294.

<sup>3</sup> См.: Совместная учебная деятельность и развитие детей / под ред. В. В. Рубцова, И. М. Улановской. М. : Моск. гос. психол.-пед. ун-т, 2021.

Предметом нашего исследования была возможность осуществления пропедевтики одного из начальных понятий курса физики основной школы (момент силы) в условиях организации учебно-практической деятельности пятиклассников в цифровой модельной среде.

Назначение разработанного нами пропедевтического модуля «Равновесие» состояло в развертывании модельно-практической ситуации уравнивания равноплечих весов, позволяющей учащимся, не изучавшим физики, освоить важнейшие компоненты общего способа определения и установления равновесия произвольного числа дискретных грузов, размещаемых на градуированном коромысле. Выполняемое с помощью объектов цифровой среды исследование «понятийного» способа решения соответствующих задач создает, на наш взгляд, учащемуся новые возможности более эффективного учебного продвижения при встрече с соответствующим разделом систематического курса. Так, уверенное владение «логической мультипликацией» независимых изменений величин, определяющих состояние равновесия, позволяет ученику избежать ряда характерных ошибок непосредственно-наглядного восприятия различных ситуаций, связанных с теоретической интерпретацией работы ряда простых механизмов, и усвоить «правило моментов» как необходимое основание решения сложных задач этой темы.

Выбор исследователями ситуации уравнивания как модельной предметной ситуации, позволяющей оценить владение учащимися качественной и количественной оценок мультипликативных величин в условиях их сохранения или изменения, не случаен. Р. Сиглер<sup>4</sup> и его последователи<sup>5</sup> описали типовую последовательность развития способов оценки равновесия в зависимости от возраста испытуемых (дети и взрослые), показав возможности самостоятельного выведения закономерностей, лежащих в его основе. Овладению способами решения задач, связанных с уравниванием равноплечего рычага, З. И. Калмыкова<sup>6</sup> отводит роль важного фактора, определяющего развитие продуктивного мышления учащихся, рассматриваемого как основа обучаемости.

Исследования, проведенные В. В. Рубцовым<sup>7</sup>, убедительно показывают роль совместно-распределенного действия. Предметом становится сам способ координации индивидуальных операций в освоении действий с величинами мультипликативного строения.

Условия перехода учащихся начальных классов и шестиклассников от манипулятивного к содержательно-ориентированному способу действия при решении класса задач на уравнивание рычага были подробно проанализированы в работе А. А. Марголиса<sup>8</sup>, изучавшего возможности индивидуальной и совместной учебно-познавательной деятельности в компьютерных и бескомпьютерных формах обучения и условия ее эффективной организации.

Эти и многие другие психолого-дидактические исследования позволяют обосновать необходимость специальной работы по усвоению принципов обращения с величинами и понятиями мультипликативного строения у учащихся до систематического введения соответствующих физических представлений школьного курса.

Изучение возможностей организации компьютерной поддержки предметного действия<sup>9</sup> позволило выделить ряд существенных условий эффективного встраивания компьютерных сред учебного назначения в учебный процесс и организацию продуктивной учебной коммуникации на уроке. Обычная практика демонстрации различных возможностей «уравнивания», как правило, не дает учащимся возможности представить себе основания необходимой «координации

---

<sup>4</sup> Q. v.: Siegler R. Children's thinking: what develops? Reprint. New Jersey : Psychology Press, 2013.

<sup>5</sup> Q. v.: Hofman A. D., Visser I., Jansen B. R., and van der Maas H. L. The balance-scale task revisited: a comparison of statistical models for rule-based and information-integration theories of proportional reasoning // PLoS ONE. N 10 (10). 2015 ; Van der Graaf J. Inquiry-based learning and conceptual change in balance beam understanding // Frontiers in Psychology. 2020. N 11. P. 1621.

<sup>6</sup> См.: Калмыкова З. И. Продуктивное мышление как основа обучаемости. М. : Педагогика, 1981.

<sup>7</sup> См.: Рубцов В. В. Ориентация детей в условиях совместного решения учебных задач (на примере исследования понимания детьми мультипликативных отношений) // Социально-генетическая психология развивающегося образования: деятельностный подход. М. : Моск. гос. психол.-пед. ун-т, 2008. С. 98–109.

<sup>8</sup> См.: Марголис А. А. Развитие учебно-познавательных действий школьников в условиях использования компьютерных средств : автореф. дис. ... канд. психол. наук. М., 1990. URL : <https://psychlib.ru/inc/absid.php?absid=53579> (дата обращения: 19.03.2023).

<sup>9</sup> См.: Коммуникативно-ориентированные образовательные среды. Психология проектирования / под ред. В. В. Рубцова. М. : Психол. ин-т РАО, 1996.



операций», стоящие за попытками решить задачу уменьшением или увеличением числа грузов или их перемещением на другие места. Соответственно, учебная компьютерная среда должна инициировать работу со специальными модельными объектами, отражающими средства координации между собой различных действий по размещению грузов и выполняющими функции общей «понятийной» ориентировки пути решения конкретной задачи.

Тем самым цифровой ресурс формирования понятия сложного строения требует предоставления учащимся возможности непосредственно и независимо оперировать объектами, «демонстрирующими» сами разнородные величины, которые связаны мультипликативными отношениями. Необходимы также специальные возможности знаково-модельной фиксации изменения или постоянства произведения их численных значений, определяющие результирующее поведение объекта.

Наша разработка цифровой поддержки учебных процедур, связанных с формированием мультипликативного понятия, в первую очередь опиралась на поиск того предметно-преобразующего действия, которое позволит учащемуся освоить понятийное содержание практической задачи, и на конструирование специальных процедур моделирования, которые только и могут позволить учащемуся работать понятийно, не совершая бессмысленных проб и избегая ошибок в ориентировке совершаемого действия, которое «услужливо» подсказывает «наглядная ситуация»<sup>10</sup>.

Ситуации, в которых оценка равновесия объективно затруднена, подробно описаны<sup>11</sup>. Это так называемые ситуации «конфликта» между двумя существенными для равновесия параметрами: массой, обычно соответствующей количеству грузиков, и расстоянием от точки опоры равноплечего рычага в тех случаях, когда «наглядно» преобладающие или удаленные грузы «на самом деле» уравновешены или уступают «весу» с противоположной стороны. Еще более затруднительной для непосредственной оценки оказываются задачи с «распределенными» грузами, когда некоторое количество грузов занимает сразу несколько мест с каждой стороны. Особые трудности вызывают задачи, в которых требуется не просто оценить наличие равновесия для уже готовой конфигурации грузов, а восстановить его собственноручно: такие задачи требуют не просто «учета двух факторов», а конкретного знания о взаимосвязи их изменений. Отметим, что в случае распределенных грузов даже обращение к известной формуле «произведения веса на расстояние от точки опоры» помогает правильно решить задачу далеко не всем взрослым.

Подобные ситуации являются, на наш взгляд, наиболее подходящими для начала продвижения в понятийном представлении уравновешивания. Первыми и главными задачами, предлагаемыми школьникам для работы с компьютерной моделью «весов», должны стать задачи на «восстановление» равновесия в случае использования нескольких точек подвеса грузов при условии, что симметричное копирование конфигурации грузов исключается специально вводимыми ограничениями (разным количеством грузов с разных сторон и наличием «запрещенных» точек подвеса).

Приведем примеры таких «проблематизирующих» заданий (рис. 1).

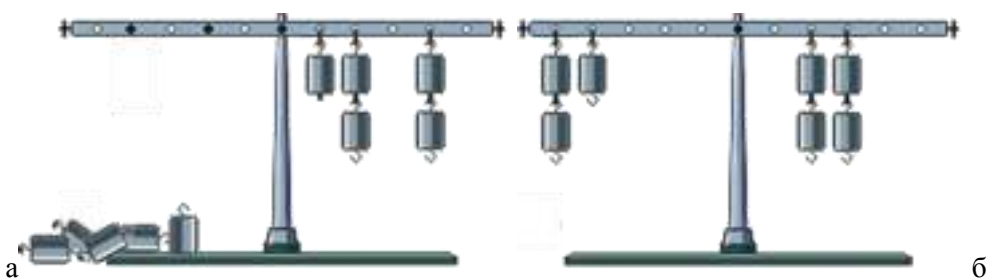


Рис. 1. Примеры учебных заданий: а) разместить пять грузов с левой стороны, используя доступные точки подвеса, так, чтобы привести весы в равновесие; б) уравновесить весы, переместив один из грузов на другое место

<sup>10</sup> См.: Высоцкая Е. В., Лобанова А. Д., Янишевская М. А. Особенности освоения моделирования в квазиучебной ситуации поиска решения задачи // Психологическая наука и образование. 2022. Т. 27, № 1. С. 27–36.

<sup>11</sup> Q. v.: Filion V. M., Sirois S. Children's (Mis) understanding of the Balance Beam (Online Edition) // Frontiers in psychology. 2021. N 12.

Дальнейшее развитие учебной ситуации, поддерживаемое разработанной нами компьютерной средой, предполагает исключительно активное создание равновесных конфигураций вместо поиска вариантов уравнивания посредством «проб и ошибок». Учебная ситуация, разворачивающаяся вокруг такой задачи, создает проблему необходимости использовать специальные модельные средства и служит опробованию и освоению «теоретической» модели нужного действия, ориентирующей его практическое выполнение.

Компьютерная среда предлагает учащимся набор задач на уравнивание коромысла весов, вначале закрепленного, с последующим опробованием результатов одной или нескольких практических попыток «подходящего» распределения грузов. При «проверке» на экране демонстрируется «перевес» соответствующей стороны или «покачивание» в случае равновесия (рис. 2).

Практическая задача «уравновесить весы с первой попытки» требует верной предварительной оценки их состояния и, что важно, количественной, а не только «качественной» (необходимо не только понимать, какая сторона перевешивает при заданной конфигурации грузов с обеих сторон, но и «насколько» она перевешивает).

Таким образом, речь идет о необходимости введения некоей «третьей» величины, которая напрямую «отвечает» за равновесие: очевидно, что сами по себе параметры, доступные непосредственной оценке и изменению («вес» и «расстояние»), не сообщают учащимся, какая сторона перевесит и «насколько». Такой «третьей» величиной, скрываемой наглядным представлением, становится «нагрузка» на каждой стороне, задаваемая одновременно и числом, и местами размещения грузов. Подсчет нагрузки, создаваемой каждым грузом, представляет собой особую — модельную — процедуру, средства которой должны быть представлены учащимся в «материализованном» виде для выполнения развернутых ориентировочных действий в процессе построения решения. Самостоятельный и инициативный переход к использованию таких средств в каждой задаче против наглядной оценки предметной ситуации и хаотического пробования поддерживается, в свою очередь, организацией на уроке общеклассной дискуссии учебного характера с демонстрацией и обсуждением представленных вариантов решения в «модельном поле».

Равенство таких «третьих величин», которое и будет напрямую отвечать равновесию весов, может быть точно рассчитано учащимися как равенство суммарной нагрузки, создаваемой всеми грузами, находящимися на левой и правой стороне весов. Выполнение учащимися специального «дополнительного» расчета как для уже размещенных грузов, так и для тех, которые еще придется добавить, убрать или переместить, требует обращения к специальному счетному материалу («гайкам» на экране компьютера, рис. 2): откладывание каждой «гайки» учеником отмечает перемещение одного груза на одно деление (на один «шаг» дальше от опоры), то есть создание «единичной нагрузки» на каждом «шаге» к его «местоположению». Таким образом подсчитывается «нагрузка», создаваемая каждым грузом «на своем месте» как часть суммарной «нагрузки» каждой стороны для конкретного варианта их размещения.

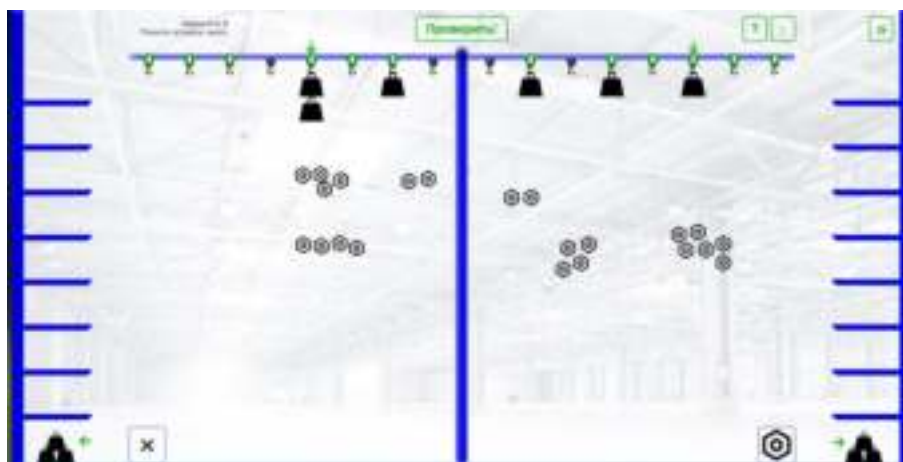


Рис. 2. Вид экрана в процессе решения задачи на равновесие. «Крючки» зеленого цвета означают места подвеса грузов, разрешенные по условию задачи. «Гайки» выкладываются на экранное «поле» в процессе подсчета «вклада» каждого груза в общую «нагрузку». Справа и слева находятся «стеллажи» для временного размещения грузов, переносимых с одного места на другое

Освоению действий в этом особом «модельном» плане служат специально подобранные задачи на приведение весов в равновесие, условия которых затрудняют непосредственную оценку его наличия или отсутствия. Проектирование требуемой процедуры уравнивания каждый раз должно опираться на расчет любой «нагрузки», создаваемой по ходу решения конфигурации грузов.

Подсчет единиц «нагрузки», определяющий модельное представление ситуации задачи, никогда не укажет непосредственно на то действие, которое в результате должно быть проделано с объектом при решении задачи (сколько грузов и в каких местах придется повесить или снять). Учащийся должен раз за разом сверять с модельным представлением «нагрузки» как свои планируемые действия, так и действия напарника (реального или воображаемого), работающего вместе с ним или «против» него, и оценивать возможности достижения необходимой нагрузки доступными ему операциями (перевешивание, добавление некоторого ограниченного количества грузов в рамках разрешенных мест подвеса и пр.).

Отметим, что возможности компьютерной поддержки в организации именно такой работы учащихся в компьютерной среде выходят далеко за рамки традиционных сценариев обучающих программ. Помимо очевидных удобств, предоставляемых компьютерной моделью по сравнению с использованием реального школьного рычага с единичными делениями на коромысле и набором единичных грузиков, цифровая среда делает возможными многочисленные вариации условий сложных задач, требующих от учащихся каждый раз выполнить развернутую процедуру построения модели будущего решения. В простых случаях это заранее заданное число используемых грузов или ограничение возможности их добавить или убрать, запреты на некоторые места подвеса. В более сложных задачах такую роль может сыграть использование грузов «неизвестного веса» наряду с «единичными» и условия, требующие определения их относительной величины.

Проведенное нами в двух пятых классах общеобразовательной школы (39 учеников) экспериментальное обучение включало в себя предварительную (стартовую) работу, три учебных занятия, на которых пятиклассники осваивали предметно-практические действия, связанные с уравниванием равноплечего рычага в учебной компьютерной среде, и контрольно-диагностическую работу, завершающую пропедевтический модуль.

Стартовую письменную работу составляли восемь задач, в которых надо было определить, находятся ли весы, изображенные на рисунках, в равновесии или же одна из сторон (указать, правая или левая) перевешивает.

Перед ее выполнением пятиклассникам демонстрировалось закрепленное коромысло «весов» с делениями (см. рис. 1), на котором размещались грузы. Наличие или отсутствие равновесия определялось при «освобождении» весов («проба»). Соответственно, в задачах на листочке весы были «закреплены» и требовалось указать предполагаемый результат «пробы».

Учащимся предлагались задачи двух типов. В задачах первого типа несколько грузов занимали только одну точку подвеса с каждой стороны (рис. 3а), в задачах второго типа грузы на обеих сторонах подвешивались в нескольких точках (рис. 3б).

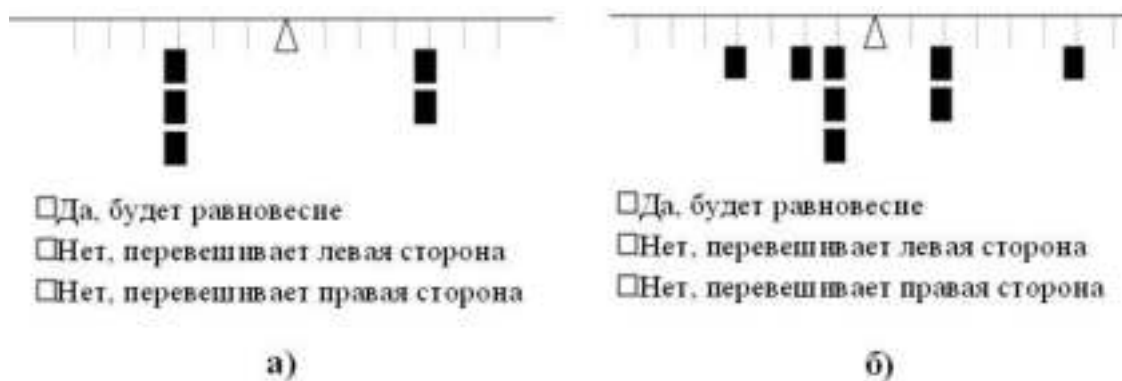


Рис. 3. Примеры условий двух типов задач письменной диагностической работы

На первом занятии пятиклассники, работая с динамической моделью «весов» в компьютерной среде, должны были разместить на правой стороне весов два груза так, чтобы уравновесить три груза, уже подвешенных с левой стороны. Несколько вариантов их размещения, предложенных учениками, были «проверены» в компьютерной среде.

Переход к использованию «теоретического» способа предсказания равновесия для любого «придуманного» способа размещения грузов проблематизировался возможным ограничением или полным запретом возможных случайных попыток «подобрать» нужную конфигурацию «практически».

Понимание возможности «компенсировать» изменение числа грузов на одной стороне перемещением грузов с другой, складывающееся в простейших ситуациях приведения имеющейся конфигурации грузов к равновесию, позволяет поставить «теоретическую» задачу «одновременной» оценки и прогноза этих взаимосвязанных действий специальными модельными средствами. В качестве подходящего «счетного материала» предлагаются «гайки», выкладываемые в соответствии с размещением каждого груза на определенном удалении от точки опоры. Это позволяет оценить уже имеющуюся нагрузку, созданную грузами на одной стороне, и поставить задачу создать «такую же» нагрузку на другой для получения равновесия, оценивая вклад каждого добавляемого груза в соответствии с его предполагаемым расположением. Если расчет показывает, что при выбранном расположении грузов равновесие не достигается, эти же модельные средства позволяют оценить возможные варианты изменения конфигурации грузов в соответствии с условиями задачи (рис. 3) и выбрать подходящий путь решения.

Целенаправленное использование модельного расчета «нагрузки», опробованного на «тренировочных» задачах первого занятия, становится тем самым основным способом решения более сложных задач, последовательно предъявляемых компьютерной средой. На втором занятии учащиеся сталкиваются с заданиями, в которых требуется уравновесить весы, разместив заданное количество грузов с обеих сторон с учетом имеющихся ограничений используемых точек подвеса.

Принципиальные изменения в «способе уравновешивания» внесут задачи третьего занятия, где появятся, наряду с «единичными», «необычные» грузы, вклад которых в суммарную нагрузку должен быть предварительно определен в первой части задания и затем учтен при расчете равновесной конфигурации во второй части.

После трех занятий проводилась вторая диагностическая работа (письменное решение восьми задач двух типов, аналогичных предлагавшимся в «стартовой» работе), в которую были включены дополнительные усложненные задания, которые учащиеся могли решать в оставшееся время по своему усмотрению.

Результаты сравнения успешности выполнения обеих работ приведены в таблице .

Таблица

Доля правильных решений заданий по определению равновесия заданной конфигурации грузов

| <i>Вид диагностики</i> | <i>Задачи первого типа<br/>(3 задачи, всего 117 решений)</i> | <i>Задачи второго типа<br/>(5 задач, всего 195 решений)</i> |
|------------------------|--|---|
| Стартовая              | 29,9 %<br>(35 правильно решенных задач)                      | 27,2 %<br>(53 правильно решенные задачи)                    |
| Заключительная         | 88 %<br>(103 правильно решенные задачи)                      | 81,5 %<br>(159 правильно решенных задач)                    |

Сравнение результатов двух диагностических работ свидетельствует об успешном освоении большинством пятиклассников специфики модельной работы при необходимости координации изменений двух независимых величин, представленных в заданиях количеством единичных грузов и расстоянием от точки подвеса до точки опоры. Существенным эффектом является преодоление характерной ошибки, связанной с типичной для большинства пятиклассников ориентировкой

на «очевидное» сосредоточение множества грузов с одной стороны, как однозначный признак «перевеса». Именно этот ориентир, определяющий неверный выбор ответа, легко обнаруживается при сравнении ошибочных решений «стартового» набора задач. Успешное решение нашими испытуемыми задач финальной серии демонстрирует возможность использования исключительно «понятийных» ориентиров даже в ситуациях, специально провоцирующих «непосредственную» оценку заданной конфигурации грузов.

В заключение подчеркнем, что специально организуемая деятельностная поддержка формирования понятий сложного строения позволяет преодолеть ряд известных ученических затруднений, в значительной степени психологического характера (возникающие при непосредственной оценке величин в условиях расхождении «наглядного» и «понятийного» в условии задачи), за счет организации особых предметных действий учащихся с объектами, поведение которых «открывает» им собственно понятия как новые инструменты мышления. Возможности компьютерной среды в поддержке решения задач данного класса открывают тем самым определенную перспективу преемственности формирования ряда физических и математических понятий, в основе которых лежат «взаимно-обратные» отношения величин. Исследования психолого-дидактических механизмов осмысленного и продуктивного усвоения таких понятий, обосновывающие четкое понимание их места и роли в организации обучения, могут быть рассмотрены как важный ресурс разработки деятельностно-ориентированных цифровых инструментов, поддерживающих познавательное продвижение учащихся в области точных наук.

#### *Список использованных источников*

1. Высоцкая Е. В., Лобанова А. Д., Янишевская М. А. Особенности освоения моделирования в квазиучебной ситуации поиска решения задачи // Психологическая наука и образование. — 2022. — Т. 27, № 1. — С. 27–36.
2. Давыдов В. В., Рубцов В. В., Крицкий А. Г. Психологические основы организации учебной деятельности, опосредованной использованием компьютерных систем // Психологическая наука и образование. — 1996. — Т. 1, № 2.
3. Калмыкова З. И. Продуктивное мышление как основа обучаемости. — М. : Педагогика, 1981. — 200 с.
4. Коммуникативно-ориентированные образовательные среды. Психология проектирования / под ред. В. В. Рубцова. — М. : Психол. ин-т РАО, 1996. — 157 с.
5. Марголис А. А. Развитие учебно-познавательных действий школьников в условиях использования компьютерных средств : автореф. дис. ... канд. психол. наук. — М., 1990. — 26 с.
6. Рубцов В. В. Ориентация детей в условиях совместного решения учебных задач (на примере исследования понимания детьми мультипликативных отношений) // Социально-генетическая психология развивающегося образования: деятельностный подход. — М. : Моск. гос. психол.-пед. ун-т, 2008. — С. 93–109.
7. Совместная учебная деятельность и развитие детей / под ред. В. В. Рубцова, И. М. Улановской. — М. : Моск. гос. психол.-пед. ун-т, 2021. — 352 с.
8. Boom J., Hoijtink H., Kunnen S. Rules in the balance: Classes, strategies, or rules for the balance scale task? // Cognitive Development. — 2001. — Vol. 16, N 2. — Pp. 717–735.
9. Filion V. M., Sirois S. Children's (Mis) understanding of the Balance Beam (Online Edition) // Frontiers in psychology. — 2021. — N 12.
10. Hilton A., Hilton G., Shelley D., Merrilyn G. Promoting middle school students' proportional reasoning skills through an ongoing professional development programme for teachers // Educational Studies in Mathematics. — 2016. — Vol. 92. — Pp. 193–219.
11. Hofman A. D., Visser I., Jansen B. R., van der Maas H. L. The balance-scale task revisited: a comparison of statistical models for rule-based and information-integration theories of proportional reasoning // PLoS ONE. — 2015. — N 10 (10): e0136449.
12. Inhelder B., Piaget J. The growth of logical thinking from childhood to adolescence: An essay on the construction of formal operational structures. — 1958. — Vol. 22.
13. Lamon S. J. Teaching fractions and ratios for understanding: Essential content knowledge and instructional strategies for teachers. — N. Y. : Routledge. — 2012.

14. Siegler R. Children's thinking: what develops? — Reprint. — New Jersey : Psychology Press, 2013.
15. Tahai L., Wallace J. R., Eckhardt C., Pietroszek K. Scalebridge: Design and evaluation of adaptive difficulty proportional reasoning game for children // 11th International Conference on Virtual Worlds and Games for Serious Applications (VS-Games). — 2019. — Pp. 1–4.
16. Van der Graaf J. Inquiry-based learning and conceptual change in balance beam understanding // Frontiers in Psychology. — 2020. — N 11. — P. 1621.

#### *Сведения об авторах*

**Высоцкая Елена Викторовна** — кандидат психологических наук, ведущий научный сотрудник ФГБНУ «Психологический институт РАО» (Москва).

**Лобанова Анастасия Денисовна** — научный сотрудник ФГБНУ «Психологический институт РАО» (Москва).

**Янишевская Мария Алексеевна** — кандидат психологических наук, ведущий научный сотрудник ФГБНУ «Психологический институт РАО» (Москва).

УДК 53:372.8

*И. И. Дигурова, Е. Ю. Крайнова,  
Р. В. Дигуров, Ю. А. Секретарева*

### **ДИСТАНЦИОННЫЙ ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ПО МЕДИЦИНСКОЙ И БИОЛОГИЧЕСКОЙ ФИЗИКЕ**

Дистанционный формат обучения привел к поиску альтернативных форм проведения лабораторного практикума по медицинской и биологической физике. Оптимальным решением представляется визуализация процессов выполнения лабораторных работ с помощью видеороликов и презентаций или их проведение учащимися дома. Сочетание этих методов позволит студентам познакомиться с современным оборудованием и самостоятельно проводить доступные эксперименты.

*медицинская и биологическая физика, лабораторный практикум, дистанционное обучение*

The distance learning format led to the search for alternative forms of conducting a laboratory workshop in medical and biological physics. The optimal solution seems to be the visualization of the processes of performing laboratory work using videos and presentations or their conduct by students at home. The combination of these methods will allow students to get acquainted with modern equipment and independently conduct accessible experiments.

*medical and biological physics, laboratory workshop, distance education*

В формировании компетенций врача на занятиях по физике и математике, медицинской и биологической физике большую роль играет лабораторный практикум<sup>1</sup>. Вследствие вынужденного перехода в 2020–2021 годах на удаленное обучение стал актуальным вопрос о формах проведения лабораторно-практических занятий и их методическом обеспечении<sup>2</sup>. В Российском национальном исследовательском медицинском университете имени Н. И. Пирогова преподавателями кафедры физики и математики были подготовлены видеоролики или презентации со звуковой дорожкой по каждой теме. С их помощью студенты знакомились с процессами работы с приборами и оборудованием и порядком получения экспериментальных данных, правилами техники

---

<sup>1</sup> См.: Ильин Б. В. От лабораторного практикума к профессиональным компетенциям. Наука и современное общество: взаимодействие и развитие : материалы VI Междунар. науч.-практ. конф. Уфа : Ника, 2019. С. 104–108.

<sup>2</sup> См.: Крайнова Е. Ю., Дигурова И. И. Опыт проведения дистанционного лабораторного практикума по физике в медицинском университете // Российский вестник перинатологии и педиатрии. 2022. Т. 67, № 4. С. 320–321.

безопасности при использовании электрооборудования. На рисунке 1 приведены примеры слайдов из презентаций к лабораторным работам «Электрические методы измерения неэлектрических величин» (а) и «Определение показателя преломления рефрактометрическим методом» (б). Такой подход визуализировал представления об используемом в лабораторной работе оборудовании и порядке выполнения заданий. Это дало возможность познакомить студентов в том числе и с аппаратурой диагностического и лечебного назначения (электрокардиографами, аппаратами ультравысокочастотной терапии, аудиометрами и др.), приборами, использующимися в клинической лабораторной диагностике (например, спектрофотометрами). После возвращения к традиционным аудиторным занятиям эти же материалы могут дополнять очный практикум<sup>3</sup>. Их можно использовать при подготовке к занятию, проведении отработок практической части пропущенных занятий и в работе со студентами, ликвидирующими академическую разницу в программе.

Для проведения расчетов, построения графиков и вычисления погрешностей учащимся рассылались карточки с заданиями. В них приведены данные, которые учащийся мог бы получить, выполняя лабораторный эксперимент самостоятельно на традиционном аудиторном занятии. Для каждой лабораторной работы были составлены не менее 15 вариантов, что позволило дать индивидуальные задания. Так как в дистанционном режиме сложно проверить знания формул или схем по теме занятия, в отчете желательно расширить описание краткой теории по сравнению с отчетом на традиционном занятии (рис. 1).



Рис. 1. Слайды из презентаций к лабораторным работам

Такой способ дистанционного проведения лабораторного занятия не лишен недостатков. Выполнение индивидуальных заданий не способствует выработке навыка работы в команде. А просмотр презентаций не заменяет непосредственную работу с приборами и оборудованием, не позволяя получить все необходимые навыки.

Защита выполненных лабораторных работ осуществлялась, прежде всего, путем проверки и обсуждения отчета. Далее студентам в режиме блиц-опроса<sup>4</sup> задавались вопросы по теоретической части и порядку выполнения заданий. Возможно также использование простых физических задач<sup>5</sup>. Результат студент мог сообщить устно, а подробное решение оформить письменно и прислать преподавателю.

<sup>3</sup> См.: Гафуров И. Р., Ибрагимов Г. И., Калимуллин А. М., Алишев Т. Б. Трансформация обучения в высшей школе во время пандемии: болевые точки // Высшее образование в России. 2020. Т. 29, № 10. С. 101–112.

<sup>4</sup> См.: Дигурова И. И., Гурова Н. Н., Дигуров Р. В. Опыт применения блиц-опросов при проведении текущего, модульного и промежуточного контроля. Актуальные вопросы современного медицинского образования : материалы III Междунар. науч.-практ. конф. Ижевск, 2022. С.126–129.

<sup>5</sup> См.: Дигуров Р. В., Дигурова И. И. Решение физических задач на лабораторном занятии в медицинском университете // Актуальные вопросы современного медицинского образования : материалы III Междунар. науч.-практ. конф. Ижевск, 2022. С. 123–126.

На кафедре медицинской физики с курсом медицинской информатики Ярославского государственного медицинского университета при проведении дистанционного практикума часть лабораторных работ была выполнена студентами в домашних условиях. Для этого были разработаны новые методические рекомендации, в частности по темам: «Определение коэффициента динамической вязкости жидкости методом Стокса», «Определение остроты зрения и характеристик аккомодации». В первом случае для проведения эксперимента требовались пластиковая емкость с прозрачной жидкостью (гель, жидкое мыло), набор шариков (например, набор для декора из магазина «FIXprice»), весы, секундомер. Для выполнения второй лабораторной работы были необходимы линейка, компьютер, визометрические таблицы. При определении ближней точки ясного видения в идеале таблица с текстами, наклеенная на более плотную основу (например, картон), помещается в держатель оптической скамьи на расстоянии 20–25 см от фиксатора глаза. Альтернативным вариантом в домашних условиях может быть деревянная рейка (линейка) с разметкой, а в качестве держателя можно использовать крышку с кольцом от жестяной банки (рис. 2а). Главный принцип работы этой конструкции заключается в том, чтобы можно передвигать по линейке держатель с текстами. Кроме расчетов, студент должен был прислать видеофайл или слайд-шоу из фотографий, где виден процесс выполнения практической части лабораторной работы (рис. 2б, 2в, 2г).

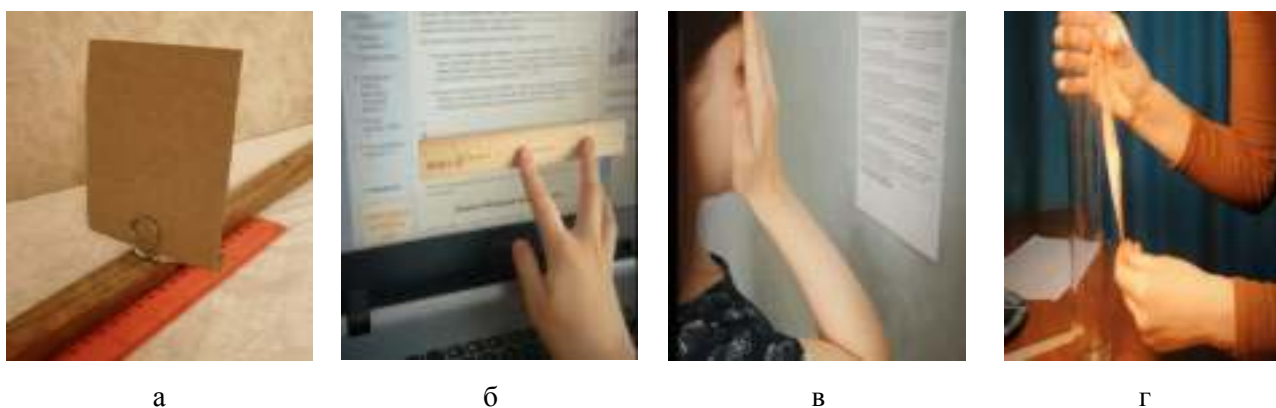


Рис. 2. Примеры фотографий из отчетов о выполнении лабораторных работ

По желанию можно было включать в отчет звуковое сопровождение, фрагменты фильмов или мультфильмов. Некоторые студенты творчески подошли к этой работе, добавляя в отчет короткие видео или интересные фотоснимки. Такой подход к дистанционному лабораторному практикуму позволил студентам самостоятельно провести эксперимент, получив результаты для последующей обработки. В некоторых случаях нужно было проявить изобретательность, чтобы подготовить все необходимое для эксперимента. Оценка работы осуществлялась по отчету, который содержал теоретическую часть, экспериментальные данные, расчеты, в том числе погрешностей, вывод. Условие командной работы можно было выполнить, объединяясь для проведения практической части по 2–3 человека. Однако такая форма выполнения заданий не позволяет продемонстрировать студентам порядок работы на современном диагностическом, лабораторном и лечебном оборудовании, которое имеется на кафедре, а возможности для проведения домашних экспериментов по понятным причинам касаются лишь нескольких лабораторных работ.

Таким образом, лучшим вариантом следует признать совместное использование разных подходов удаленного выполнения лабораторных работ. В этом случае студенты смогут и познакомиться с процессом выполнения лабораторных заданий на современном оборудовании, и выполнить доступные физические эксперименты самостоятельно. Для проверки знаний по теории оптимальным представляется не только предоставление отчета, но и использование блиц-опросов и редуцированных физических задач. Все это даст возможность успешно провести лабораторно-практические занятия по медицинской и биологической физике при дистанционном обучении.



### Список использованных источников

1. Ильин Б. В. От лабораторного практикума к профессиональным компетенциям. Наука и современное общество: взаимодействие и развитие : материалы VI Междунар. науч.-практ. конф. — Уфа : Ника, 2019. — С. 104–108.
2. Крайнова Е. Ю., Дигурова И. И. Опыт проведения дистанционного лабораторного практикума по физике в медицинском университете // Российский вестник перинатологии и педиатрии. — 2022. — Т. 67, № 4. — С. 320–321.
3. Гафуров И. Р., Ибрагимов Г. И., Калимуллин А. М., Алишев Т. Б. Трансформация обучения в высшей школе во время пандемии: болевые точки // Высшее образование в России. — 2020. — Т. 29, № 10. — С. 101–112.
4. Дигурова И. И., Гурова Н. Н., Дигуров Р. В. Опыт применения блиц-опросов при проведении текущего, модульного и промежуточного контроля // Актуальные вопросы современного медицинского образования : материалы III Междунар. науч.-практ. конф.— Ижевск : Ижев. гос. мед. акад., 2022. — С. 126–129.
5. Дигуров Р. В., Дигурова И. И. Решение физических задач на лабораторном занятии в медицинском университете // Актуальные вопросы современного медицинского образования : материалы III Междунар. науч.-практ. конф. — Ижевск : Ижев. гос. мед. акад., 2022. — С. 123–126.

### Сведения об авторах

**Дигурова Ирина Ивановна** — кандидат биологических наук, доцент кафедры физики и математики ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н. И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Москва).

**Крайнова Елена Юрьевна** — старший преподаватель кафедры медицинской физики с курсом медицинской информатики ФГБОУ ВО «Ярославский государственный медицинский университет» (Ярославль).

**Дигуров Роман Валерьевич** — аспирант ФГБНУ «Технологический институт сверхновых и твердых углеродных материалов» (Москва, Троицк).

**Секретарева Юлия Андреевна** — преподаватель кафедры медицинской физики с курсом медицинской информатики ФГБОУ ВО «Ярославский государственный медицинский университет» (Ярославль).

УДК 378.2:53

*Л. В. Дубицкая, А. В. Закурина*

## ТЕХНОЛОГИЯ ОБУЧЕНИЯ ФИЗИКЕ НА ОСНОВЕ ЭЛЕКТРОННОГО УЧЕБНИКА

В статье рассматривается вопрос естественно-научного образования посредством введения в учебный процесс подготовки учителя физики технологий обучения на основе электронного учебника.

*электронный учебник, физика, технологии обучения, подготовка учителя физики, дистанционный формат обучения*

The article deals with the issue of natural science education, through the introduction of teaching technologies based on an electronic textbook into the educational process of training a physics teacher.

*electronic textbook, physics, teaching technologies, physics teacher training, distance learning format*

Не так давно образование было вынуждено перейти на дистанционный формат обучения. Основой системы такого образования является электронный учебник, который представляет собой «совокупность программных средств решений для передачи, хранения, обновления, использования, контроля усвоения знаний в процессе обучения»<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Полат Е. С. Новые педагогические и информационные технологии в системе образования : учеб. пособие. М. : Академия, 2017. С. 45.

Электронный учебник — это не просто электронная версия бумажного носителя, а целый комплект обучающих, контролирующих, моделирующих и других программ, в которых отражено основное научное содержание учебной дисциплины.

Понятие электронного учебника разные авторы трактуют по-разному. Рассмотрим их.

Электронный учебник (ЭУ) — «компьютерное, педагогическое программное средство, предназначенное, в первую очередь, для предъявления новой информации ... и позволяющее в ограниченной мере тестировать полученные знания и умения обучаемого»<sup>2</sup>.

Электронный учебник — ресурс, содержащий систематизированные учебные материалы из определенной области знаний, создание, распространение и использование которого возможно лишь с помощью информационных технологий<sup>3</sup>.

Современный электронный учебник — учебное электронное издание, содержащее системное и полное изложение учебного предмета или его части в соответствии с программой, поддерживающее все звенья дидактического цикла процесса обучения, являющееся важным компонентом индивидуализированной активно деятельностной образовательной среды<sup>4</sup>.

Существует разнообразие определений, но тем не менее их можно обобщить: электронный учебник — электронный ресурс, в состав которого входят программы, позволяющие дать информацию по предмету, проконтролировать ее усвоение и в какой-то степени упростить процесс обучения.

Стоит не забывать, что электронный учебник — это не альтернатива, а дополнение к традиционным формам обучения. Он призван не заменить работу обучающегося с конспектами, книгами и сборниками, а сохранить их достоинства и в полной мере использовать современные информационные технологии и возможности мультимедийных средств.

Электронный учебник позволяет полно раскрыть возможности мультимедийных средств. К таким возможностям можно отнести:

- представление процессов физики, химии в динамике, наглядное представление моделей объектов и процессов, которые недоступны для непосредственного наблюдения;
- моделирование процессов, которые требуют дорогостоящего или уникального оборудования;
- организация контекстных подсказок, ссылок;
- аудиокomментирование учебника;
- быстрое проведение сложных вычислений с представлением результатов в заданном виде и т. д.

Это все можно отнести к преимуществам электронных пособий перед обычными традиционными способами обучения.

Издательства «Просвещение» и «Первое сентября» давно занимаются разработкой электронных комплектов электронных учебных пособий. Такая работа привела к тому, что некоторые учащиеся получают планшетные компьютеры с настроенным программным обеспечением для учебных занятий.

Общественность отмечает, что это заметно облегчит вес портфеля школьников. Ведь вместо большого количества учебников учащимся достаточно будет носить один планшет и тетради.

Эксперты также отмечают, что электронные учебники способны повысить интерес к учебной деятельности, что является неоспоримым преимуществом. Электронные учебники способны открыть большое количество возможностей для реализации индивидуального подхода к учащимся, а учитель сможет сократить время на раздачу индивидуальных заданий.

Также к преимуществам электронных учебников можно отнести следующее:

- в производстве и обслуживании они дешевле бумажных;

---

<sup>2</sup> Тыщенко О. Б. Новое средство компьютерного обучения — электронный учебник // Компьютеры в учебном процессе. С. 89.

<sup>3</sup> См.: Полат Е. С. Новые педагогические и информационные технологии в системе образования : учеб. пособие. С. 480.

<sup>4</sup> См.: Босова Л. Л., Зубченко Н. Е. Электронный учебник: вчера, сегодня, завтра // ОТО. 2013. С. 3.

- упрощается обучение детей с ограниченными возможностями развития;
- процесс обучения за счет интерактивности становится более интересным.

Среди негативных моментов можно выделить то, что переход на такой электронный формат влечет за собой коренные изменения в методике преподавания. Эксперты считают, что в этом случае детям необходимо будет учиться самостоятельно, добывать информацию из интернета, а учителю только организовывать их работу и задавать необходимые вопросы.

К минусам можно отнести и то, что на сегодняшний момент будущих учителей практически не готовят к работе с электронными учебниками, не обучают методикам преподавания с их использованием. Это означает, что уже действующим учителям необходимо будет пройти курсы, а высшим заведениям менять программу подготовки учителей-предметников.

Подтверждением «против» является и тот факт, что многие учителя со стажем встречают внедрение электронных учебников негласным бойкотом.

Сетевая безопасность — важный аспект. Учителя считают, что если вместо бумажного учебника перед учащимися окажется электронный учебник с доступом к интернету, то ученик будет занят не учебным процессом. Это, несомненно, минус. Но эту проблему можно решить сетевым ограничением на устройствах.

Стоит обратить внимание, что многие школы России и школьники теоретически финансово не смогут позволить себе переход на такой формат обучения.

Таким образом, споры о достоинствах и недостатках электронных учебников до сих пор не утихают. Несомненно, они в какой-то степени упрощают процесс обучения и делают его более интересным, но не стоит забывать и о том, что в первую очередь — это дополнение, а не полная замена обычных традиционных форм.

Как было сказано ранее, электронный учебник — это не просто отсканированный или перепечатанный учебник, а целый комплекс программ. Достойными примерами электронного формата учебников являются учебники А. В. Пёрышкина по физике.

В целом структура и содержание такого учебника совпадает с печатной версией. Но, помимо этого, электронный учебник содержит педагогически обоснованный для усвоения материала набор цифровых ресурсов различного типа (рис.):



Рис. Содержание ЭФУ А. В. Пёрышкина

В одной программе учителю и обучающимся дается возможность без применения дополнительных средств наполнить урок чем-то интересным и интерактивным.

Школьный предмет «Физика» предполагает не только изучение теории и решение задач, но и проведение опытов и лабораторных практикумов. Несмотря на то что ни один компьютерный эксперимент не сможет полноценно заменить живой, электронные пособия с возможностью наглядно провести подобную работу достаточно удобны и хороши в своей эксплуатации.

#### **Список использованных источников**

1. Босова Л. Л., Зубченко Н. Е. Электронный учебник: вчера, сегодня, завтра // ОТО. — 2013. — № 3. — URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/elektronnyy-uchebnik-vchera-segodnya-zavtra> (дата обращения: 22.05.2022).

2. Полат Е. С. Новые педагогические и информационные технологии в системе образования : учеб. пособие. — М. : Академия, 2017. — 269 с.

3. Тыщенко О. Б. Новое средство компьютерного обучения — электронный учебник // Компьютеры в учебном процессе. — 1999. — № 10. — URL : <https://256.ru/pedagogics/tyshchenko/elec-book-1/> (дата обращения: 22.05.2022)

#### *Сведения об авторе*

*Дубицкая Лариса Владимировна* — доктор педагогических наук, профессор кафедры физики и химии ГОУ ВО МО «Государственный социально-гуманитарный университет» (Коломна).

*Закурина Арина Валерьевна* — студент ГОУ ВО МО «Государственный социально-гуманитарный университет» (Коломна).

УДК 372.853

DOI: 10.37724/h1305-5696-3748-b

*Т. В. Клеветова, С. А. Комиссарова*

### **ОПЫТ РЕАЛИЗАЦИИ ОНЛАЙН-ОБУЧЕНИЯ УЧАЩИХСЯ СРЕДНЕЙ ШКОЛЫ ФИЗИКЕ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ ОНЛАЙН-СЕРВИСОВ \***

В статье представлен опыт реализации онлайн-обучения на основе использования онлайн-сервисов.  
*физика, методика физики, онлайн-обучение, онлайн-сервисы*

The article presents the experience of implementing online learning based on the use of online services.  
*physics, methods of physics, online training, online services*

Современный этап развития образования нацелен на увеличение доли самостоятельной деятельности учащихся, чему способствует организация онлайн-обучения на основе использования телекоммуникационных, информационных технологий, различных онлайн-сервисов в интернете в режиме 24/7. Онлайн-обучение требует большей вовлеченности учащихся, которые должны стать активными участниками своего образования. В результате значительно повышается эффективность преподавания, уровень мотивации и удовлетворенности учащихся. Применение мультимедийных средств дает возможность реализовать дифференцированный подход к обучению посредством построения индивидуального образовательного маршрута каждым обучающимся.

При рассмотрении онлайн-обучения стоит отметить его тесную связь с дистанционным обучением и ряд отличий. Главная разница в том, что онлайн-обучение подразумевает обучение «здесь и сейчас» с помощью гаджетов, а дистанционное обучение осуществляется исключительно на расстоянии. Онлайн-обучение может включать личное общение между учителем и учащимися на регулярной основе.

Онлайн-обучение имеет множество неоспоримых преимуществ. На его дидактическую эффективность влияют не только имеющиеся содержание и форма общения, но и мотивация и готовность учиться у самого слушателя.

Дистанционное обучение не предполагает личного общения между учителями и учениками, и процесс обучения полностью ориентирован на использование цифровых форм общения, таких как приложения для обмена сообщениями, видеозвонками и др.

Исходя из этого, можно сказать, что онлайн-обучение является более широким понятием, по сравнению с дистанционным. Все признаки и характеристики, свойственные дистанционному

---

\* Исследование выполнено в рамках научного проекта РФФИ №19-29-14064 «Теоретико-методологические основы и технологическое обеспечение реализации образовательной деятельности в онлайн-сообществах учащихся школ».

обучению, также относятся и к онлайн-обучению. Это прежде всего использование электронно-образовательных ресурсов и онлайн-сервисов, возможность обучения на расстоянии. Однако далеко не все черты онлайн-обучения распространяются на дистанционное. К ним можно отнести необязательность общения учителя и ученика на расстоянии, возможность использования онлайн-сервисов при традиционном обучении. Это позволяет сделать выводы, что дистанционное обучение является частью онлайн-обучения.

Теоретические подходы к проектированию технологий онлайн-обучения рассмотрены в исследовании авторов<sup>1</sup>. Отметим, что под онлайн-обучением нами понимается форма организации учебного процесса на основе интернета с использованием онлайн-сервисов, позволяющая реализовывать удаленный доступ к учебным материалам и освоение на их основе предметного знания и опыта деятельности.

Одним из методических подходов к организации онлайн-обучения физике является использование онлайн-сервисов, под которыми мы понимаем программы, не требующие установки на компьютер и работающие в интернете по запросам пользователей. Рассмотрим возможности сервисов онлайн-доски, которые предназначены для организации сотрудничества обучающихся и учителя в интерактивном сетевом пространстве с возможностью визуального отображения всех действий, размещения текста и графической информации на рабочем столе, интеграции документов, виджетов и HTML-фрагментов с подключением аудио- и видеоинформации.

Виртуальные интерактивные доски в сетевом образовательном пространстве используются для совместного и индивидуального выполнения различных учебных заданий, для обсуждения и взаимопомощи, для дистанционного изучения учебных материалов, для совместной работы над исследовательским или другим проектом, для организации опроса учащихся по любой интересующей теме.

При апробации проведен урок на тему «Законы Ньютона» для учащихся 9 класса. В качестве основной платформы проведения урока была выбрана онлайн-доска Migo, так как ее отличительной чертой является легкая интеграция с другими сервисами, что позволило создать онлайн-урок с использованием нескольких сервисов на одной платформе.

При изучении материала для наглядности часть информации оформляем с помощью схем, таблиц, рисунков. Онлайн-доска предполагает большой выбор виджетов для этого. Для изучения нового материала также создаем презентации на основе онлайн-сервиса Prezi.

На этапе повторения пройденных тем закрепления материала учащимся предлагается выполнение упражнений с применением онлайн-сервиса LearningApps.org. Суть сервиса заключается в создании творческих заданий с мгновенным отображением результатов. Он предоставляет выбор из большого количества макетов разных типов заданий. Работать в данном сервисе довольно просто, так как необходимо выбрать шаблон для своего задания. Все шаблоны представляют собой игровые задания, дающие возможность, например, ввести слова для кроссворда, изображения, видеоролики. Сервис сам сгенерирует получившийся результат. Так, по предоставленному макету выполнено упражнение «Слова из букв» на тему «Физические величины» и получившееся задание интегрировано в сервис онлайн-доски с помощью сгенерированной ссылки.

Для проведения контроля используем тесты, созданные в сервисе Google Формы. Он позволяет составить тестовые задания для учеников с мгновенным выводом ответа как ученикам, так и учителю. Рассмотрим основы создания тестов. Для того чтобы создать тестовое задание по теме, необходимо открыть пустую форму, затем выбрать и настроить тестовое задание. Есть возможность включить разные типы вопросов: с единичным ответом, множественным выбором и др. Стоит отметить: чтобы интегрировать получившееся задание в онлайн-доску, достаточно просто скопировать URL.

Рассмотрим основные трудности проведенного онлайн-урока и рекомендации по их предотвращению.

---

<sup>1</sup> См.: Клеветова Т. В., Комиссарова С. А., Попов К. А. Технологии онлайн-обучения как современное направление реализации образовательной деятельности в онлайн-сообществах учащихся // Современные проблемы науки и образования. 2021. № 3. С. 15.

На этапе подготовки к уроку была выявлена первая проблема: не каждый учащийся имеет возможность подключиться к онлайн-сервису. Это может быть связано с техническими проблемами или же возникшими трудностями при регистрации на онлайн-сервисе. Для решения проблемы с подключением к сервисам можно, например, сделать запись прошедшего урока и опубликовать в сети, тестовые или текстовые задания донести до учащихся с помощью электронной почты. Данная проблема не возникнет, если использовать онлайн-сервисы как дополнительные средства при работе в классе.

При проведении урока была подмечена важная деталь, а именно адреса онлайн-сервисов были расположены в непосредственной близости друг от друга и разбиты по блокам, в соответствии с этапом урока, что позволило быстро ориентироваться и не тратить много времени на поиск сервиса и переключение между ними, поскольку онлайн-доска представляет собой безразмерное пространство и при разработке урока стоит акцентировать на этом внимание.

Необходимо заранее отметить время загрузки того или иного сервиса и связать его с этапами урока. Например, онлайн-сервис для создания интерактивных презентаций Prezi имеет относительно большое время загрузки (от нескольких секунд до нескольких минут). Это может создать паузу на уроке, поэтому стоит продумать данную особенность и заранее подготовить презентацию.

Рассмотрим преимущества проведенного урока с использованием онлайн-сервисов. Каждый из учащихся включен в работу, потому что работает индивидуально, выполняя задания с мгновенным выводом результатов. Яркий визуальный стиль вызвал у учащихся повышенный интерес. Также было отмечено, что создание интерактивной презентации вызывает больший интерес, чем онлайн-тестирование. Учащиеся с энтузиазмом осуществляли навигацию по презентации и зачитывали информацию с нее. Благодаря быстрой навигации по онлайн-сервисам, при возникновении вопроса есть возможность вернуться на любой этап урока и уточнить тот или иной момент.

Таким образом, применение технологий онлайн-обучения позволяет активизировать деятельность учащихся по приобретению нового знания, опыта деятельности и одновременно формирует опыт работы в интерактивной среде.

#### ***Список использованных источников***

Клеветова Т. В., Комиссарова С. А., Попов К. А. Технологии онлайн-обучения как современное направление реализации образовательной деятельности в онлайн-сообществах учащихся // Современные проблемы науки и образования. — 2021. — № 3. — С. 15.

#### ***Сведения об авторах***

***Клеветова Татьяна Валентиновна*** — кандидат педагогических наук, доцент ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный социально-педагогический университет» (Волгоград).

***Комиссарова Светлана Александровна*** — кандидат педагогических наук, доцент ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный социально-педагогический университет» (Волгоград).

УДК 004:371.3

DOI: 10.37724/e9721-1818-6867-v

***О. В. Кузнецова, Н. Д. Панкрушина, Н. Б. Федорова***

### **ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВОЙ ЛАБОРАТОРИИ SENSEDISC ПРИ ИЗУЧЕНИИ ФИЗИКИ В СРЕДНЕЙ ШКОЛЕ**

В статье описывается применение цифровой лаборатории SenseDisc Advance в средней школе, приводится пример ее использования при выполнении лабораторной работы по физике в 8 классе.

*физика, цифровая лаборатория, лабораторные работы по физике*

---

© Кузнецова О. В., Панкрушина Н. Д., Федорова Н. Б., 2023

The article describes the use of the Sensi Disc Advance digital laboratory in high school, provides an example of its use when performing laboratory work in physics in the 8th grade.

*physics, digital laboratory, SenseDisc, physics labs*

Программа модернизации содержания образования затрагивает все стороны образовательного процесса. Выдвигая в качестве основополагающей идеи компетентный подход в образовательном пространстве, она нацеливает педагогических работников на поиск и апробацию новых технологий, ориентированных на формирование и развитие у учащихся ключевых компетенций. Современные условия развития общества все больше указывают на то, что умения выявлять, классифицировать, наблюдать, описывать, оценивать, отличать знания от мнения, делать выводы из анализа мышления и деятельности становятся все более актуальными.

Особую роль в образовательном процессе при изучении физики в средней школе играет лабораторный эксперимент, позволяющий школьникам самостоятельно исследовать физические законы и явления, смоделированные с помощью лабораторных приборов. В курсе физики есть явления, которые трудно смоделировать и исследовать в условиях школьного кабинета (явления макромира, быстро протекающие процессы и т. д.), есть темы, требующие не только повышенного внимания при восприятии, но и немалого воображения (электромагнитные колебания, физика атомного ядра, квантовая физика и т. п.).

Данную проблему позволяют решать цифровые и виртуальные лабораторные работы.

Цифровые лаборатории являются современным оборудованием для проведения самых различных школьных исследований естественно-научного направления. С их помощью можно проводить работы как входящие в школьную программу, так и совершенно новые исследования.

Применение цифровых лабораторий значительно повышает наглядность в ходе самой работы и при обработке результатов благодаря новым измерительным приборам, входящим в комплект лаборатории как биологии-химии (датчики освещенности, влажности, дыхания, концентрации кислорода, частоты сердечных сокращений, температуры, кислотности и пр.), так и лаборатории физики (датчики силы, расстояния, давления, температуры, тока, напряжения, освещенности, звука, магнитного поля и пр.).

Использование цифровой лаборатории позволяет формировать у обучающихся универсальные учебные действия (опыт работы с современной техникой, компьютерными программами, опыт взаимодействия исследователей, опыт информационного поиска).

Сегодня существует много производителей цифровых лабораторных комплексов. Цифровая лаборатория SenseDiscAdvance является универсальным расширенным комплектом нового поколения школьных естественно-научных лабораторий для проведения широкого спектра исследований, демонстраций, лабораторных работ. Данный комплект позволяет измерить уровень интенсивности шума окружающей среды, исследовать феномен электромагнитной индукции и пр. В комплект входят встроенные датчики (акселерометр (3 оси), GPS, термометр окружающей среды, барометр), съемные измерительные датчики (давление воздуха, тока, движения, температуры, света, напряжения (V), напряжения (mV), звука, проводимость, сердцебиения, относительная влажности, термопара, силы).



Рис. 1. Цифровая лаборатория, расширенная SenseDiscAdvance

Программное обеспечение данной цифровой лаборатории SenseDiscAdvance включает в себя:

- шаблоны для экспериментов,
- интерфейс в виде множества папок с отрывными листами (стиль отображения может задаваться самостоятельно),
- функцию полного согласования статистики и данных,
- сохранение настроек для создания шаблона эксперимента,
- сохранение результата эксперимента и создание проигрываемого файла,
- уникальный операционный интерфейс, обеспечивающий легкость управления <sup>1</sup>.

Программное обеспечение анализа данных для Windows имеет простой задаваемый пользователем режим «Мой эксперимент», ориентированный на пользователя интерфейс, расширенный встроенный рабочий журнал, режим CCD и режим воспроизведения звука, поддержку нескольких языков <sup>2</sup>.



Рис. 2. Программное обеспечение анализа данных для Windows

Программное обеспечение для анализа данных для ОС Android само по себе является разновидностью платформы для научного эксперимента: оно разработано на базе Android и в основном выполняет задачи измерения полученных в эксперименте данных, их анализа и верификации в соответствии с принципами проведения эксперимента <sup>3</sup>.

В сочетании с использованием датчиков платформа позволяет тестировать практически все физические, химические и биологические данные, пригодные для наглядного преподавания в начальной, средней и старшей школах.



Рис. 3. Программное обеспечение анализа данных для Android

<sup>1</sup> См.: Цифровые лаборатории SenseDisc по физике, химии, биологии, математике. URL : <http://sensedisc.ru/> (дата обращения: 19.03.2023).

<sup>2</sup> См. там же.

<sup>3</sup> См. там же.



Программное обеспечение анализа данных для iOS & Mac OS является мощным аналитическим инструментом и в основном используется для измерения полученных в эксперименте данных, их анализа и верификации в соответствии с принципами проведения опыта. В сочетании с использованием датчиков платформа позволяет тестировать практически все физические, химические и биологические данные, пригодные для наглядного преподавания в начальной и средней школах, колледжах и университетах <sup>4</sup>.



Рис. 4. Программное обеспечение анализа данных для iOS & MacOS

Остановимся более подробно на применении цифровой лаборатории *SenseDiscAdvance* на уроках физики при выполнении программных лабораторных работ. Перед выполнением лабораторной работы обучающиеся получают общий сценарий выполнения лабораторного эксперимента, в котором определены цели и задачи, а также сформулирован ход выполнения работы. В зависимости от подготовки учащихся варьируется число проводимых измерений и проведение дополнительных этапов работы, используемых для расчета необходимых величин. Сценарий для проведения лабораторной работы – это алгоритм, который обязательно приведет исполнителя к конечному результату при условии правильного исполнения каждого его пункта.

Лабораторный эксперимент с применением *SenseDiscAdvance* предполагает заполнение таблицы регистрации данных и других, которые в программе цифрового оборудования формируются автоматически. Оценив корректность полученных данных, на основе таблицы регистрации составляется график зависимости физических величин, который также можно построить с помощью программного обеспечения цифровой лаборатории. По готовым таблицам данных и графикам обучающийся составляет отчет о проведении работы, делает вывод и отвечает на контрольные вопросы. В выводе обучающиеся анализируют выполнение целей и задач работы, при необходимости оценивают погрешность полученных результатов. Программа цифровой лаборатории позволяет оценить погрешность полученных экспериментальных данных на основе статистических способов.

В процессе работы с цифровым оборудованием у школьников формируются экспериментальные умения по физике. Они учатся представлять информацию об исследовании в различных форматах:

- *вербальном* (описывать эксперимент, создавать словесную модель эксперимента, фиксировать внимание на измеряемых физических величинах, терминологии);
- *табличном* (заполнять таблицы данных, лежащих в основе построения графиков);
- *графическом* (строить графики по табличным данным, что позволяет перейти к выдвижению гипотез о характере зависимости между физическими величинами);
- *аналитическом* (в виде математических уравнений; приводить математическое описание взаимосвязи физических величин, математическое обобщение полученных результатов).

<sup>4</sup> См.: Цифровые лаборатории SenseDisc по физике, химии, биологии, математике.

В качестве примера рассмотрим лабораторную работу «Исследование зависимости силы тока в проводнике от напряжения на его концах. Измерение сопротивления»<sup>5</sup>.

*Цель работы:* исследовать, от чего зависит сила тока в проводнике; измерить сопротивление проводника, пользуясь датчиками силы тока и напряжения лабораторного комплекса SenseDisc.

*Оборудование:* любой лабораторный комплекс SenseDisc с соответствующим набором измерительных устройств, например модификация SenseDiscPhysics (серый диск); измерительные устройства: датчик силы тока (S0005); датчик напряжения (S0001); источник постоянного тока (например, батарейка); переменное сопротивление (реостат); три проводника (резистора) различных сопротивлений; ключ; соединительные провода; компьютер/планшет/смартфон с предустановленным программным обеспечением SenseDisc iLab.

*Параметры измерений:*

- интервал измерения (частота) — 1 с (1 замер в секунду);
- время измерения (длительность) — 10 с.

*Ход работы.*

1. Соберите электрическую цепь по приведенной схеме (рис. 5), взяв в качестве исследуемого проводника один из резисторов известного сопротивления. Собранный вид электрической цепи приведен на рисунке 6. *Примечание:* на схеме за обозначение амперметра принять датчик силы тока (S0005), за вольтметр — датчик напряжения (S0001).

Способ подключения датчиков аналогичен включению амперметра и вольтметра в электрическую цепь.

2. снимите показания вольтметра  $U$  и амперметра  $I$  для первого проводника. Для этого:

- а) подключите датчик силы тока и напряжения к регистратору данных SenseDisc;
- б) подключите к цифровой лаборатории компьютер/планшет/смартфон, запустите программу SenseDisc iLab. В окне «Предварительное меню» выберите клавишу «Новый» в разделе «Опыт». Далее нажмите клавишу «Новая страница» и выберите режим просмотра «Директория с индикацией графиков». Затем воспользуйтесь клавишей «Добавить строку». В окне «Редактор кривых» выберите величины, которые будут отображаться по осям координат, а именно: ось  $X$  — напряжение ( $U$ ), ось  $Y$  — ток ( $A$ ). Нажмите клавишу «Добавить».

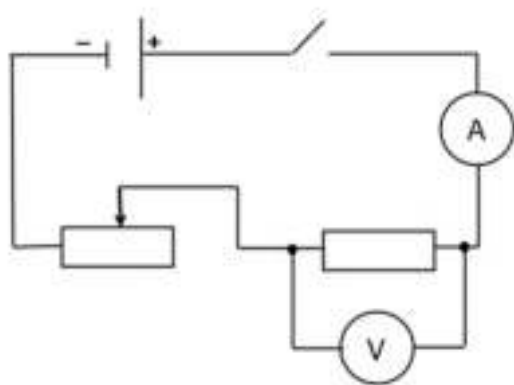


Рис. 5. Схема электрической цепи для лабораторной работы

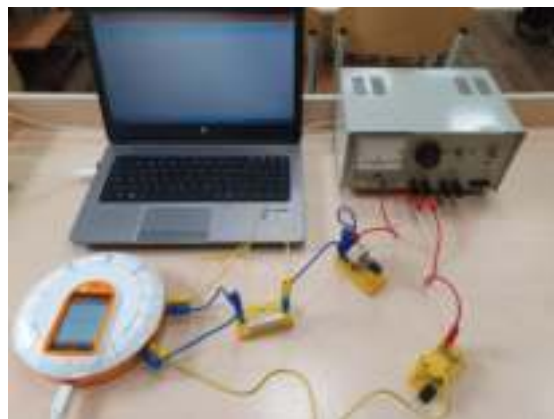


Рис. 6. Собранный вид электрической цепи для лабораторной работы

в) установите на источнике напряжение 4 В;

<sup>5</sup> См.: Лощагин О. В. Лабораторные комплексы SenseDisc при реализации основных образовательных программ общего образования. СПб. : Аскрин, 2016. 196 с. ; Пёрышкин, А. В. Физика. 8 класс : учеб. М. : Экзамен, 2019. 271 с. ; Федорова Н. Б., Кузнецова О. В. Фронтальные лабораторные работы по физике для средней общеобразовательной школы : практикум. Рязань : Ряз. гос. ун-т им. С.А. Есенина, 2018.

- г) замкните ключом электрическую цепь;
- д) выполните предварительную регистрацию данных, нажав на клавишу «Старт»; проверьте соответствие параметров измерений характеристикам исследуемого физического явления (при неудобном расположении получившегося графика при предварительной регистрации данных воспользуйтесь клавишей «Установка зоны показа» для редактирования отображения графика);
- е) начните регистрацию данных, вновь нажав на клавишу «Старт». После завершения опыта разомкните цепь;
- ж) сохраните полученные данные (файл опыта), нажав клавишу «Сохранить эксперимент».
3. Повторите опыт для каждого из проводников (резисторов).
4. Выполните обработку и анализ результатов. Для этого:
- а) откройте экспериментальные данные (файл опыта) для первого проводника (резистора);
- б) определите экспериментальные значения напряжения  $U$  и силы тока  $I$  с помощью клавиши «Редактирование переменных»;
- в) из открывшейся таблицы выпишите необходимые данные в таблицу с учетом погрешности измерений:

| Проводник | $t, c$ | $I, A$ | $\Delta I, A$ | $U, B$ | $\Delta U, B$ | $R, Ом$ | $\Delta R, Ом$ | $\varepsilon_R, \%$ |
|-----------|--------|--------|---------------|--------|---------------|---------|----------------|---------------------|
| 1         |        |        | 0,002         |        | 0,05          |         |                |                     |
| 2         |        |        | 0,002         |        | 0,05          |         |                |                     |
| 3         |        |        | 0,002         |        | 0,05          |         |                |                     |
| Ср.       |        |        | 0,002         |        | 0,05          |         |                |                     |

- г) повторите действия для каждого из проводников (резисторов).
5. Сделайте и запишите вывод о характере зависимости силы тока в проводнике (резисторе) от напряжения на его концах.
6. Используя закон Ома, вычислите сопротивление проводника (резистора)  $R$  по данным каждого отдельного измерения.
7. Результаты с учетом абсолютной и относительной погрешностей измерений занесите в таблицу.
8. Сделайте и запишите вывод, от чего зависит и от чего не зависит сопротивление.

#### *Контрольные вопросы.*

1. Назовите условия, необходимые для существования электрического тока в проводнике.
2. От чего зависит сила тока в исследуемом проводнике?
3. От чего зависит сопротивление проводника?

Применение цифровой лаборатории SenseDiscAdvance создает условия для приобретения учащимися навыков научного анализа явлений природы, осмысления физического и компьютерного эксперимента, осознания значимости практических работ при изучении курса физики. Применяя цифровую лабораторию, можно осуществить дифференцированный подход к обучению и развить у учащихся интерес к самостоятельной исследовательской деятельности.

#### **Список использованных источников**

1. Лощагин О. В. Лабораторные комплексы SenseDisc при реализации основных образовательных программ общего образования. — СПб. : Аскрин, 2016. — 196 с.
2. Пёрышкин А. В. Физика. 8 класс : учеб. — М. : Экзамен, 2019. — 271 с.
3. Федорова Н. Б., Кузнецова О. В. Фронтальные лабораторные работы по физике для средней общеобразовательной школы : практикум. — Рязань : Ряз. гос. ун-т им. С. А. Есенина, 2018.
4. Цифровые лаборатории SenseDisc по физике, химии, биологии, математике. — URL : <http://sensedisc.ru/> (дата обращения: 31.01.2023).

### *Сведения об авторах*

**Кузнецова Ольга Викторовна** — кандидат педагогических наук, доцент ФГБОУ ВО «Рязанский государственный университет имени С. А. Есенина» (Рязань).

**Федорова Наталья Борисовна** — доктор педагогических наук, профессор ФГБОУ ВО «Рязанский государственный университет имени С. А. Есенина» (Рязань).

**Панкрушина Наталья Дмитриевна** — студентка 1 курса направления подготовки 44.04.01. «Педагогическое образование» ФГБОУ ВО «Рязанский государственный университет имени С. А. Есенина» (Рязань).

УДК 372.853-3

**А. И. Кустов, В. В. Лоткина,  
А. А. Хорошилова, И. О. Бакланов**

## **ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ И ФИЗИЧЕСКОЙ СФЕРАХ ОБРАЗОВАНИЯ**

В работе рассмотрена такая важная проблема, как измерение параметров и характеристик материальных объектов и процессов. Показано, что в сферах образования физики и технологии ведущую роль в измерениях играет их объективный характер. Объективные же данные при измерениях обеспечиваются применением информационных технологий. Предлагаемые алгоритмы применимы в широком кругу дисциплин, в том числе и педагогических измерениях.

*информационные технологии, измерения, образование, физика, технология*

The paper considers such an important problem as the measurement of parameters and characteristics of material objects and processes. It is shown that in such areas of education as “physics” and “technology” the leading role in measurements is played by their objective nature. Objective data during measurements are provided by the use of information technology. The proposed algorithms are applicable in a wide range of disciplines, including pedagogical measurements.

*information technology, measurements, education, physics, technology*

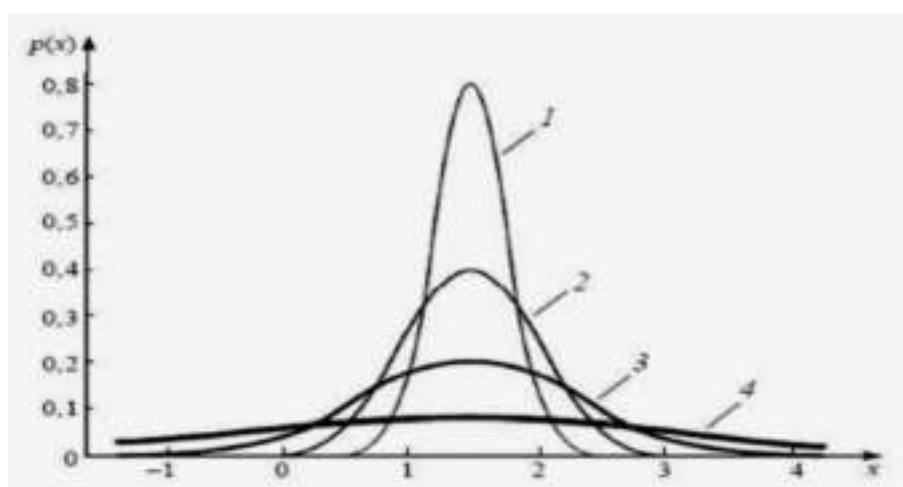
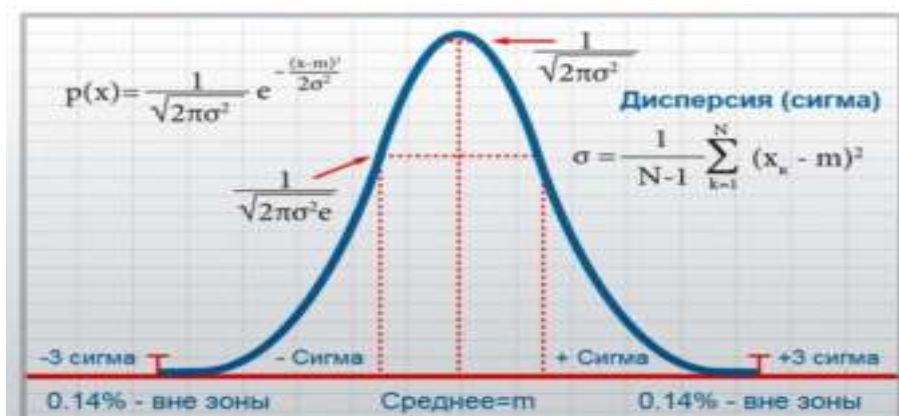
В современном мире важное значение имеет измерение параметров материальных тел. Параллельно в последние десятилетия появились направления, связанные с определением значений параметров процессов, реализуемых для получения объективных характеристик. Прежде всего такие направления связаны с технологическими и физическими сферами образования. Важно, что в новых подходах к проблеме можно использовать теории измерений, применяемые в естественных науках, в частности в физике.

Качество материальных и виртуальных объектов позволяет успешно решать ряд таких важных проблем современного мира, как энергетические, экологические, этические. На наш взгляд, их успешное решение могут обеспечить современные информационные технологии которые к тому же существенно снижают трудоемкость расчетов<sup>1</sup>. Рассмотрим в качестве примера проблему объективности оценивания знаний в педагогических измерениях, а также измерение расстояний в технологической сфере.

---

<sup>1</sup> См.: Каунов А. М. Эффективный инновационный инструментарий современных методик креативного обучения в технологическом образовании // Технологическое образование: достижения, инновации, перспективы : межвуз. сб. ст. XVI Междунар. конф. Тула : Тул. гос. пед. ун-т, 2015. С. 30–37 ; Горбачева И. В., Подобреева Н. Л. Проблемы и перспективы технологического образования // Материалы XXIV Междунар. науч.-практ. конф. «Современное технологическое образование» / под ред. Ю. Л. Хотунцева. М. : Моск. пед. гос. ун-т, 2018. С. 31–36.

В педагогических измерениях<sup>2</sup> разработаны методы определения коэффициентов надежности и уровня валидности тестов, которые позволяют объективно осуществлять оценку знаний обучаемых по различным дисциплинам. Основой этих методов является теория статистических распределений, в частности распределения Гаусса или Максвелла (рис. 1, 2). Главное, что разработанные методы обеспечивают при оценивании уровня знаний обучаемых высокую степень объективности. Совокупность параметров для различных распределений (рис. 2) позволяет рассчитать необходимые значения коэффициентов асимметрии и эксцесса (рис. 3), определяющие структуру тестов для той или иной дисциплины. Для проверки объективности проводимых измерений были проведены эксперименты на модельном объекте — доске Гальтона (рис. 4).



<sup>2</sup> См.: Саввина Н. П., Филонова И. В. [и др.]. Разработка современных образовательных ресурсов для технологических и технических дисциплин с помощью информационных технологий // Информационно-коммуникационная среда технологического образования : сб. материалов I Всерос. пед. форума / под общ. ред. Н. Н. Новиковой. Сыктывкар : Коми пед. ин-т, 2014. Вып. 1. С. 70–77 ; Мигель И. А., Денисова Я. Д., Семенова Я. В., Кустов А. И. Решение оптимизационных задач как элемент повышения эффективности современного технологического образования // Современные тенденции развития системы образования : материалы Междунар. науч.-практ. конф. / отв. ред. Ж. В. Мурзина. Чебоксары : Среда, 2018. С. 76–81.

| Как вычислить коэффициент асимметрии и коэффициент эксцесса? |             |                           |                                |                           |                                      |  |
|--|-------------|---------------------------|--------------------------------|---------------------------|--------------------------------------|--|
| $x_i$  | $n_i$       | $x_i n_i$                 | $(x_i - \bar{x}_s)^2 n_i$      | $(x_i - \bar{x}_s)^3 n_i$ | $(x_i - \bar{x}_s)^4 n_i$            |  |
| 48,5   | 20          | 970                       | 28,8                           | -34,56                    | 41,472                               |  |
| 49,5   | 50          | 2475                      | 2                              | -0,4                      | 0,08                                 |  |
| 50,5   | 20          | 1010                      | 12,8                           | 10,24                     | 8,192                                |  |
| 51,5   | 10          | 515                       | 32,4                           | 58,32                     | 104,976                              |  |
| <b>Суммы:</b>  | <b>100</b>  | <b>4970</b>               | <b>76</b>                      | <b>33,6</b>               | <b>154,72</b>                        |  |
| $\bar{x}_s = \frac{\sum x_i n_i}{n} =$                       | <b>49,7</b> |                           |                                | $m_3 =$                   | $m_4 =$                              |  |
|  |             | $\sigma_s = \sqrt{D_s} =$ |                                | $\Rightarrow$             |                                      |  |
| $D_s = \frac{\sum (x_i - \bar{x}_s)^2 n_i}{n} =$             | <b>0,76</b> |                           | $A = \frac{m_3}{\sigma_s^3} =$ |                           | $B_k = \frac{m_4}{\sigma_s^4} - 3 =$ |  |

Рис. 3. Пример расчета эксцесса и коэффициентов асимметрии (в MS Excel)

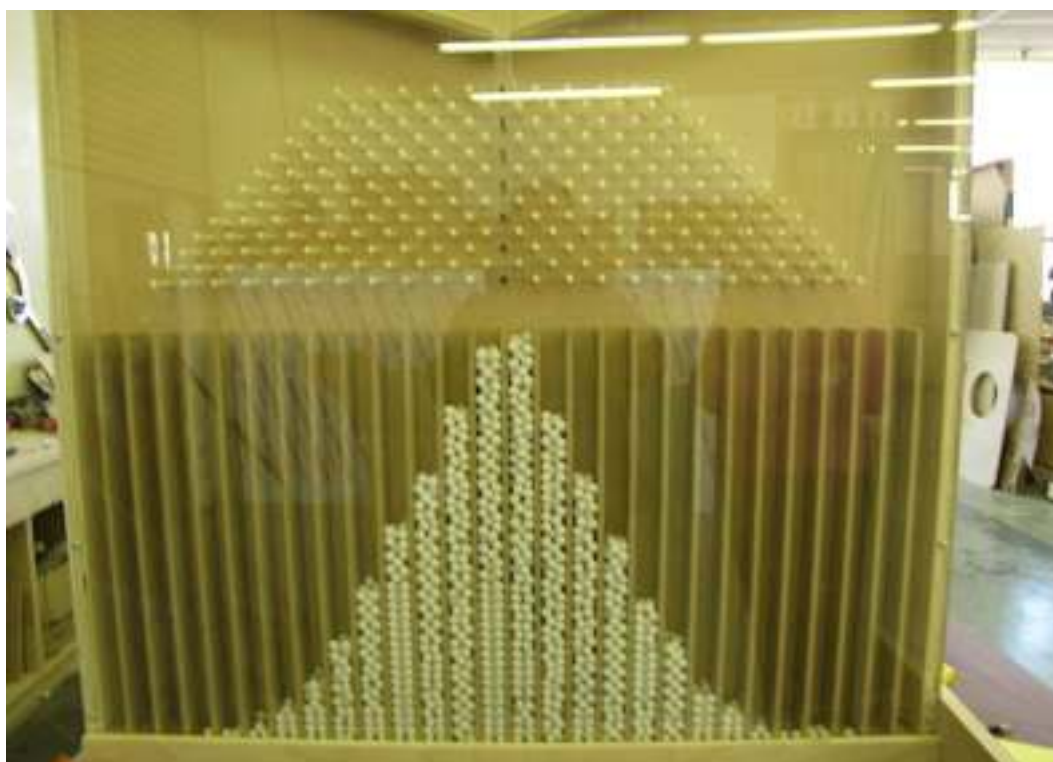


Рис. 4. Пример анализа гауссовского распределения с помощью модельного инструмента (доски Гальтона)

Итак, на основе распределений гауссовского типа были разработаны методы оценки коэффициентов надежности и валидности. При этом в ходе расчетов обеспечивалась минимизация случайных погрешностей измерений и с высокой степенью вероятности гарантировалась объективность контроля с помощью разработанных тестов.

В таблице 1 представлены результаты метода структурированности знаний, которые характеризуют *профиль испытуемого*. Если профиль последовательно растет от 0 к 1, это означает выборку ответов в тесте, отделяющую правильные ответы для легких заданий и неверные для трудных заданий. Реализуется дифференциация знаний испытуемого.

Результаты метода структурированности знаний,  
характеризующие профиль испытуемого

| №    | X1   | X2   | X3   | X4   | X5   | X6   | X7   | X8   | X9   | X10  |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1    | 1    | 1    | 1    | 0    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    |
| 2    | 1    | 1    | 0    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 0    |
| 3    | 1    | 1    | 1    | 1    | 0    | 1    | 1    | 0    | 1    | 0    |
| 4    | 1    | 1    | 1    | 1    | 0    | 1    | 0    | 1    | 0    | 0    |
| 5    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 0    | 0    | 0    | 0    |
| 6    | 1    | 1    | 1    | 1    | 0    | 0    | 1    | 0    | 0    | 0    |
| 7    | 1    | 1    | 0    | 1    | 1    | 0    | 1    | 0    | 0    | 0    |
| 8    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |
| 9    | 1    | 0    | 1    | 0    | 1    | 1    | 0    | 0    | 0    | 0    |
| 10   | 0    | 1    | 1    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 1    |
| 11   | 1    | 1    | 1    | 0    | 0    | 0    | 0    | 1    | 0    | 0    |
| 12   | 1    | 1    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |
| 13   | 1    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |
| Ri   | 12   | 11   | 9    | 7    | 6    | 6    | 5    | 4    | 3    | 2    |
| Wi   | 1    | 2    | 4    | 5    | 6    | 6    | 7    | 8    | 10   | 11   |
| pi   | .923 | .846 | .692 | .538 | .462 | .462 | .385 | .308 | .231 | .154 |
| qi   | .077 | .154 | .308 | .462 | .538 | .538 | .615 | .692 | .769 | .846 |
| piqi | .071 | .130 | .213 | .248 | .248 | .248 | .236 | .213 | .178 | .130 |

Строки испытуемых в таблице 1 под номерами 5, 8, 11, 12, 13 — примеры правильных профилей знаний, а в остальных профилях есть ошибки. Следовательно, отклонение от правильного варианта объясняется с помощью неудачной попытки угадывания правильного ответа или же банальным незнанием. Далее вносится система оценок, в которой чем больше ошибок, тем хуже структура знаний, тем ниже надежность результатов, полученных группой испытуемых. Нами рассмотрены различные формулы расчета надежности на основе разных статистических подходов. Прежде всего это теория Л. Гутмана, согласно которой:

$$r_g = 1 - \frac{\sum_i e}{N \cdot k} \quad (1)$$

где  $r_g$  — коэффициент структурированности тестовых результатов испытуемых в группе;  $\sum_i e$  — количество ошибочных элементов в профилях всех испытуемых;  $N$  — число испытуемых в матрице данных;  $k$  — число заданий в тесте.

При подстановке числовых данных таблицы 1 в выражение (1) получим значение:

$$r_g = 1 - \frac{20}{13 \cdot 10} = 0,846 \quad (2)$$

Считается, что если значение  $r_g > 0,800$ , то проведенные измерения имеют достаточную степень надежности. При этом она складывается из двух основных профилей — заданий и испытуемых. Другой метод оценки надежности базируется на идее стабильности результатов испытуемых. В этом случае испытуемому предлагается дважды выполнить одно и то же задание, после чего проводится корреляция результатов. Результаты, как и для первого метода, считают надежными, при  $r_g > 0,800$ . При этом с ростом  $r_g$  их стабильность должна расти. Источником погрешностей в этом случае являются различия результатов первого и второго измерений. Третий метод оценки надежности — деление, когда оценивается корреляция результатов испытуемых, полученных при ответах на параллельные варианты одного и того же теста. Баллы испытуемых в нечетных (1, 3, 5...) и в четных заданиях (2, 4, 6...) считают отдельно (табл. 2).

По данным, собранным в таблице, рассчитывают классические коэффициенты корреляции Пирсона. В нашем случае:

$$SS_x = SX^2 - \frac{(\sum_i X)^2}{N} ; SS_x = 113 - \frac{(35)^2}{13} = 113 - 94,230 = 18,769,$$

$$SS_y = SY^2 - \frac{(\sum_i Y)^2}{N} ; SS_y = 90 - \frac{(30)^2}{13} = 20,769.$$

Затем рассчитывают суммы произведений  $X$  и  $Y$ , скорректированные на средние значения ( $SP_{xy}$ ) по формулам:

$$SP_{xy} = \sum X \cdot Y - \frac{\sum X \cdot \sum Y}{N} ; SP_{xy} = 92 - \frac{35 \cdot 30}{13} = 11,231.$$

Таким образом, три классических шага позволяют получить финальный коэффициент корреляции Пирсона:

$$r_{XY} = \frac{SP_{XY}}{\sqrt{SS_X \cdot SS_Y}} = \frac{11,231}{\sqrt{18,769 \cdot 20,769}} = 0,569 \quad (3)$$

Таблица 2

Корреляция баллов испытуемых в нечетных и четных заданиях

| № испытуемых | Баллы, набранные в нечетных заданиях (X) | Баллы, набранные в четных заданиях (Y) | X · Y | X <sup>2</sup> | Y <sup>2</sup> |
|--------------|--|--|-------|----------------|----------------|
| 1            | 5  | 4                                      | 20    | 25             | 16             |
| 2            | 4  | 4                                      | 16    | 16             | 16             |
| 3            | 4  | 3                                      | 12    | 16             | 9              |
| 4            | 2  | 4                                      | 8     | 4              | 16             |
| 5            | 3  | 3                                      | 9     | 9              | 9              |
| 6            | 3  | 2                                      | 6     | 9              | 4              |
| 7            | 3  | 2                                      | 6     | 9              | 4              |
| 8            | 3  | 2                                      | 6     | 9              | 4              |
| 9            | 3  | 1                                      | 3     | 9              | 1              |
| 10           | 1  | 3                                      | 3     | 1              | 9              |
| 11           | 2  | 1                                      | 2     | 4              | 1              |
| 12           | 1  | 1                                      | 1     | 1              | 1              |
| 13           | 1  | 0                                      | 0     | 1              | 0              |
| S:           | 35                                       | 30                                     | 92    | 113            | 90             |

Далее используются предложенные различными исследователями варианты формул расчета значений коэффициента надежности. Главное — каковы требования, но необходимо и проводить более жесткое оценивание результатов или достаточно достигать величин ниже пороговых процентов до 10. Например, из-за деления задания на две части получаемые значения для нечетных и четных заданий обычно не совпадают. Поэтому Спирменом совместно с Брауном была получена формула коррекции результатов, где  $n$  — множитель деления данных (в нашем случае “2”), а  $k_1$  и  $k_2$  — коэффициенты корреляции для каждой части заданий.

$$r = \frac{n \cdot r_{k_1 k_2}}{1 + (n - 1) \cdot r_{k_1 k_2}}. \quad (4)$$



Использование этого выражения для данных, собранных в таблице позволяет получить значение:  $r = \frac{2 \cdot r_k}{1 + r_k} = \frac{2 \cdot (0,569)}{1 + (2 - 1) \cdot 0,569} = 0,725$ .

Оно заметно ниже пороговых 0,800, что означает недостаточную надежность результатов испытаний. Данный факт объясняется тем, что источник погрешностей измерения в этом случае — уменьшение числа заданий, а возможно и недостаточная параллельность заданий по содержанию.

Еще два эффективных метода расчета коэффициента надежности — ретестовый и параллельных форм. Наглядный пример их использования представлен на основе данных таблицы 3.

Таблица 3

Матрица тестовых результатов размером 10 на 10

| Номера испытуемых (i)         | Номера заданий (j) |     |     |     |     |     |     |     |     |     | Индивидуальные баллы (Xj) |
|-------------------------------|--------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---------------------------|
|                               | 1                  | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  |                           |
| 1                             | 1                  | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   | 6                         |
| 2                             | 1                  | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 2                         |
| 3                             | 0                  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 0   | 0   | 1                         |
| 4                             | 1                  | 1   | 0   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 9                         |
| 5                             | 1                  | 0   | 1   | 0   | 1   | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   | 4                         |
| 6                             | 1                  | 1   | 1   | 0   | 0   | 0   | 1   | 0   | 0   | 0   | 4                         |
| 7                             | 1                  | 1   | 1   | 1   | 0   | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   | 5                         |
| 8                             | 1                  | 1   | 1   | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 4                         |
| 9                             | 1                  | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 0   | 9                         |
| 10                            | 1                  | 1   | 1   | 1   | 1   | 0   | 0   | 1   | 0   | 0   | 6                         |
| Число правильных ответов (Yj) | 9                  | 8   | 7   | 6   | 5   | 5   | 4   | 3   | 2   | 1   | 50                        |
| Pj                            | 0,9                | 0,8 | 0,7 | 0,6 | 0,5 | 0,5 | 0,4 | 0,3 | 0,2 | 0,1 |                           |

Ретестовый метод оценки надежности основан на подсчете корреляции индивидуальных баллов испытуемых. Они получаются в результате двукратного выполнения одного теста. Повторное тестирование обычно проводится через 3–4 недели. В этом случае испытуемые еще не успели забыть размещенный в тесте учебный материал. Следовательно, низкая корреляция — следствие низкой надежности теста, и она не связана с изменением состояния испытуемых. При использовании метода повторного тестирования для подсчета коэффициента надежности применяют выражение 5:

$$(r_H)_{\text{рет}} = \frac{N \cdot \sum_{i=1}^N X_i Y_i - (\sum_{i=1}^N X_i) \cdot (\sum_{i=1}^N Y_i)}{\sqrt{N \cdot \sum_{i=1}^N (X_i)^2 - (\sum_{i=1}^N X_i)^2} \cdot \sqrt{N \cdot \sum_{i=1}^N (Y_i)^2 - (\sum_{i=1}^N Y_i)^2}}, \quad (5)$$

где  $(r_H)_{\text{рет}}$  — коэффициент надежности теста по ретестовому методу;  $X_i$  — индивидуальный балл  $i$ -го испытуемого в первом тестировании ( $i = 1, 2, 3 \dots N$ );  $Y_i$  — индивидуальный балл  $i$ -го испытуемого во втором тестировании ( $i = 1, 2, 3 \dots N$ ).

Вычисление коэффициента надежности проводится в соответствии с алгоритмом, размещенным в таблице 4.

После подстановки чисел из нижней строчки таблицы в формулу 5 получим коэффициент надежности:

$$(r_H)_{\text{рет}} = \frac{10 \cdot 309 - 50 \cdot 55}{\sqrt{10 \cdot 312 - 50^2} \cdot \sqrt{10 \cdot 337 - 55^2}} = \frac{340}{\sqrt{620} \cdot \sqrt{345}} \approx 0,78.$$

Таблица 4

Вычисление коэффициента надежности ретестовым методом

| Номер ученика $i$ | Балл при первом тестировании $X_i$ | Балл при втором тестировании $Y_i$ | $X_i Y_i$                    | $(X_i)^2$              | $(Y_i)^2$              |
|-------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------|------------------------|------------------------|
| 1                 | $X_1$                              | $Y_1$                              | $X_1 Y_1$                    | $(X_1)^2$              | $(Y_1)^2$              |
| 2                 | $X_2$                              | $Y_2$                              | $X_2 Y_2$                    | $(X_2)^2$              | $(Y_2)^2$              |
| ...               | ...                                | ...                                | ...                          | ...                    | ...                    |
| N                 | $X_N$                              | $Y_N$                              | $X_N Y_N$                    | $(X_N)^2$              | $(Y_N)^2$              |
|                   | $\sum_{i=1}^N X_i$                 | $\sum_{i=1}^N Y_i$                 | $\sum_{i=1}^N X_i \cdot Y_i$ | $\sum_{i=1}^N (X_i)^2$ | $\sum_{i=1}^N (Y_i)^2$ |

И ретестовый метод, и параллельных форм очень неудобны, поскольку предполагают двукратное тестирование. При однократном тестировании из-за своего удобства наиболее распространен метод расщепления теста на две части. Если применить его и использовать формулу 5, то получим:

$$(r_H)_{\text{рет}} = \frac{10 \cdot 75 - 24 \cdot 26}{\sqrt{10 \cdot 74 - 24^2} \cdot \sqrt{10 \cdot 88 - 26^2}} = \frac{126}{\sqrt{164} \cdot \sqrt{204}} \approx 0,61.$$

По сравнению с прежним значением (0,78) уровень надежности получился намного ниже. Данный факт может быть объяснен тем, что подсчет методом расщепления велся не по десяти, а по пяти заданиям. Для оценки надежности исходного теста из 10 заданий можно использовать формулу Спирмена — Брауна:

$$r_H = \frac{2 \cdot (r_H)_{\text{расщ.}}}{1 + (r_H)_{\text{расщ.}}} \quad (6),$$

и тогда  $r_H$  теста из 10 заданий будет:

$$r_H = \frac{2 \cdot 0,61}{1 + 0,61} \approx 0,76.$$

После коррекции коэффициент надежности получился приблизительно такой же, как и в случае подсчета ретестовым методом ( $r = 0,78$ ). Примерно такой же результат дает применение формулы Спирмена — Брауна, а также метод Кьюдера — Ричардсона для дихотомических оценок.

Таким образом, доказано, что система измерений выбранных величин в гуманитарных дисциплинах вполне адекватна системам измерений в физической и технологической сферах образования, в которых применяется стандартная схема определения абсолютных ошибок (прежде всего приборных и случайных), а затем с помощью дифференциального метода определяется полная относительная ошибка косвенных измерений. При решении таких задач существенную роль играют научные представления, обеспечивающие в конечном итоге высокий уровень технологических параметров изделий. Именно они позволяют реализовывать все более совершенные технологические операции<sup>3</sup>. Несложное и убедительное доказательство этого представлено на рисунке 5,

<sup>3</sup> См.: Каунов А. М. Эффективный инновационный инструментарий современных методик ... ; Саввина Н. П., Филонова И. В. [и др.]. Разработка современных образовательных ресурсов ...

где показано, как трансформируются принципы механических измерений и возникает новый их тип — с помощью электронного луча. Не менее интересны и инновационны измерения с помощью излучений различной природы, например акустомикроскопические<sup>4</sup>.



Рис. 5. Средства измерения расстояний: а) рулетка, б) штангенциркуль, в) микрометр, г) дальномер электронный

Анализ последовательности измерительных приборов на рисунке 5 подтверждает, что новые научные представления о каком-либо процессе позволяют получить методику обработки материалов, обеспечивающую более высокие технологические параметры.

Таким образом, применение информационных технологий позволяет проводить измерения искомых величин и оценивать их погрешности как в технологической и физической сферах образования, так и в дисциплинах гуманитарного цикла.

#### *Список использованных источников*

1. Каунов А. М. Эффективный инновационный инструментарий современных методик креативного обучения в технологическом образовании // Технологическое образование: достижения, инновации, перспективы : межвуз. сб. ст. XVI Междунар. конф. — Тула : Тул. гос. пед. ун-т, 2015. — С. 30–37.
2. Горбачева И. В., Подобреева Н. Л. Проблемы и перспективы технологического образования // Материалы XXIV Междунар. науч.-практ. конф. «Современное технологическое образование» / под ред. Ю. Л. Хотунцева. — М. : Моск. пед. гос. ун-т, 2018. — С. 31–36.
3. Саввина Н. П., Филонова И. В. [и др.]. Разработка современных образовательных ресурсов для технологических и технических дисциплин с помощью информационных технологий // Информационно-коммуникационная среда технологического образования : сб. материалов I Всерос. пед. форума / под общ. ред. Н. Н. Новиковой. — Сыктывкар : Коми пед. ин-т, 2014. — Вып. 1. — С. 70–77.
4. Мигель И. А., Денисова Я. Д., Семенова Я. В., Кустов А. И. Решение оптимизационных задач как элемент повышения эффективности современного технологического образования // Современные тенденции развития системы образования : материалы Междунар. науч.-практ. конф. / отв. ред. Ж. В. Мурина. — Чебоксары : Среда, 2018. — С. 76–81.
5. Kustov A. I., Miguel I. A. Fundamental problems of modern materials science. — 2014. — Vol. 11, N 4-2. — Pp. 592–598.

#### *Сведения об авторах*

**Кустов Александр Игоревич** — кандидат технических наук, доцент ФГБОУ ВО «Воронежский государственный педагогический университет» (Воронеж).

**Лоткина Валентина Владимировна** — магистрант ФГБОУ ВО «Воронежский государственный педагогический университет» (Воронеж).

**Хорошилова Анастасия Андреевна** — магистрант ФГБОУ ВО «Воронежский государственный педагогический университет» (Воронеж).

**Бакланов Игорь Олегович** — доктор педагогических наук, доцент Военного учебно-научного центра ВВС ВВА имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина (Воронеж).

<sup>4</sup> Q. v.: Kustov A. I., Miguel I. A. Fundamental problems of modern materials science. 2014. Vol. 11, N 4-2. Pp. 592–598.

## ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ ПРИ ПРЕПОДАВАНИИ АСТРОНОМИИ

В статье представлен обзор цифровых образовательных ресурсов по астрономии и их применение на уроке в средней школе.

*астрономия, цифровые образовательные ресурсы, средняя школа*

The article presents an overview of digital educational resources on astronomy and their application in the classroom in high school.

*astronomy, digital educational resources, secondary school*

Неотъемлемой частью современной системы школьного образования, в том числе астрономического, является активное использование электронных образовательных ресурсов в учебной и внеучебной деятельности. При этом исследования показали, что учителя редко используют цифровые инструменты и цифровые образовательные ресурсы (ЦОР) в ежедневной деятельности — обычно они применяют их при проведении тематических или открытых мероприятий<sup>1</sup>.

Грамотная интеграция ЦОР в образовательный процесс активизирует мыслительную деятельность учащихся и способствует стимулированию их интереса к предмету, более эффективному усвоению материала благодаря интерактивности и визуализации процессов, сложных для демонстрации в реальности, позволяет индивидуализировать обучение не только по темпу изучения материала, но и по логике и типу восприятия учащимися, позволяет организовывать дистанционное обучение, предоставляет ученикам возможность самостоятельного исследовательского поиска материалов в интернете, помощь в нахождении ответов на проблемные вопросы, повышает скорость и качество сбора и обработки информации об успешности обучения<sup>2</sup>.

Формирование системы астрономических знаний происходит преимущественно на основе наблюдений, что отличает астрономию от других естественных наук (например, физики или химии), где значительную роль играют опыты и эксперименты, планируемые в лабораториях. Сведения о том, что происходит за пределами Земли в космическом пространстве, ученые получают главным образом через анализ приходящего от этих объектов света и других видов излучения, поэтому наблюдения являются основным источником информации в астрономии<sup>3</sup>.

Перечисленные особенности астрономических наблюдений и мероприятий, связанных с ними, накладывают определенные трудности на изучение астрономии в школе, которые более заметны, если в школе нет специализированного кабинета астрономии, материальной базы для организации астрономических наблюдений хотя бы на территории школы. В этом плане большую ценность играют компьютерные и онлайн-программы, позволяющие моделировать процессы, происходящие во Вселенной, в режиме реального времени наблюдать за небесными объектами.

Все цифровые образовательные ресурсы можно разделить на две группы: информационные источники и информационные инструменты. Информационные источники включают в себя информационно-обучающие, поисково-имитационные и обучающе-контролирующие программы и ресурсы, а также электронные наглядные пособия и источники информации, оцифрованные

---

<sup>1</sup> См.: Гераськина А. С., Кушунина А. И. Изменения цифровых навыков, особенности и эффективность дистанционного образования // Научно-методические основы формирования функциональной грамотности: теория и практика современной школы : сб. лучших докл. Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Коломна : Гос. соц.-гуманит. ун-т, 2023. С. 176–182.

<sup>2</sup> См.: Кузнецова О. В., Борисова М. А., Федорова Н. Б. Универсальное электронное пособие для организации мультимедийного сценария урока // Школа будущего. 2012. № 1. С. 102–109.

<sup>3</sup> См.: Воронцов-Вельяминов Б. А., Страут Е. К. Астрономия. 10–11 классы : учеб. Базовый уровень. М. : Дрофа, 2022. 240 с.

нормативно-правовые документы. К информационным инструментам относятся инструменты работы с информационными источниками и инструменты организации учебного процесса <sup>4</sup>.

Электронных образовательных программ и онлайн-ресурсов, предназначенных для изучения астрономии, огромное количество. Они разные по своему наполнению, функциям и возможностям и разделяются на следующие группы:

- интерактивные приложения-планетарии (Stellarium, WinStars, Google Sky, WorldWide Telescope, Redshift 7 Премиум и др.);
- программы для моделирования (Emapwin Eclipse, Cartes du Ciel, WorldWide Telescope и др.);
- образовательные порталы (Астронет, АстроТоп 100, «Открытый Колледж. Астрономия», Сетевое объединение учителей астрономии и др.);
- интерактивные учебные пособия («Наглядная астрономия. Эволюция Вселенной»);
- информационные порталы и сайты, посвященные истории космонавтики и полетам в космос (Роскосмос, Buran.ru, Rocket Launch History, SpaceX, HubbleSite);
- полезные программы для изучения астрономии (Астрономический календарь 4.0, AstroCalc, Alcyone Ephemeris, Sky Chart и др.).

Например, использование интерактивного учебного пособия «Наглядная астрономия. Эволюция Вселенной» издательства «Экзамен» в кабинете астрономии позволяет демонстрировать на интерактивной доске полноэкранные иллюстрации с текстовыми подписями, формулами и комментариями; выполнять интерактивные задания, просматривать анимацию или видео, работать с 3D и интерактивными моделями, использовать дополнительный справочный материал.

Так, на уроке «Современные представления о происхождении Солнечной системы» мы объясняем космогоническую теорию О. Ю. Шмидта, используя модель «Гравитационное сжатие газопылевого облака» из данного интерактивного пособия (рис. 1). Эта модель позволяет учащимся не только наглядно проиллюстрировать процесс формирования планет, но и использовать функцию «Скрыть». Мы предлагаем ученикам на интерактивной доске путем перетаскивания элементов самим расставить названия процессов в правильной последовательности (рис. 2).



Рис. 1. Модель «Гравитационное сжатие газопылевого облака» (интерактивное учебное пособие «Наглядная астрономия. Эволюция Вселенной» издательства «Экзамен»)

<sup>4</sup> См.: Солодихина М. В. Использование цифровых образовательных ресурсов при преподавании естествознания // Информатизация образования и науки. 2016. № 4. С. 70–80.

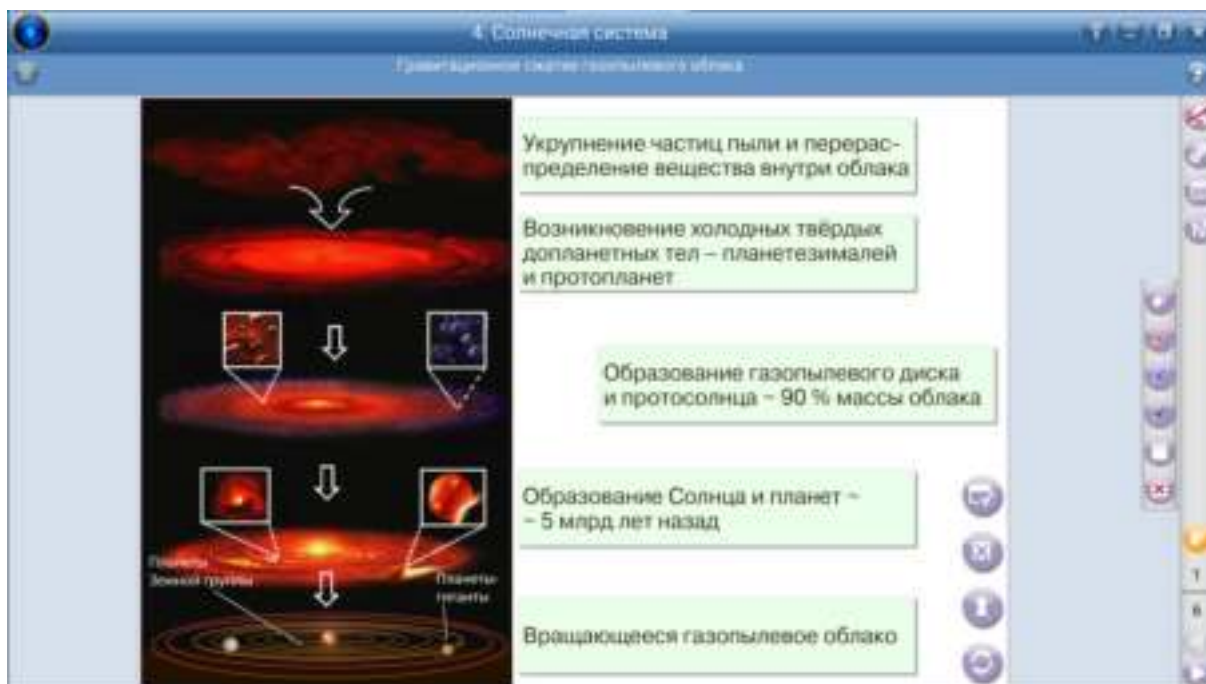


Рис. 2. Модель «Гравитационное сжатие газопылевого облака» с включенным режимом «Скрыть»

Цифровые образовательные ресурсы по астрономии (интерактивные схемы, таблицы, графы) способствуют визуальной систематизации знаний, позволяют проводить виртуальные эксперименты с недоступными объектами (небесными телами), организовывать дистанционные исследования в цифровых музеях (например, посетить виртуальный музей космонавтики или онлайн-экскурсию по музею Лунариум) и лабораториях<sup>5</sup>.

Использование образовательных онлайн-ресурсов позволяет расширить возможности урока астрономии, сделать его более информативным и содержательным, организовать новые виды и формы внеурочной деятельности учащихся по астрономии, углубить их олимпиадную подготовку по данному предмету, расширить кругозор и развить познавательный интерес к астрономии как науке, что способствует профориентации учащихся при выборе университета и их будущей профессии.

#### *Список использованных источников*

1. Воронцов-Вельяминов Б. А., Страут Е. К. Астрономия. 10–11 классы : учеб. Базовый уровень. — М. : Дрофа, 2022. — 240 с.
2. Гераськина А. С., Кушунина А. И. Изменения цифровых навыков, особенности и эффективность дистанционного образования // Научно-методические основы формирования функциональной грамотности: теория и практика современной школы : сб. лучших докл. Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. — Коломна : Гос. соц.-гуманит. ун-т, 2023. — С. 176–182.
3. Кузнецова О. В., Борисова М. А., Федорова Н. Б. Универсальное электронное пособие для организации мультимедийного сценария урока // Школа будущего. — 2012. — № 1. — С. 102–109.
4. Солодихина М. В. Использование цифровых образовательных ресурсов при преподавании естествознания // Информатизация образования и науки. — 2016. — № 4. — С. 70–80.

#### *Сведения об авторе*

**Лепехов Алексей Викторович** — учитель физики и астрономии МБОУ «Дядьковская средняя школа» (Рязань).

<sup>5</sup> См.: Солодихина М. В. Использование цифровых образовательных ресурсов ...

## ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ САЙТ ПО АСТРОНОМИИ КАК РЕСУРС ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ ДИСТАНЦИОННЫХ АСТРОНОМИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ В СРЕДНЕЙ ШКОЛЕ

В статье рассматривают особенности преподавания астрономии в средней школе, описывается опыт разработки и использования образовательного сайта по астрономии и его использование в дистанционном обучении, урочной и внеурочной деятельности.

*астрономия, образовательный сайт, дистанционное обучение*

The article examines the features of teaching astronomy in secondary school, describes the experience of developing and using an educational website on astronomy and its use in distance learning, part-time and extra-curricular activities.

*astronomy, educational website, distance learning*

Астрономический материал во все времена вызывает у учащихся огромный интерес. Астрономия является важной, неотъемлемой частью формирования мировоззрения школьников, позволяет дать целостное представление о Вселенной, сформировать знания о наблюдаемых небесных явлениях, привлечь внимание к красоте мироздания. У любознательных школьников возникает потребность в расширении астрономических знаний и формировании новых навыков и умений как в учебной, так и во внеучебной деятельности.

Предмет «Астрономия» изучался в школах еще со времен Петра Великого и на протяжении трех веков был одним из главных для изучения не только в узкоспециализированных школах, но и академических гимназиях. В XIX веке астрономию под названием космографии изучали в классических и реальных гимназиях, но преподавание в большей мере сводилось к сферической астрономии, методика была словесной, математизированной, без наблюдений. Впоследствии астрономию стали изучать в рамках курса физики<sup>1</sup>. В 1930-х годах предмет «Астрономия» снова получил статус самостоятельного и обязательного к изучению в средней советской школе. В середине XX века предмет «Астрономия» в период «космической гонки» получил мощный виток развития: создавались методические пособия и рекомендации по его изучению, школы оснащались новыми техническими средствами обучения для проведения астрономических наблюдений и т. д. Но к 1980–1990-м годам стал снижаться интерес к изучению астрономии, сокращалось финансирование. В 1993 году в связи с принятием государственного образовательного стандарта общего образования предмет астрономия окончательно исчез из обязательной школьной программы<sup>2</sup>.

В 2017 году предмет «Астрономия» получает возрождение в программе средней школы согласно приказу Минобрнауки «Об организации учебного предмета «Астрономия»» от 20 июня 2017 года № ТС-194/08г. С 2017 по 2022 год астрономия не только активно изучалась в школе, но и стала частью Единого государственного экзамена по физике и всероссийских проверочных работ.

Согласно приказу Министерства просвещения РФ от 12 августа 2022 г. № 732 «О внесении изменений в федеральный государственный образовательный стандарт среднего общего образования, утвержденный приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от

---

<sup>1</sup> См.: Набоков М. Е. Методика преподавания астрономии в средней школе. 2-е изд. М. : Гос. учеб.-пед. изд-во м-ва просвещения РСФСР, 1955. URL : <http://www.astronet.ru/db/msg/1174656/chapter1-2.html> (дата обращения: 19.03.2023).

<sup>2</sup> См.: Левитан Е. П. Дидактика астрономии. М. : УРСС, 2004.

17 мая 2012 г. № 413» учебный предмет «Астрономия» исключен из обязательных к изучению предметов. Часть содержания данного предмета и результаты его освоения отражены в рамках курса физики, который может быть изучен в старших классах на базовом или углубленном уровне.

Сохранение предмета «Астрономии» в вариативной части учебного плана образовательной организации позволяет продолжить работу по формированию у обучающихся единой научной картины мира, развитию кругозора, мышления, познавательного интереса и мотивации к изучению естественно-научных предметов.

Одним из современных направлений развития образования, в том числе астрономического, является включение электронного и дистанционного, или онлайн-обучения, в традиционный образовательный процесс средней школы. Дистанционное образование основывается на использовании современных информационных и коммуникационных технологий, с его помощью осуществляется подача учебного материала и его изучение, взаимодействие преподавателя с обучающимися, производится контроль знаний и умений, организуются внеучебные формы работы обучающихся. В допандемийный период формат дистанционного образования был характерен для обучения студентов высшей школы. С 2020 года дистанционное обучение стало регулярной практикой и в средних школах.

Психолого-педагогические основы реализации дистанционного обучения, проблематика его развития, модели, формы и риски организации дистанционного обучения изложены в работах А. В. Хуторского, Е. С. Полат, Е. Б. Петровой, Г. М. Чулковой, Е. А. Сазоновой, Ю. А. Шайдо и др.

За это время дистанционное обучение показало свои сильные и слабые стороны. Самой большой проблемой организации дистанционного обучения выступают технические возможности удаленных учащихся (наличие компьютерного и телекоммуникационного оборудования, возможности полного доступа к интернету и т. д.)<sup>3</sup>. С методической и дидактической точки зрения остро стоит вопрос качества содержания, экспертизы, поиска и фильтрации образовательных ресурсов (сервисов, платформ, ПО) на просторах интернета для организации дистанционного обучения<sup>4</sup>. Еще одной из ключевых проблем при организации дистанционного обучения по естественно-научным и техническим предметам и дисциплинам является организация экспериментальной работы, поскольку изучение явлений природы, законов физики и астрономии лучше всего происходит в ходе экспериментальных исследований<sup>5</sup>.

Наиболее актуальными из онлайн-средств обучения астрономии, которые могут быть использованы при организации дистанционного обучения, являются видеуроки, интерактивные практические и экспериментальные задания, веб-квесты, проектная деятельность, внеурочные онлайн-мероприятия и т. д. Сочетание традиционного и онлайн-обучения позволяет сделать образовательный процесс по астрономии более информативным, креативным, динамичным и убедительным.

Существует большое количество онлайн-ресурсов по астрономии, позволяющих принять участие в дистанционных олимпиадах, конкурсах, викторинах и т. д. Но если говорить о полноценном сопровождении образовательного процесса по астрономии в средней школе, то возникает необходимость в персональном создании учителем дистанционного или онлайн-курса по астрономии для средней школы с соответствующим наполнением исходя из особенностей обучающихся, их потребностей, возможностей школы и региона.

---

<sup>3</sup> См.: Сазанова Е. А., Шайдо Ю. А. Проблемы внедрения технологии дистанционного обучения в средней общеобразовательной школе // *Pedagogical Review*. 2018. N 4 (22). URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-vnedreniya-tehnologii-distantionnogo-obucheniya-v-sredney-obsheobrazovatelnoy-shkole> (дата обращения: 30.11.2022).

<sup>4</sup> См.: Хуторской А. В. Особенности развития дистанционного обучения в российских школах // Исследовано в России. 2000. URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-razvitiya-distantionnogo-obucheniya-v-rossijskih-shkolah> (дата обращения: 30.11.2022).

<sup>5</sup> См.: Петрова Е. Б., Чулкова Г. М. Размышления о дистанционном обучении физике и астрономии // Актуальные проблемы физики и технологии в образовании, науке и производстве : материалы III Всерос. научн.-практ. конф. / под ред. В. А. Степанова, О. В. Кузнецовой. Рязань : Ряз. гос. ун-т им. С. А. Есенина, 2021. С. 175–177. URL : <https://elibrary.ru/item.asp?id=46491531> (дата обращения: 16.04.2022).



Для организации дистанционных мероприятий по астрономии нами разработан образовательный сайт «Звездный путь», который в основном ориентирован на учащихся старших классов, при этом для любознательных и одаренных подростков также могут быть размещены материалы для углубленной подготовки. Образовательный сайт «Звездный путь» содержит разделы «Новости», «Теория», «Практикум», «Проектно-исследовательская деятельность», «Online-наблюдения». В разделе «Теория» представлен материал, соответствующий УМК «Астрономия» В. М. Чаругина (Сферы 1–11) издательства «Просвещение», при этом он дополнен презентациями, видеолекциями и другими ресурсами для успешного самостоятельного освоения изучаемой темы. В разделе «Практикум» собраны лабораторно-практические работы, которые учащиеся выполняют на компьютере на уроке или дома с использованием приложения-планетария “Stellarium”, Астрономического календаря 4.0 и других онлайн-ресурсов, данные обрабатывают с помощью таблиц MS Excel. Выполненные работы в формате .xls учащиеся отправляют на проверку через форму обратной связи. Проверка знаний и умений учащихся проводится с помощью интерактивного тестирования, разработанного в Google Формах. При выполнении тестирования для выставления оценок учащиеся обязательно указывают свои фамилию и имя в соответствующих формах теста. Таким образом, образовательный сайт «Звездный путь» также является источником разнообразного дидактического и методического материала по астрономии, который есть в свободном доступе в интернете и структурирован на сайте по соответствующим темам и задачам.

Образовательный сайт «Звездный путь» выступает активной средой для взаимодействия учителя и обучающегося с помощью дистанционных образовательных технологий. Изучение темы урока вместе с учителем может быть организовано как на онлайн-уроке, так и на уроке в традиционной форме, а также самостоятельно. Образовательный сайт является гибким ресурсом, поскольку его наполнение и функционал зависят от самого учителя и от задач, которые поставлены перед ним и учениками, что позволяет реализовывать различные формы и методы дистанционного обучения в зависимости от учебных целей.

#### ***Список использованных источников***

1. Левитан Е. П. Дидактика астрономии. — М. : УРСС, 2004.
2. Набоков М. Е. Методика преподавания астрономии в средней школе. — 2-е изд. — М. : Гос. учеб.-пед. изд-во М-ва просвещения РСФСР, 1955. — URL : <http://www.astronet.ru/db/msg/1174656/chapter1-2.html> (дата обращения: 19.03.2023).
3. Петрова Е. Б., Чулкова Г. М. Размышления о дистанционном обучении физике и астрономии // Актуальные проблемы физики и технологии в образовании, науке и производстве : материалы III Всерос. научн.-практ. конф. / под ред. В. А. Степанова, О. В. Кузнецовой. — Рязань : Ряз. гос. ун-т им. С. А. Есенина, 2021. — С. 175–177. — URL : <https://elibrary.ru/item.asp?id=46491531> (дата обращения: 16.04.2022).
4. Сазанова Е. А., Шайдо Ю. А. Проблемы внедрения технологии дистанционного обучения в средней общеобразовательной школе // Pedagogical Review. — 2018. — N 4 (22). — URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-vnedreniya-tehnologii-distantcionnogo-obucheniya-v-sredney-obscheobrazovatelnoy-shkole> (дата обращения: 30.11.2022).
5. Хуторской А. В. Особенности развития дистанционного обучения в российских школах // Исследовано в России. — 2000. — URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-razvitiya-distantcionnogo-obucheniya-v-rossijskih-shkolah> (дата обращения: 30.11.2022).

#### ***Сведения об авторах***

**Лепехов Алексей Викторович** — учитель физики и астрономии МБОУ «Дядьковская средняя школа» (Рязань).

**Чаругин Виктор Максимович** — профессор кафедры физики космоса — базовой кафедры ИНАСАН, доктор физико-математических наук, профессор ФГБОУ ВО «Московский педагогический государственный университет» (Москва).

**ПОДХОД К ОБУЧЕНИЮ МАТЕМАТИКЕ  
БУДУЩИХ УЧИТЕЛЕЙ ФИЗИКИ  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦИФРОВЫХ  
МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ**

Обосновывается подход интеграции цифровых математических моделей в обучение математике студентов педагогических вузов направлений, связанных с физикой.

*студенты, цифровые математические модели, обучение математике, будущие учителя физики, когнитивная визуализация*

The approach of integrating digital mathematical models into teaching mathematics to students of pedagogical universities studying in physics-related areas is substantiated.

*students, digital mathematical models, teaching mathematics, future physics teachers, cognitive visualization*

Преподавание математических дисциплин в естественно-научных направлениях подготовки студентов является предметом дискурса не одного десятилетия. Наблюдается тенденция сдвига от классического представления знаний («всем одинаково») до «вводим теорию по мере необходимости». В первом случае теряется мотивация изучения (студенты задают вопрос «а зачем это надо?»), что решается рассмотрением приложений после темы в виде типовых задач, однако времени на исследование ситуаций практически не хватает. Во втором случае студенты мало обращают внимание на строгость теории и границы ее использования, что влечет за собой неправильную интерпретацию результатов математического анализа. Идеально, когда содержание дисциплин (математических и профильной специализации) связаны между собой. Тогда современный «запрос» студента: «я хочу это знать потому, что это требует моя специализация» будет решаться комплексно.

Бесспорно, что практически вся интеллектуальная, в том числе учебная, деятельность сопряжена с построением и изучением (анализом) различных моделей. Поэтому содержание математических дисциплин должно быть сконцентрировано вокруг математических моделей, соответствующих специализации студента. Конечно, есть базовые математические структуры, с которыми необходимо знакомить студентов (например, элементы линейной алгебры), но естественный акцент должен быть сделан на математические модели для обоснования процессов.

Математическое моделирование является обязательным инструментом для изучения фундаментальных физических законов (описание, решение задач на основе алгоритмов). Однако, кроме этого, чтобы донести до студентов научный взгляд на физику, необходимо показать роль математики как основы понимания физического процесса реального мира<sup>1</sup>.

Развитие ИКТ привело к созданию узкоспециализированных цифровых моделей, симулирующих интерактивное взаимодействие обучающегося с изучаемым объектом. Вопрос целесообразности использования интерактивных моделей в обучении постоянно обсуждается в связи с развитием цифрового обучения и определения их роли на всех уровнях образования.

Интеграция цифровых математических моделей (ЦММ) в обучение будущих учителей физики должна:

- отвечать основным принципам цифрового обучения<sup>2</sup>;

---

<sup>1</sup> См.: Беломестнова В. Р. Математическое моделирование при интеграции курсов математики и физики в обучении студентов физических специальностей педвузов : автореф. ... канд. пед. наук. Чита, 2006. 24 с.

<sup>2</sup> См.: Вайндорф-Сысоева М. Е., Субочева М. Л. Цифровая дидактика: особенности организации обучения в образовательной организации // Человеческий капитал. М., 2021. Т. 2, № 12 (156). С. 15–21.

- быть построена на основе взаимодополняющих интерактивных математических моделей (не требующих знаний в программировании);
- способствовать разрешению когнитивных «напряжений» (конфликтов) в понимании математических структур, необходимых для изучения физических процессов.

Как может быть организована работа с ЦММ?

Включение цифровых моделей в обучение должно быть таким, чтобы, как отмечает М. Е. Вайндорф-Сысоева, процесс познания оставался с обучающимся, при соблюдении условия необходимости и достаточности используемого инструмента.

Рассмотрим на рисунке схему подхода к обучению математике будущего учителя физики с применением цифровых математических моделей.

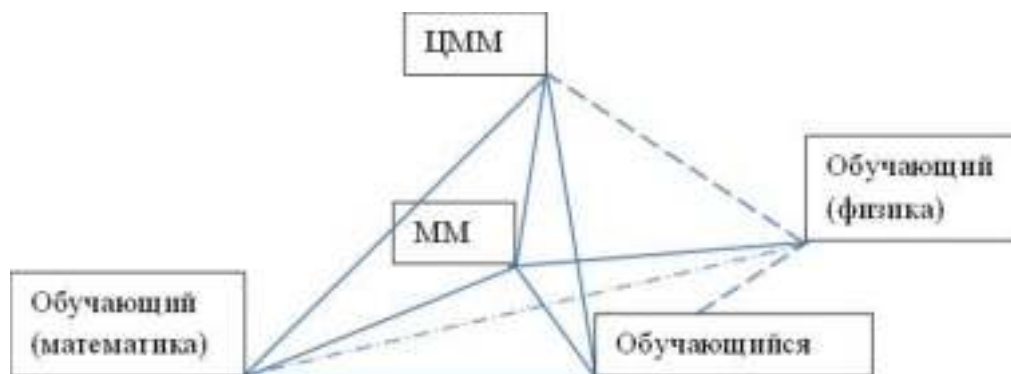


Рис. Схема подхода к обучению математике будущего учителя физики с применением ЦММ

Традиционным является треугольник «Обучающий (математика) — математическая модель (ММ) — Обучающийся». Поскольку обучение ведется математическому моделированию в контексте физики, то естественным является добавление связи «ММ — Обучающий (физика)». На схеме связь «Обучающий (математика) — Обучающий (физика)» слабая, как упоминалось выше. Однако для нас важно, что связь «Обучающийся — ММ — Обучающий (физика)» явно показывает, каким образом выбирается математическая модель для содержания обучения и «заменяет» связь «Обучающийся — Обучающий (физика)».

Полученный четырехугольник позволяет организовать обучение математике будущего учителя физики с учетом его специфики. Однако научные математические рассуждения, раскрывающие сущность физических законов, часто бывают сложными для восприятия студентами. Исследования показали, что внедрение иллюстративного видео, когнитивной визуализации существенно улучшили ситуацию, но не решили ее. Цифровые математические модели для обучения также являются инструментами когнитивной визуализации. Вопрос состоит в том, каким образом целесообразно интегрировать ЦММ в обучение?

Один из принципов цифровой дидактики<sup>3</sup> — принцип запросно-ориентированного обучения, требует ориентироваться на потребность обучающегося в использовании современных ИКТ и получении ответов на вечные суждения «Зачем это надо?» и «ничего не понятно».

Каким условиям должны отвечать ЦММ? Общие требования: быть интерактивной, иллюстрировать теорию, позволять изменять параметры для исследований, не требовать дополнительных знаний (программирования). Три грани схемы позволяют конкретизировать требования. Грань «Обучающий» — ММ — ЦММ показывает, что нужна ЦММ, помогающая раскрыть суть теории. Грань «Обучающий» — «Обучающийся» — ЦММ должна позволить снять когнитивную напряженность у студента в восприятии знаний. Грань «Обучающийся» — ММ — ЦММ указывает на необходимость обеспечения самостоятельной работы студента с ММ в ин-

© Матвеева Е. П., Кошечева Е. С., Омельченко С. В., 2023

<sup>3</sup> См.: Вайндорф-Сысоева М. Е., Субочева М. Л. Цифровая дидактика ...

терактивном режиме. Все вышеизложенное показывает сложность в создании одной ЦММ, удовлетворяющей всем условиям. Выход — в подборе нескольких ЦММ, использованных последовательно и в комплексе с теоретической учебной деятельностью вне программ.

Отметим, что связь «ЦММ — Обучающий (физика)» выделена пунктиром, поскольку является опосредованной, то есть проявляющейся в другой учебной деятельности (в ней обучающий — преподаватель физической дисциплины). Примером может служить работа в виртуальной лаборатории. Эта связь может быть и не востребованной в силу специфичности ЦММ и наличия более подходящей цифровой модели для физического эксперимента<sup>4</sup>.

Примером может служить использование цифровых математических моделей при изучении темы «Ряды Фурье (преобразование Фурье)». Учебный материал по этой теме, даже на основе вещественных чисел, является достаточно сложным для освоения студентами при ограниченном времени.

Что может создать мотивацию к изучению темы? Цифровая обработка сигналов, которая сопровождает современного человека повсеместно (сотовые телефоны, медицинские приборы, звуковые и т. д.) — это то, что можно показать, используя систему математических структур (формула, график, алгоритм). Демонстрация преобразования Фурье на примере звучания одной ноты может быть реализована преподавателем с использованием математического пакета (например, MatLab), специальные функции которого в демонстрационном режиме позволяют вначале показать разложение сигнала на частоты и амплитуды (перевод из временного представления в частотные (дискретные) — цифровизация сигнала), а затем выполнить восстановление сигнала и вновь «озвучить». Возникающие при этом шумы — реальная демонстрация эффекта Гиббса, что также стимулирует студента к изучению теории.

Обязательный традиционный блок — теория с примерами вычислений «на бумаге» — должен перемежаться работой с цифровыми математическими моделями.

Взаимодействие обучающегося с ЦММ зависит от вида деятельности: наблюдение, манипуляция, анализ. Основное для обучающегося — разрешение когнитивных трудностей, возникающих после теоретических лекций и решения задач «на бумаге». Например, при изучении рядов Фурье сложно «увидеть» последовательное сложение гармоник; понять, что бесконечная сумма гармоник совпадает с исходной функцией на области задания; как возникают «частоты».

В этом случае необходимо организовать взаимодействие обучающегося с ЦММ, с возможностью визуализировать проведенные вычисления. Такой ЦММ могут быть инструменты «Ряд Фурье» и «Цифровой сигнал» сервиса desmos. Модели сохраняют исходные данные, все записи функций и их графики можно изменять и последовательно суммировать, как и «отключать» в любом порядке, что позволяет проследить приближение конечного ряда к заданной функции. Изменение параметров синусоид, дискретизации (частоты, амплитуды, фазы, периода) позволяет студенту визуализировать связь входного аналогового сигнала и дискретного сигнала на выходе.

Для закрепления представления физического процесса с помощью ряда Фурье в качестве самостоятельной работы следует предложить студентам кинематическую модель. «Математический конструктор»<sup>5</sup> моделирует интерпретацию ряда Фурье как закона движения точки, полученной при соединении друг с другом нескольких векторов различной длины, каждый из которых вращается вокруг конца предыдущего со своей угловой скоростью. Количество векторов, их длины и угловые скорости можно менять. Студент наблюдает траекторию движения конечной точки и соответствующий график ряда Фурье, что позволяет их сопоставлять и непосредственно анализировать. Анимация модели позволяет проследить, как вращается каждый из векторов, их система и «увидеть» связь движения конечной точки по траектории и графику ряда.

Таким образом, происходит постепенное «погружение» обучающегося в тему: описание общего представления физического процесса с примерами из окружающей жизни (иллюстра-

---

<sup>4</sup> См.: Майер Р. В. Компьютерное моделирование физических явлений. Глазов : Глазов. гос. пед. ин-т, 2009. 112 с.

<sup>5</sup> Математический конструктор 1С: 1С: Образование. Цифровые образовательные продукты. URL : <https://obr.1c.ru/mathkit/models/top-08.html> (дата обращения: 28.02.2023).

тивная функция), теоретическое обоснование с когнитивной визуализацией; практическая работа «на бумаге» и с ЦММ.

Последовательность изучения и необходимая информация может быть выдана студенту на учебном портале вуза, где есть возможность обеспечить обратную связь (форум, тестовые вопросы) от студента к преподавателю, а самому педагогу проследить цифровую активность студента (цифровой след). Кроме сложного процесса подбора необходимых ЦММ, преподавателю необходимо найти баланс между введением теории, практической работой «в тетради» и взаимодействием студента с цифровыми математическими моделями.

#### **Список использованных источников**

1. Беломестнова В. Р. Математическое моделирование при интеграции курсов математики и физики в обучении студентов физических специальностей педвузов : автореф. ... канд. пед. наук. — Чита, 2006. — 24 с.
2. Вайндорф-Сысоева М. Е., Субочева М. Л. Цифровая дидактика: особенности организации обучения в образовательной организации // Человеческий капитал. — М., 2021. — Т. 2, № 12 (156). — С. 15–21.
3. Майер Р. В. Компьютерное моделирование физических явлений. — Глазов : Глазов. гос. пед. ин-т, 2009. — 112 с.
4. Математический конструктор 1С 1С: Образование. Цифровые образовательные продукты. — URL : <https://obr.1c.ru/mathkit/models/top-08.html> (дата обращения: 28.02.2023).

#### **Сведения об авторах**

**Кощеева Елена Сергеевна** — кандидат педагогических наук, доцент ФГБОУ ВО «Уральский государственный педагогический университет» (Екатеринбург).

**Матвеева Елена Петровна** — кандидат педагогических наук, доцент ФГБОУ ВО «Уральский государственный педагогический университет» (Екатеринбург).

**Омельченко Сергей Владимирович** — кандидат технических наук, доцент ФГБОУ ВО «Уральский государственный педагогический университет» (Екатеринбург).

УДК 378.18:004.85(437.6)

DOI: 10.37724/b6490-1550-5512-z

**RNDr И.И. Тронов**  
**Pavol Jozef Šafárik University in Košice**

### **НЕФОРМАЛЬНЫЕ СТЕМ-МЕРОПРИЯТИЯ В РАМКАХ НАЦИОНАЛЬНОГО ПРОЕКТА IT ACADEMIA В СЛОВАКИИ**

Статья посвящена обзору мероприятий, проведенных в рамках крупного национального проекта IT Academia, действующего в период с 2016 по 2022 год и направленного на развитие школьной и студенческой научно-технической компетенции, а также анализ их влияния на мотивацию учащихся к изучению соответствующих СТЕМ-дисциплин.

*СТЕМ, неформальное образование, национальный образовательный проект*

The article is devoted to an overview of the activities carried out within the framework of the large national project IT Academia, operating from 2016 to 2022 and aimed at developing of scientific and technical competence of secondary and upper secondary students, as well as an analysis of their impact on the motivation of students to study the relevant STEM disciplines.

*STEM, non-formal education, national educational project*

Проект IT Academia — крупный национальный образовательный проект, которой действовал в Словакии с 01.09.2016 до 31.08.2022 на территории Кошице, Тренчина, Нитры, Банской

© Тронов И. И., 2023

технического университета в Кошице, университета Матея Бела в Банской Быстрице, университета Константина философа в Нитре, а также на базе организаций-партнеров проекта. Веб-сайт проекта можно найти по адресу: <https://itakademia.sk/>. В проекте приняли участие около 33000 учащихся среднеобразовательных учреждений, 3000 учащихся высших учебных заведений, 2100 педагогов и научных специалистов, 20 преподавателей высших учебных заведений.

Перед реализаторами проекта были поставлены две цели:

1. Обеспечить инклюзивность и равный доступ к качественному образованию, а также повлиять на развитие научно-технической компетенции у школьников и студентов. В рамках этой цели предполагалось решить нижеперечисленные задачи:

- улучшение когнитивных навыков учащихся среднеобразовательных учреждений в математических дисциплинах, естественных науках и области ИКТ,
- поддержка сотрудничества в обмене опытом в образовательном процессе,
- вовлечение специалистов из других сфер в образовательный процесс,
- осуществление стажировок и практической подготовки преподавателей с учетом взаимосвязи теоретического и практического аспекта в преподавании дисциплин.

2. Повышать качество высшего образования и развивать человеческие ресурсы в области исследований и разработок с целью достижения связи между высшим образованием и потребностями рынка труда. В рамках этой цели предполагалось решить нижеперечисленные задачи:

- усиление интереса учащихся к STEM- и IT-дисциплинам,
- содействие инновациям и исследовательскому потенциалу в сфере высшего образования,
- создание и внедрение инноваций в учебные программы с акцентом на потребности рынка труда,
- продвижение инновационных и альтернативных методов образования и преподавательской деятельности,
- вовлечение специалистов из других секторов в образовательный процесс,
- повышение качества образования и популяризация STEM и IT-направлений в преподавательских областях<sup>1</sup>.

Отправная точка для подготовки и реализации национального проекта «IT Academia — образование для XXI века» касалась в первую очередь текущей ситуации на рынке труда в IT-секторе. Сектор информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) является одним из наиболее динамично развивающихся секторов в Европейском союзе (ЕС). На него приходится значительная доля ВВП и занятости в ЕС. Сектор ИКТ обладает огромным потенциалом для экономического роста, и, согласно исследованию Словацкой академии наук, его важность для Словакии заключается главным образом в повышении конкурентоспособности<sup>2</sup>. Сектор информационных технологий значительно расширился в ЕС и Словацкой Республике, при этом крупные инвестиции поступили в основном в Восточно-Словацкий регион (T-Systems, Ness, Siemens, IBM, GlobalLogic, RWE IT и т. д.). Однако различные экспертные анализы показали, что система образования отстает от текущих и перспективных потребностей IT-сектора. Поэтому проект в первую очередь ставил перед собой цель адаптировать систему образования к текущим реалиям. Он включал следующие мероприятия: по повышению квалификации педагогов средних школ, образовательные на базе университетов и научных центров для учащихся средних школ и высших учебных заведений, по техническому обеспечению школ и университетов современными средствами ИКТ, а также неформальные в рамках концепции среднего школьного образования. В данной статье мы рассмотрим неформальные мероприятия, которые были реализованы в рамках проекта IT Academia.

<sup>1</sup> Q. v.: [https://itakademia.sk/wp-content/uploads/2022/11/FINAL\\_STUDIA\\_ITA.pdf](https://itakademia.sk/wp-content/uploads/2022/11/FINAL_STUDIA_ITA.pdf) (accessed: 18.03.2023).

<sup>2</sup> Q. v.: Šikula M. Vplyv Kvalitatívnych Zmien Inštitucionálneho Prostredia v Procese Globalizácie na Konkurencieschopnosť // Ekonomický ústav SAV. Bratislava, 2018.

Неформальные мероприятия проводились в соответствии с несколькими различными СТЕМ-дисциплинами, преподаваемыми в средней школе (математика, информатика, физика, химия, биология и география) в пространствах вузов и партнерских организаций с 2016 по 2022 год. Гарантом мероприятий со стороны нашего университета выступал RNDr. Robert Hajduk, PhD. Таблица, составленная мной на основе выгрузки из дата-базы проекта, отображает названия, общее количество участников в каждом из мероприятий, а также средний возраст участника каждого конкретного мероприятия.

Таблица

Общее количество участников неформальных мероприятий, их средний возраст

| Название неформального мероприятия                               | Число участников | Средний возраст участника |
|--|------------------|---------------------------|
| 3D-печать — финал  | 16               | 19                        |
| 3D-печать — региональный отбор                                   | 98               | 19                        |
| Дневной СТЕМ-лагерь  | 607              | 15                        |
| Конкурс СТЕМ-проектов  | 116              | 16                        |
| IT-воркшопы  | 573              | 17                        |
| Локальный турнир по математике MALYNÁR                           | 534              | 11                        |
| Локальный турнир по математике MATIK                             | 552              | 14                        |
| Локальный турнир по математике STROM                             | 286              | 17                        |
| Региональный математический турнир                               | 592              | 17                        |
| Кружки с ориентацией на IT                                       | 1 445            | 14                        |
| Летний СТЕМ-семинар  | 39               | 15                        |
| Летний семинар юных радиотехников                                | 40               | 15                        |
| Летний СТЕМ-лагерь   | 69               | 14                        |
| Чемпионат по решению головоломок                                 | 594              | 14                        |
| Математический турнир MAMUT                                      | 714              | 12                        |
| Networking Academy Games (семинар по сетевому администрированию) | 235              | 19                        |
| PALMA (турнир по программированию) — локальный этап              | 79               | 18                        |
| PALMA (турнир по программированию) — региональный этап           | 16               | 18                        |
| PALMA junior (турнир по программированию) — локальный этап       | 240              | 14                        |
| PALMA junior (турнир по программированию) — региональный этап    | 75               | 15                        |
| Робо-Кубок   | 202              | 15                        |
| Битвы роботов — турнир   | 482              | 15                        |
| Региональный турнир по математике MALYNÁR                        | 172              | 12                        |
| Региональный турнир по математике MATIK                          | 151              | 14                        |
| Региональный турнир по математике STROM                          | 159              | 17                        |
| Наука в городе (научные экскурсии)                               | 1 727            | 17                        |
| Кружки   | 4 355            | 14                        |
| Общее количество участников, средний возраст                     | 14 167           | 15                        |

После участия в неформальных мероприятиях был проведен опрос участников с целью определения того, как участие повлияло на их мотивацию изучать соответствующие СТЕМ-дисциплины (математика, химия, биология, география, физика, информатика). Результаты указаны в процентах и отражают зависимость общего числа опрошенных от числа тех, кто высказался по-

ложительно. Также целевая группа была разделена по половому признаку. Как показано на графике, более половины участников высказались положительно о влиянии неформальных мероприятий на их мотивацию к изучению соответствующих СТЕМ-дисциплин (рис. 1).

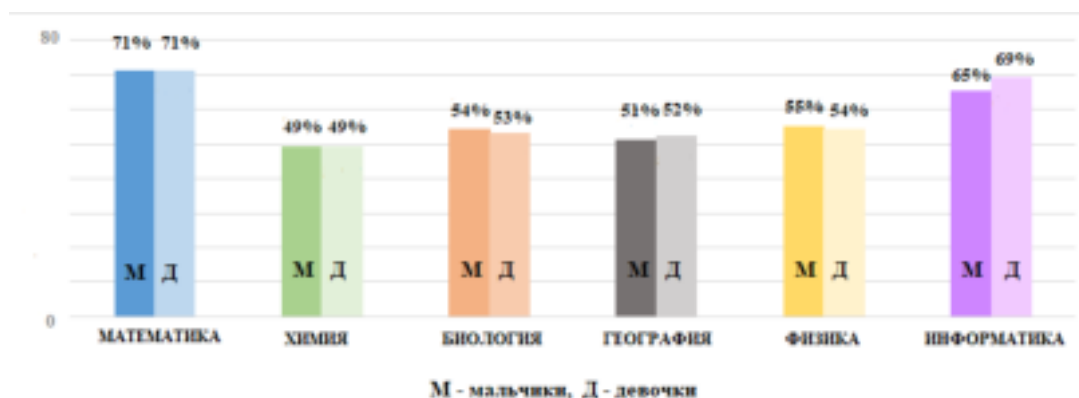


Рис. 1. Влияние неформальных мероприятий на мотивацию к изучению СТЕМ-предметов <sup>3</sup>

В рамках моей научной работы для проекта IT Academia я участвовал в разработке научно-развлекательной программы для ежегодного детского летнего научного лагеря в Данишовце. Ниже приведу пример одной из задач для детей-участников детского научного лагеря.

*Задача: «Используй солнце» (Use the Sun).*

Участникам раздаются готовые наборы машинок с солнечными панелями, которые можно легко и недорого приобрести на известных торговых интернет-площадках (рис. 2). Наборы включают в себя инструкции для сборки, соответствующие инструменты и крепления, а также солнечную панель, соединенную с мотором.



Рис. 2. Наборы для задачи «Используй солнце»

На первом этапе детям в рамках занятия нужно собрать модель с учетом инструкции.

На втором этапе проводилась краткая презентация, объясняющая в доступной форме принципы работы солнечных панелей. В дальнейшем успешно собравшим модели предлагается испытать их, выбрав источник света для движения модели. В зависимости от погоды этот этап проводится на открытом воздухе или в помещении, где учащиеся могут наблюдать прямую зависимость скорости движения модели (мощности мотора модели) от освещенности. При хорошей солнечной погоде источником является солнце, в помещении используется галогеновая лампа.

На третьем этапе в зависимости от возраста и уровня подготовки участника предлагается либо разукрасить текущую модель (для менее опытных), либо с использованием мотора на солнечной батарее реализовать собственный проект с использованием солнечной батареи (для бо-

<sup>3</sup> Q. v.: [https://itakademia.sk/wp-content/uploads/2022/11/FINAL\\_STUDIA\\_ITA.pdf](https://itakademia.sk/wp-content/uploads/2022/11/FINAL_STUDIA_ITA.pdf) (accessed: 18.03.2023).



лее опытных). Для собственных проектов также возможно использовать современные наборы LEGO®BOOST, которые позволяют использовать готовые решения, а также программировать и создавать новые. Инструктора, студенты университета, консультируют участников и помогают им.

На четвертом этапе проходит оценивание работ, и победители получают призы.

Авторы проекта положительно высказались о результатах своей работы, одним из ключевых шагов к реализации которого, помимо проведения неформальных мероприятий и обучающих программ, стало создание на базе школ участников проекта современных научных лабораторий и компьютерных классов. В будущем планируется и дальше развивать кооперацию с IT-фирмами-партнерами и университетами для популяризации науки и IT-технологий в среднеобразовательных учреждениях. Автор статьи выражает благодарность организаторам проекта IT Academia за предоставленную информацию.

#### **Список использованных источников**

1. Jurkova V., Kollár R., Janková M. [et al.]. Analýza výstupov a dopadov národného projektu IT Akadémia — vzdelávanie pre 21. storočie. // Elektronická verzia Národný projekt „IT Akadémia — vzdelávanie pre 21. storočie“. — 2022. — URL : [https://itakademia.sk/wp-content/uploads/2022/11/FINAL\\_STUDIA\\_ITA.pdf](https://itakademia.sk/wp-content/uploads/2022/11/FINAL_STUDIA_ITA.pdf) (accessed: 18.03.2023).

2. Šikula M. Vplyv Kvalitatívnych Zmien Inštitucionálneho Prostredia v Procese Globalizácie na Konkurencieschopnos // Ekonomický ústav SAV. — Bratislava, 2018.

#### **Сведения об авторе**

**Тронов Иван Игоревич** — докторант Университета Павла Йозефа Шафарика в Кошице (Кошице, Словакия) (RNDr. Pavol Jozef Šafárik University in Košice).

УДК 372.853

DOI: 10.37724/k5584-9225-5184-q

**Н. Б. Федорова, О. В. Кудлай**

### **ПРИМЕНЕНИЕ ЛЕГОКОНСТРУКТОРОВ НА УРОКАХ ФИЗИКИ В 8 КЛАССЕ**

В статье описывается применение LEGO “Education Mindstorms EV3” в средней школе, приводятся примеры применения конструктора LEGO при выполнении лабораторной работы по физике в 8 классе.

*физика, конструктор lego mindstorms, образовательная робототехника, лабораторные работы по физике*

The article describes the use of LEGO Education “Mindstorms EV3” in the middle school, gives examples of the application of the LEGO constructor when performing laboratory work on physics in grade 8.

*physics, lego mindstorms, educational robotics, physics labs*

Модернизация российского образования и введение в систему образования новых федеральных государственных образовательных стандартов (ФГОС) определила использование инновационных педагогических и информационных технологий в образовательном процессе средней школы. Согласно этому школьников необходимо знакомить не только с технологиями, востребованными в настоящее время, но и с теми, чье массовое использование пока еще только прогнозируется. В связи с этим весьма актуальным и востребованным в настоящее время является изучение в школе основ робототехники. Без роботизированных устройств сегодня сложно представить человеческое существование в XXI веке. Роботы призваны заменить человека в самой рутинной или изнурительной деятельности, в опасных средах и ситуациях.

Пока образовательная робототехника распространена в основном в области дополнительного образования и потому слабо методически формализована.

---

© Федорова Н. Б., Кудлай О. В., 2023

Изучение робототехники в школах сегодня реализуется в основном на факультативных или элективных курсах при выполнении индивидуальных исследований и проектов школьниками во внеурочное время. Прогрессивные педагоги включают элементы робототехники в содержание ряда школьных дисциплин, таких как математика, информатика и ИКТ, технология, физика.

Круг задач, решаемых образовательной робототехникой, достаточно широк, поскольку робот может выступать не только объектом для изучения, но и средством учебного моделирования и конструирования. В школе наиболее популярными конструкторами являются Lego WeDo, Lego «Технология и физика», Lego Mindstorms NXT, Lego Mindstorms EV3, Tetrrix, Matrix, Fischertechnik, Arduino, Roborobo, Bioloid и др.<sup>1</sup>.

Конструктор побуждает работать в равной степени и голову, и руки, что сказывается на всестороннем развитии обучающихся. Школьник, не замечая этого, осваивает устный счет, производит арифметические действия. Каждый раз непроизвольно создаются ситуации, при которых сам рассказывает о том, что он строил. Все это способствует развитию речи и умению выступать на публике<sup>2</sup>.

Остановимся более подробно на наборе LEGO Education «Mindstorms EV3»<sup>3</sup>. Образовательный набор компании Лего имеет собственное программное обеспечение. Учебная программа на базе EV3 рассчитана на среднюю и старшую школу, может использоваться в рамках изучения следующих дисциплин: информатика, математика, физика, технология, а также во внеурочной деятельности.

Основой всего набора является программируемый микрокомпьютер EV3 с экраном и портами ввода-вывода, он контролирует работу моторов и датчиков. В состав базового набора также входят комплект деталей, два больших и один малый сервомотор, датчики касания, цвета, ультразвуковой и гироскопический. Полезным дополнением является температурный датчик. При помощи датчиков робот воспринимает окружающий мир, а благодаря моторам реагирует на него в соответствии с заложенной программой.

Понимание принципов действия этих датчиков предполагает знание законов из различных разделов курса физики — механики, акустики, оптики и др. Проектирование и конструирование робота с целью последующего его использования для проведения демонстрационного или лабораторного эксперимента развивает у школьников экспериментальные умения и навыки, способствует формированию у обучающихся инженерного мышления. Таким образом, робототехнические комплексы являются уже не объектом изучения с позиции физики, а средством изучения физических явлений. Однако использование средств образовательной робототехники на уроках физики становится эффективным только при совместном использовании с традиционным физическим оборудованием.

В комплекте с набором поставляется собственная графическая среда программирования. Она позволяет не только создавать программы для управления роботом, но и строить графики по измеряемым данным.

В качестве примера рассмотрим выполнение лабораторной работы в 8 классе «Исследование изменения температуры остывающей воды со временем».

Цель работы: исследовать изменение температуры остывающей воды со временем.

---

<sup>1</sup> См.: Ершов М. Г. Возможности использования образовательной робототехники в преподавании физики // Проблемы и перспективы развития образования : материалы IV Междунар. науч. конф. Пермь, 2013.

<sup>2</sup> См.: Проект «Робототехника в современном ДООУ — первый шаг к приобщению школьников к техническому творчеству». URL : <http://www.maam.ru/detskijasad/proekt-robototehnika-v-sovremenom-dou-pervyi-shag-v-priobshcheni-doshkolnikov-k-tehnicheskomu-tvorchestvu.html> (дата обращения 05.03.2023).

<sup>3</sup> См.: Официальный сайт компании LegoMindstorms. URL : <https://education.lego.com/en-us/product-resources/mindstorms-ev3/teacher-resources/classroom-materials> (дата обращения 05.03.2023).

Классически выполнение такой лабораторной работы проходит следующим образом. Для ее выполнения необходимы: сосуд с горячей водой, калориметр, лабораторный термометр и часы. В ходе работы учащимся предлагается определить цену деления лабораторного термометра, затем поместить термометр в стакан с горячей водой и каждую минуту снимать показания температуры воды. На основании полученных результатов школьники строят график зависимости изменения температуры воды от времени и делают вывод, сравнив температуру воды за первую и последнюю минуты. При выполнении лабораторной работы с помощью набора LEGO Education “Mindstorms EV3” вместо термометра для удобства используется температурный датчик с фиксирующей его подставкой (рис. 1).

Порядок выполнения действий остается прежним, однако учащимся не нужно определять цену деления прибора, достаточно только выставить в управляющей программе единицу измерения температуры по шкале Цельсия или Фаренгейта.

Школьникам учитель предоставляет установки с уже загруженной программой, так как в рамках урока времени для самостоятельного программирования недостаточно. Если эту же работу школьники выполняют в рамках проектной деятельности, то программирование они осуществляют самостоятельно<sup>4</sup>. Стоит отметить, что можно автоматизировать и процесс построения графика для отчета по данной работе (рис. 2).



*Рис. 1.* Установка лабораторной работы «Исследование изменения температуры остывающей воды со временем»



*Рис. 2.* Построение графика в отчете по лабораторной работе «Исследование изменения температуры остывающей воды со временем»

Для этого в прилагаемом программном обеспечении необходимо зайти в режим эксперимента и задать продолжительность эксперимента, частоту выборки и единицу измерения, после этого программа автоматически построит график, а в режиме таблицы данных будут представлены все измеренные значения в заданные промежутки времени датчиком с точностью до сотых<sup>5</sup>.

Робот — измеритель, позволяющий качественно изменить процесс проведения физических измерений, автоматизировать получение экспериментальных данных, высвобождая время для проведения анализа полученных результатов. Такой подход к проведению школьного эксперимента может оказаться полезным на уроках физики и во внеурочное время при углубленном изучении уже известных обучающимся физических явлений.

Таким образом, можно выделить следующие педагогические цели использования робототехники в преподавании физики:

- 1) демонстрация роли физики в проектировании и использовании современной техники;
- 2) развитие экспериментальных умений и навыков у обучающихся;

<sup>4</sup> См.: Абальмасов В. В. Использование Lego Mindstorms Education EV3 на уроках физики. URL : [https://edupractice.ru/theme/upload/stat-ya-2\\_77ff50412748aa405e5aaa80411f4cc2.pdf](https://edupractice.ru/theme/upload/stat-ya-2_77ff50412748aa405e5aaa80411f4cc2.pdf) (дата обращения: 05.03.2023).

<sup>5</sup> См.: Рожкова Е. П. Организация исследовательской работы на уроках физики при помощи конструктора LEGO. URL : <http://фрос-игра.рф/osnovnoe-i-starshee-obshchee-obrazovanie/na-urokakh-fiziki> (дата обращения: 05.03.2023).

3) усиление предпрофильной и профильной подготовки учащихся, их ориентация на профессии инженерно-технического профиля.

Как показывает эксперимент, современные требования ФГОС хорошо согласуются с базовыми принципами организации деятельности школьников при работе с робототехническими комплексами. Конструирование, моделирование, программирование роботов развивают у школьников творчество, самостоятельность, коммуникацию в группе. Таким образом, у обучающихся формируются компетенции, необходимые современному школьнику.

#### *Список использованных источников*

1. Абальмасов В. В. Использование Lego Mindstorms Education EV3 на уроках физики. — URL : [https://edupractice.ru/theme/upload/stat-ya-2\\_77ff50412748aa405e5aaa80411f4cc2.pdf](https://edupractice.ru/theme/upload/stat-ya-2_77ff50412748aa405e5aaa80411f4cc2.pdf) (дата обращения: 05.03.2023).
2. Ершов М. Г. Возможности использования образовательной робототехники в преподавании физики // Проблемы и перспективы развития образования : материалы IV Междунар. науч. конф. — Пермь, 2013.
3. Официальный сайт компании LegoMindstorms. — URL : <https://education.lego.com/en-us/product-resources/mindstorms-ev3/teacher-resources/classroom-materials> (дата обращения: 05.03.2023).
4. Проект «Робототехника в современном ДООУ — первый шаг к приобщению школьников к техническому творчеству». — URL : <http://www.maam.ru/detskijasad/proekt-robototehnika-v-sovremenom-dou-pervyi-shag-v-priobscheni-doshkolnikov-k-tehnicheskomu-tvorchestvu.html> (дата обращения: 05.03.2023).
5. Рожкова Е. П. Организация исследовательской работы на уроках физики при помощи конструктора LEGO. — URL : <http://фгос-игра.пф/основное-i-starshee-obshchee-obrazovanie/na-urokakh-fiziki> (дата обращения 05.03.2023).

#### *Сведения об авторах*

**Федорова Наталья Борисовна** – доктор педагогических наук, профессор ФГБОУ ВО «Рязанский государственный университет имени С. А. Есенина» (Рязань).

**Кудлай Ольга Вячеславовна** – студентка 4 курса направления подготовки 44.03.05. «Педагогическое образование» ФГБОУ ВО «Рязанский государственный университет имени С. А. Есенина» (Рязань).

## Раздел 5

# АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ФИЗИКИ, ТЕХНОЛОГИИ И ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ В ПОДГОТОВКЕ ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННЫХ КАДРОВ

УДК 378.147:(61+57)::53

DOI: 10.37724/p1289-6415-9675-i

*Л. А. Козырь, И. В. Базина*

### ТЕХНОЛОГИЯ КОНТЕКСТНОГО ОБУЧЕНИЯ В ПРЕПОДАВАНИИ ДИСЦИПЛИНЫ «МЕДИЦИНСКАЯ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ ФИЗИКА»

В статье рассмотрен опыт внедрения контекстного обучения в преподавание дисциплины «Медицинская и биологическая физика». Приводятся конкретные примеры применения контекстного обучения при изучении различных разделов дисциплины. Показано, что, несмотря на некоторые организационные трудности, внедрение данной образовательной технологии в учебный процесс способствует росту успеваемости и профессиональной мотивации студентов, обеспечивает межпредметную и междисциплинарную коммуникацию, а также единство обучения и воспитания.

*образовательная технология, технология контекстного обучения, медицинская и биологическая физика*

The article discusses the experience of introducing contextual learning in teaching the discipline "Medical and biological Physics". Specific examples of the use of contextual learning are given while studying various sections of the discipline. It is shown that despite some organizational difficulties, the introduction of this educational technology into the educational process contributes to the growth of academic performance and professional motivation of students, provides cross-disciplinary and interdisciplinary communication, as well as the unity of teaching and upbringing.

*educational technology, contextual learning technology, medical and biological physics*

Ключевая задача современного медицинского образования состоит в формировании специалиста-профессионала с фундаментальным уровнем подготовки и современным научным мировоззрением.

Внедрение новых технологий в систему здравоохранения предъявляет особые требования к профессиональной подготовке врача и повышает значимость физических знаний в общей системе медицинского образования.

Курс «Медицинская и биологическая физика» не только формирует у обучаемых знание фундаментальных физических законов, закономерностей и явлений, но и закладывает основы знаний, необходимых для освоения доклинических и клинических дисциплин. Поэтому программа дисциплины существенно отличается от традиционных программ курса общей физики и содержит ряд разделов некоторых смежных наук, таких как математика, информатика, электроника и др. Выбор учебного материала основан на его востребованности на последующих этапах обучения и в дальнейшей практической деятельности врача.

Одной из основных дидактических технологий, которую применяют в преподавании дисциплины «Медицинская и биологическая физика», является контекстное обучение, которое подразумевает мотивацию студентов к усвоению знаний путем выявления связей между конкретным знанием и его применением в будущей профессиональной деятельности<sup>1</sup>. Контекстное обучение

---

<sup>1</sup> См.: Вербицкий А. А. Компетентный подход и теория контекстного обучения. М. : ПКПС, 2004. 84 с.

утрачивает смысл без межпредметных и междисциплинарных связей<sup>2</sup>. В его основе лежат связь теории и практики, единство обучения и воспитания, обеспечение личностно-смыслового включения в учебную деятельность<sup>3</sup>. Приведем конкретные примеры применения контекстного обучения.

При изучении темы «Механические колебания и волны. Акустика» рассматриваются такие важные вопросы, как эффект Доплера и его использование в медико-биологических исследованиях. Изучается природа звука, устанавливается связь между характеристиками слухового ощущения и физическими характеристиками звука. На лабораторных занятиях студенты осваивают методику звуковых измерений при работе с аудиометром и шумомером, проявляя при этом высокую активность, самостоятельно анализируя полученный экспериментальный материал. При рассмотрении вопроса об ультразвуковых волнах и особенностях их распространения студенты открывают для себя физические основы ультразвуковой диагностики, а при изучении действия ультразвука на биологические объекты знакомятся с использованием ультразвука в лечебных целях. Знания этого раздела выступают основой для познавательной деятельности студента при изучении таких дисциплин, как анатомия, физиология, гистология, акушерство и гинекология, урология и других.

В разделе, посвященном биомеханике кровообращения, студенты первоначально рассматривают вопросы, связанные со свойствами жидкости и характером ее течения, определяют число Рейнольдса для сосудистого русла кровообращения, выявляют причины нарушения ламинарного течения крови в сосудах при различных заболеваниях. Они получают широкий спектр знаний о физических свойствах крови, механических свойствах кровеносных сосудов и особенностях течения крови по ним, рассматривают модели кровообращения, позволяющие понять проявление различных физических закономерностей в живых системах. В лабораторном практикуме студенты осваивают различные методы определения вязкости жидкости, изучают механические свойства биологических тканей. Оригинальная лабораторная работа демонстрирует поведение моделей, отражающих механические свойства различных биообъектов. По мнению ведущих преподавателей кафедр биологии, нормальной анатомии, патологической анатомии, физиологии и ряда клинических кафедр эти знания являются базовыми для успешного освоения содержания этих дисциплин.

Особое внимание уделяется теме «Физические процессы в биологических мембранах», в которых изучаются структурные особенности биологических мембран и их компонентов, основные функции мембран, их механические и электрические свойства. Подробно рассматриваются физические закономерности различных видов транспорта веществ через мембраны как необходимого условия жизнедеятельности клетки. Одной из важнейших функций биологических мембран является генерация и распространение биопотенциалов. Это явление лежит в основе возбудимости клеток, работы нервной системы, мышечного сокращения и других процессов жизнедеятельности, поэтому студенты изучают механизм образования потенциала покоя и потенциала действия, а также распространение нервного импульса по волокну. При изучении этой темы студенты знакомятся с различными физическими моделями мембран, современными методами исследования структуры биологических мембран и их физических свойств. Изучаемые вопросы важны для понимания образования внешних электрических полей органов (ЭКГ, ЭЭГ и др.). Полученные знания по данной теме в дальнейшем используются студентами для успешного усвоения курсов биологии, физиологии, гистологии, биохимии и фармакологии.

При изучении раздела электродинамики наряду с изучением фундаментальных вопросов рассматриваются физические основы электрографии тканей и органов, электропроводимость биологических тканей и жидкостей, воздействие токов и электромагнитных полей на ткани организма, собственные электромагнитные поля человека. Эти знания совместно с вопросами общей и медицинской электроники позволяют студентам не только успешно осваивать медицинскую электронную аппаратуру, но и объективно выявлять области ее применения. В лабораторной

---

<sup>2</sup> См.: Вербицкий А. А. Активное обучение в высшей школе: контекстный подход : метод. пособие. М. : Высшая школа, 1991. 207 с.

<sup>3</sup> См.: Жукова И. А. Контекстное обучение как средство формирования профессиональной компетентности будущих юристов : автореф. ... дис. канд. пед. наук // Российская государственная библиотека. URL : <https://search.rsl.ru/record/01004847747> (дата обращения: 13.03.2023).

работе по изучению электрокардиографа студенты выявляют функциональную структуру измерительного прибора, назначение переключателей на панели управления, правила его эксплуатации, учатся определять количественные параметры деятельности сердца по полученным электрокардиограммам, исследуют частотную характеристику усилителя и искажения медико-биологической информации, возникающие из-за неправильного выбора режима работы усилительного блока электрокардиографа. Выполняя лабораторную работу с медицинским аппаратом УВЧ-терапии, студенты знакомятся с общими принципами работы высокочастотной физиотерапевтической аппаратуры, с правилами ее безопасной эксплуатации, определяют в ходе эксперимента условия оптимального воздействия электрического поля УВЧ на биологические объекты. Организованная познавательная и практическая деятельность обеспечивает усвоение знаний и умений, которые в дальнейшем используются студентами в качестве фундамента для освоения профессиональных знаний физиологии, физиотерапии, кардиологии и в дальнейшей практической деятельности.

В разделе «Оптика» студенты изучают вопросы, связанные с современными оптическими методами исследования биологических объектов, рассматривают физические основы зрения и волоконной оптики, а также широкое использование последней в различных медицинских аппаратах. При изучении элементов квантовой биофизики студенты знакомятся с новейшими методами лазерной терапии, радиоспектроскопии.

В нашем курсе нашли свое отражение и такие актуальные темы, как физические основы действия ионизирующего излучения на человека, использование радионуклидов и нейтронов в медицине, применение ускорителей заряженных частиц в терапии, а также элементы дозиметрии. Полученные теоретические и практические знания составляют основу для изучения курсов лучевой диагностики и терапии, а также гигиены и специальной подготовки.

Следует отметить, что внедрение технологии контекстного обучения достаточно трудоемко, так как требует определенной модификации учебного процесса, начиная с учебно-методической литературы, заканчивая повышением квалификации преподавательских кадров. Однако некоторые трудности окупаются повышением уровня знаний у студентов, а также становлением навыков партнерства и сотрудничества между ними. Применение технологии контекстного обучения в учебном процессе развивает творческий подход к решению учебных задач, способствует реализации учащегося как творца собственных знаний.

#### ***Список использованных источников***

1. Вербицкий А. А. Активное обучение в высшей школе: контекстный подход : метод. пособие. — М. : Высшая школа, 1991. — 207 с.
2. Вербицкий А. А. Компетентностный подход и теория контекстного обучения. — М. : ПКПС, 2004. — 84 с.
3. Жукова И. А. Контекстное обучение как средство формирования профессиональной компетентности будущих юристов : автореф. ... дис. канд. пед. наук // Российская государственная библиотека. — URL : <https://search.rsl.ru/ru/record/01004847747> (дата обращения: 13.03.2023).

#### ***Сведения об авторе***

***Козырь Людмила Анатольевна*** — кандидат биологических наук, доцент кафедры физики и математики ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н. И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Москва).

***Базина Инна Викторовна*** — кандидат технических наук, доцент кафедры физики и математики ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н. И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Москва).

**ДИСЦИПЛИНА «ТЕОРИЯ МЕХАНИЗМОВ И МАШИН»  
В ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКЕ КАДРОВ  
ПРИ ПЕРЕХОДЕ К ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКЕ**

Статья раскрывает роль дисциплины «Теория механизмов и машин» при подготовке кадров для цифровой экономики России.

*теория механизмов и машин, цифровая экономика, профессиональная подготовка кадров*

The article reveals the role of the discipline “Theory of mechanisms and machines” in training personnel for the digital economy of Russia.

*theory of mechanisms and machines, digital economy, professional training*

Профессиональная подготовка кадров для различных направлений деятельности во многом определяется стремительным развитием и активным внедрением в направления общественной жизни современных информационно-коммуникационных технологий. В настоящее время ведущую роль играют «сквозные» цифровые технологии, определяющие приоритетные направления развития нашей страны в соответствии с программным документом «Цифровая экономика Российской Федерации»<sup>1</sup>.

Одним из основополагающих документов, используемых при реализации федерального проекта «Цифровые технологии», является дорожная карта «сквозной» цифровой технологии «Компоненты робототехники и сенсорики»<sup>2</sup>. Дорожная карта включила в себя цели и ожидаемые результаты внедрения и распространения рассматриваемых технологий в различных областях общественной жизни страны. Были определены проблемы и действия по их устранению, особенности влияния результатов реализации данной дорожной карты на социальный прогресс. Разработка дорожной карты базировалась на анализе наиболее перспективных направлений развития робототехники и сенсорики с учетом потребностей ведущих отечественных предприятий, был сформирован приоритетный перечень субтехнологий:

1) сенсоры и цифровые компоненты робототехнических комплексов для человеко-машинного взаимодействия (определяют средства управления и безопасности при взаимодействии человека и робота);

2) технологии сенсорно-моторной координации и пространственного позиционирования (включают в себя задачи моделирования и проектирования отказоустойчивых механических систем);

3) сенсоры и обработка сенсорной информации (определяют технологию создания электронной компоненты различных сенсорных систем).

Решение задачи моделирования и проектирования отказоустойчивых механических систем во многом базируется на классическом подходе курса «Теория механизмов и машин», в котором обобщены методы исследования, анализа и синтеза механизмов и машин. Востребованность механических составляющих конструкций различной степени сложности определяет значимость изучения рассматриваемого раздела прикладной механики не только при подготовке студентов по технико-технологическим направлениям подготовки, но и для студентов педагогического направления подготовки по профилям «Технология и физика», «Физика и дополнительное образование».

---

<sup>1</sup> См.: Программа «Цифровая экономика Российской Федерации» // Цифровая экономика РФ. Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации. URL : [digital.gov.ru](https://digital.gov.ru) (дата обращения: 19.03.2023).

<sup>2</sup> См.: Дорожная карта развития «сквозной» цифровой технологии «Компоненты робототехники и сенсорики». URL : [digital.gov.ru](https://digital.gov.ru) (дата обращения: 19.03.2023).



В процессе изучения дисциплины «Теория механизмов и машин» обучаемые овладевают специальной терминологией, грамотно оперируют понятиями механизма, машины, машинного агрегата. Освоение таких понятий, как кинематическая пара (подвижность; число и условия связи, налагаемые на кинематическую пару; низшие и высшие кинематические пары), кинематическая цепь (простая, сложная, открытая, закрытая, плоская, пространственная), начальное звено и начальный механизм, структурная группа (класс, порядок и вид группы) дает возможность выполнить студентам структурный, кинематический и кинетостатический анализ механизмов, овладеть общими методами синтеза механизмов.

Полученные знания расширяют профессиональные возможности будущих выпускников:

– позволяют грамотно оперировать усвоенной терминологией и применять полученные знания в процессе реализации преподавательской деятельности (например, проведение занятий по курсу «Робототехника»);

– способствуют участию в инновационных проектах педагогической и технической направленности;

– являются основой для дальнейшего профессионального роста (например, для самостоятельного освоения программного продукта APM Dynamics, предназначенного для моделирования пространственных механических динамических систем).

Стремительное развитие и внедрение в различные сферы деятельности компонентов цифровой экономики, а также быстрая смена поколений различных технических устройств подтверждает значимость и необходимость дисциплины «Теория механизмов и машин» как необходимой составляющей, обеспечивающей реализацию «сквозной» цифровой технологии «Компоненты робототехники и сенсорики» в процессе профессиональной подготовки выпускников вузов по технико-технологическим и педагогическим направлениям.

#### ***Список использованных источников***

1. Программа «Цифровая экономика Российской Федерации» // Цифровая экономика РФ. Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации. — URL : [digital.gov.ru](https://digital.gov.ru) (дата обращения: 19.03.2023).

2. Дорожная карта развития «сквозной» цифровой технологии «Компоненты робототехники и сенсорики». — URL : <https://www.digital.gov.ru> (дата обращения: 19.03.2023).

#### ***Сведения об авторе***

***Овчинникова Елена Вадимовна*** — кандидат технических наук, доцент ФГБОУ ВО «Рязанский государственный университет имени С. А. Есенина» (Рязань).

УДК 37.036.5:378

***Е. В. Овчинникова***

### **ПОВЫШЕНИЕ ТВОРЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ОБУЧАЕМЫХ В ПРОЦЕССЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ КАДРОВ**

Статья раскрывает роль и значимость развития творческого потенциала в процессе профессиональной подготовки кадров.

*творческое развитие личности, творческий потенциал обучаемых, профессиональная подготовка кадров*

The article reveals the role and importance of the development of creative potential in the process of professional training of personnel.

*creative development of personnel, creative potential of training, digital economy, professional training*

---

© Овчинникова Е. В., 2023

Процесс преподавания профессиональных дисциплин в большинстве случаев ориентирован на решение таких теоретических и(или) практических задач, для которых уже имеется готовая постановка задачи, предлагаются примеры решения задач в соответствии с заранее известным алгоритмом и известным преподавателю (в некоторых случаях — обучаемому) результатом решения. В процессе формирования базовых знаний, навыков и компетенций такой подход оправдан, однако на определенном этапе процесс становится рутинным и не требует глубоких размышлений.

Дополнение учебного процесса навыками решения нетиповых задач, для которых характерно отсутствие готового примера и(или) близких примеров решения, а решение может иметь несколько вариантов, позволяет восполнить указанный пробел. В процессе решения нетривиальных задач у студентов должно развиваться умение анализировать проблему, систематизировать исходные и недостающие данные, находить рациональные решения. Данный подход к процессу профессиональной подготовки позволит сформировать у обучаемых навыки самостоятельной творческой работы. Под творчеством принято понимать процесс человеческой деятельности, направленный на создание качественно новых духовных и материальных ценностей, что связано в целом с созидательным трудом.

Повышение созидательного потенциала обучаемых за счет решения творческих задач во многом определяется ролью педагога (наставника) в творческом процессе. Творческий потенциал у людей различен. Основной задачей педагога является создание в процессе профессиональной подготовки студентов таких условий, когда творческий созидательный потенциал каждого человека раскрывается более полно, чтобы были выявлены такие способности, о наличии которых обучаемый не подозревает.

Важную роль в процессе формирования созидательной личности играют методы формирования и раскрытия творческого потенциала. В настоящее время разные авторы акцентируют свое внимание на различных аспектах формирования творческого мышления<sup>1</sup>, наиболее известными из которых являются:

- разработанные Г. С. Альтшуллером ТРИЗ (теория решения изобретательских задач), АРИЗ (алгоритм решения изобретательских задач), ТРТЛ (теория развития творческой личности, ТРТС (теория развития технических систем) и другие методы<sup>2</sup>;
- «шесть шляп мышления» и латеральное мышление Эдварда де Боно<sup>3</sup>;
- эвристические методы;
- методы аналогий;
- ментальные карты;
- метафорические методы и др.

В рамках изучения дисциплины «Компьютерное моделирование в детском техническом творчестве» студентами педагогического направления подготовки по профилю «Технология и физика» изучается ряд рассматриваемых методов (шесть шляп мышления, ментальные карты, рефрейминг, гирлянда ассоциаций и метафор), что позволяет будущим выпускникам сформировать компетенции и навыки, направленные на активизацию у школьников творческого решения задач. Особенность решения задач трехмерного компьютерного моделирования предполагает неоднозначный подход к получению искомого результата, что определяет актуальность изучения вышеуказанных методов.

Повышение творческого потенциала определяет положительные качества будущих педагогов в последующей профессиональной деятельности:

- возрастает доля профессионалов, работающих увлеченно и самостоятельно;
- увеличивается количество выпускников нацеленных на решение профессиональных прикладных задач, требующих креативного подхода;
- определяется направление дальнейшего совершенствования педагогического мастерства (изучение и заимствование передового опыта в области саморазвития и воспитания творческой личности).

---

<sup>1</sup> См.: О'Кифф Дж. Нешаблонное мышление. Проверенная методика достижения амбициозных целей / пер. с англ. Ю. Бэльдберг. М. : Манн : Иванов и Фербер, 2013. 304 с.

<sup>2</sup> См.: Альтшуллер Г. С. Творчество как точная наука. М. : Советское радио, 1979. 105 с.

<sup>3</sup> См.: Боно Э. Серьезное творческое мышление / пер. с англ. Д. Я. Онацкой. Мн. : Попурри, 2005. 416 с.

### Список использованных источников

1. Альтшуллер Г. С. Творчество как точная наука. — М. : Советское радио, 1979. — 105 с.
2. Боно Э. Серьезное творческое мышление / пер. с англ. Д. Я. Онацкой. — Мн. : Попурри, 2005. — 416 с.
3. О'Кифф Дж. Нешаблонное мышление. Проверенная методика достижения амбициозных целей / пер. с англ. Ю. Бэльдберг. — М. : Манн : Иванов и Фербер, 2013. — 304 с.

### Сведения об авторе

**Овчинникова Елена Вадимовна** — кандидат технических наук, доцент ФГБОУ ВО «Рязанский государственный университет имени С. А. Есенина» (Рязань).

УДК 004.94:621.373.826

**В. А. Орлова, М. Ю. Орлов, В. А. Степанов**

## ТРЕХМЕРНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ КАК СПОСОБ ИЗУЧЕНИЯ КОНСТРУКЦИИ ЛАЗЕРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Данная статья посвящается вопросу применения компьютерного 3D-моделирования при изучении и разработки конструкций лазерного оборудования. Проводится аналогия между упрощенной моделью полупроводникового лазера и реального газоразрядного гравера.

*3D-моделирование, лазер, техническое обучение, образование*

This article is devoted to the application of computer 3D modeling in the study and development of laser equipment designs. An analogy is drawn between a simplified model of a semiconductor laser and a real gas-discharge engraver.

*3D-modeling, laser, technical training, education*

Подготовка квалифицированных специалистов, способных качественно выполнять работу на лазерном оборудовании с числовым программным управлением, представляет собой комплексный процесс. Помимо навыков по работе с подобным оборудованием, важно понимание составных деталей, из которых состоит оборудование, и процессов, происходящих внутри станков. Поскольку процесс обучения предполагает в качестве основной целевой аудитории обучающихся средних и старших классов, оптимальным вариантом объяснения конструкции станка будет разработка упрощенной 3D-модели лазерного гравера и изготовление прототипа устройства с применением аддитивных технологий. Способ аналогий и упрощений позволит на ранних этапах досконально изучить основные части устройств<sup>1</sup>.

Основной целью данной публикации является описание упрощенной 3D-модели лазерного полупроводникового гравера.

Задачи для достижения поставленной цели:

- описание 3D-моделей составных частей устройства;
- сопоставление прототипов упрощенных деталей с реальными;
- проведение аналогии между проектируемым и реальным устройством.

---

<sup>1</sup> См.: Алешина В. А., Меньшикова А. А., Орлов М. Ю., Степанов В. А., Сидорова Э. Г., Харитоновна Е. Е. Визуализация технологического процесса изготовления изделий на занятиях в системе дополнительного образования // Актуальные проблемы физики и технологии в образовании, науке и производстве : материалы IV Всерос. науч.-практ. конф. С. 114–119. URL : <https://elibrary.ru/item.asp?id=4649150843072687> (дата обращения: 12.03.2023).

Корпус проектируемого устройства, взятого как прототип реального оборудования, состоит из следующих частей: основание лазерного гравера, боковых частей рамы, задней стенки с отверстиями для установки контролера, крепления шаговых двигателей с винтовыми направляющими, держателя полупроводникового лазера и рабочего стола.

В свою очередь, корпус реального CO<sub>2</sub>-лазерного станка состоит из рельсовой направляющей, рамы, держателя, линейных направляющих, ремня, двухшаговых двигателей и шестерней<sup>2</sup>.

Опишем подробно каждую деталь реального оборудования и сопоставим с проектируемой моделью.

Рама выполняет роль основы механической системы станка. Она является статичным объектом и служит для размещения на ней рельсовых и линейных направляющих, двухшаговых двигателей, ремней, оптической системы. Также к ней крепятся шарико-винтовые передачи, служащие для перемещения сотового стола. Аналогом рамы в проектируемом устройстве является основание и боковые части п/п гравера (рис. 1). К нему фиксируются боковые части рамы, крепление шагового двигателя с винтовыми направляющими и рабочий стол.

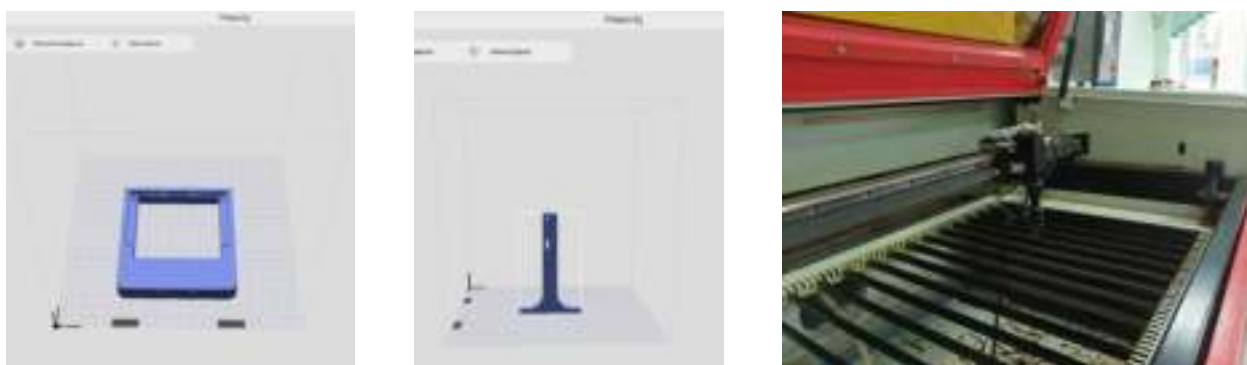


Рис. 1. Сравнение рамы реального оборудования с основанием прототипа

Рельсовые направляющие необходимы для линейного перемещения крепления с соплом. Они применяются для изменения положения стола и высоты расположения лазерного модуля. Аналогом в рассматриваемом прототипе является крепление шаговых двигателей с винтовыми направляющими (рис. 2).

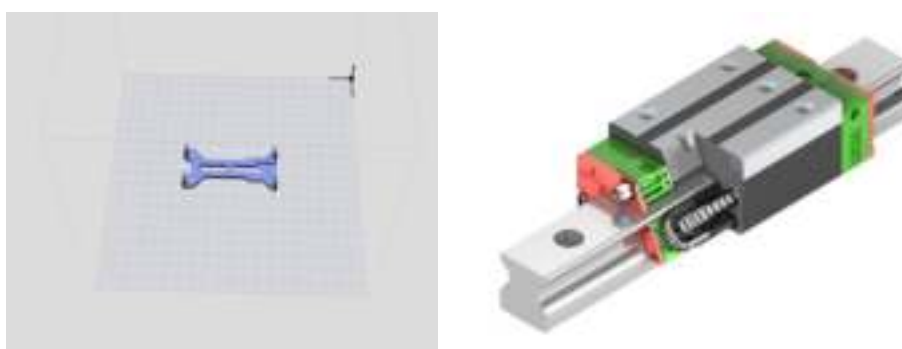


Рис. 2. Сопоставление конструкции прототипа с реальным устройством

Крепление с соплом представляет собой составную часть оптической схемы оборудования и используется для вывода сфокусированного лазерного пучка. Подобную деталью в проектируемой

---

<sup>2</sup> См.: Моос Е. Н., Орлов М. Ю., Степанов В. А., Харитоновна Е. Е. Технология использования станков с ЧПУ в системе дополнительного образования детей // Актуальные проблемы физики и технологии в образовании, науке и производстве : материалы II Всерос. науч.-практ. конф. С. 61–64. URL : <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43072687> (дата обращения: 11.03.2023).

модели является держатель п/п лазера (рис. 3). Основное назначение данного объекта — статичное закрепление п/п лазера, который обрабатывает материалы.

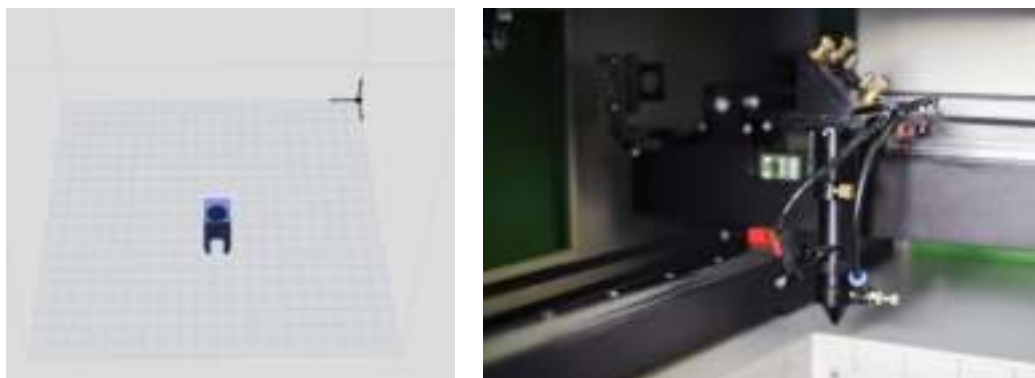


Рис. 3. Прототип держателя полупроводникового лазера и сопло с креплением реального станка

Корпус лазерного станка служит для расположения в нем всех составляющих частей: механической системы, оптической схемы, привода и системы управления. В свою очередь, в разрабатываемой модели корпус открытого типа и размещение элементов механической системы и системы управления осуществляется на задней стенке (рис. 4).

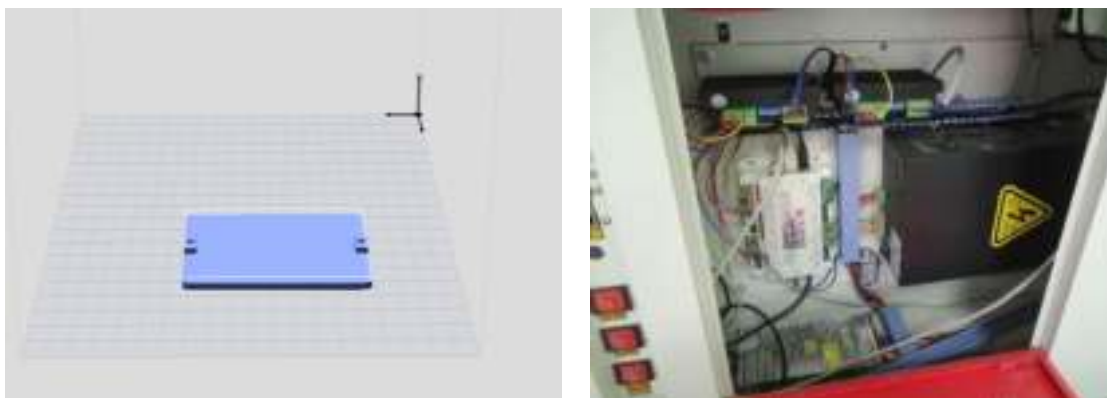


Рис. 4. Аналогия между корпусом промышленного гравера и площадкой для размещения контроллера прототипа

Неотъемлемой частью оборудования является сотовый стол. Данный компонент применяется для размещения в статичном положении заготовок материалов. Аналогом в рассматриваемой 3D-модели выступает рабочий стол (рис. 5), на который могут быть установлены небольшие заготовки материала<sup>3</sup>.

Подводя итог, отметим, что использование примитивного прототипа реального оборудования имеет ряд неточностей и упрощений. Важным является тот факт, что при знакомстве учеников с подобным оборудованием визуальная модель прототипа позволяет получить представление о каждой отдельной детали. Полученные знания о строении оборудования подетально дают комплексное понимание функционирования лазерных станков, применяемых для создания творческих проектов.

<sup>3</sup> См.: Орлов М. Ю., Навитанюк Д. А., Степанов В. А., Сидорова Э. Г., Харитоновна Е. Е. Обучение техническому творчеству подростков, находящихся в трудной жизненной ситуации в системе дополнительного образования // Актуальные проблемы физики и технологии в образовании, науке и производстве : материалы III Всерос. науч.-практ. конф. С. 101–104. URL : <https://elibrary.ru/item.asp?id=4649150843072687> (дата обращения: 07.03.2023).

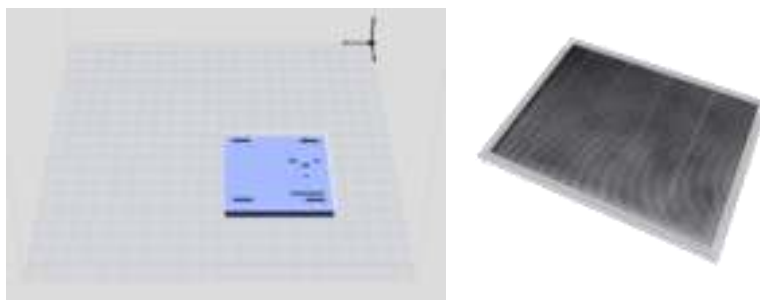


Рис. 5. Сравнение смоделированного стола с реально использующимся на учебном оборудовании

### **Список использованных источников**

1. Алешина В. А., Меньшикова А. А., Орлов М. Ю., Степанов В. А., Сидорова Э. Г., Харитоновна Е. Е. Визуализация технологического процесса изготовления изделий на занятиях в системе дополнительного образования // Актуальные проблемы физики и технологии в образовании, науке и производстве : материалы IV Всерос. науч.-практ. конф. — С. 114–119. — URL : <https://elibrary.ru/item.asp?id=4649150843072687> (дата обращения: 12.03.2023).
2. Моос Е. Н., Орлов М. Ю., Степанов В. А., Харитоновна Е. Е. Технология использования станков с ЧПУ в системе дополнительного образования детей // Актуальные проблемы физики и технологии в образовании, науке и производстве : материалы II Всерос. науч.-практ. конф. — С. 61–64. — URL : <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43072687> (дата обращения: 11.03.2023).
3. Орлов М. Ю., Навитанюк Д. А., Степанов В. А., Сидорова Э. Г., Харитоновна Е. Е. Обучение техническому творчеству подростков, находящихся в трудной жизненной ситуации в системе дополнительного образования // Актуальные проблемы физики и технологии в образовании, науке и производстве : материалы III Всерос. науч.-практ. конф. — С. 101–104. — URL : <https://elibrary.ru/item.asp?id=4649150843072687> (дата обращения: 07.03.2023).

### **Сведения об авторах**

**Орлова Вероника Александровна** — студентка АНОВО «Московский международный университет» (Москва).

**Орлов Максим Юрьевич** — аспирант 2 курса института физико-математических и компьютерных наук ФГБОУ ВО «Рязанский государственный университет имени С. А. Есенина» (Рязань).

**Степанов Владимир Анатольевич** — доктор физико-математических наук, профессор ФГБОУ ВО «Рязанский государственный университет имени С. А. Есенина» (Рязань).

УДК 378.147:53:614.8

DOI: 10.37724/y2927-3015-5449-q

**Д. А. Поскребышева, Г. П. Стефанова,  
И. А. Крутова**

## **ОБУЧЕНИЕ СТУДЕНТОВ МЕДИЦИНСКОГО ВУЗА ПРИМЕНЕНИЮ ФИЗИЧЕСКИХ ЗНАНИЙ В МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИХ СИТУАЦИЯХ**

В статье предлагается способ решения проблемы формирования у студентов-медиков неформальных физических знаний и видов деятельности по их применению в ситуациях, значимых для профессиональной практики врача. Рассмотрен пример проектирования программы формирования знаний и соответствующих умений при изучении курса «Основы медицинской биофизики» в медицинском вузе. Актуализирована значимость выполнения деятельности по распознаванию физических знаний в реальных медико-биологических ситуациях.

*биофизика, физика в медицинском образовании, деятельность по распознаванию, подведение под понятие, физика в профессиональной деятельности врача*

---

© Поскребышева Д. А., Стефанова Г. П., Крутова И. А., 2023

The article offers a way of solving the problem of formation of non-formal physical knowledge and activities on its application in professional practice of a doctor in medical students. The example of designing a program for formation of knowledge and relevant skills in the course «Fundamentals of medical biophysics» in a medical university is considered. The significance of performing activities on recognition of physical knowledge in real biomedical situations is actualized.

*biophysics, physics in medical education, recognition activities, summing up the concept, physics in the professional activity of a medical practitioner*

Дисциплина «физика» исторически входила в программу обучения будущих медицинских кадров. В современных условиях она трансформировалась в курс по медицинской и биологической физике. Основой курса являются разделы прикладной физики, которые направлены на решение медицинских задач, и элементы биофизики — физические объекты и явления в биологических системах, физические свойства этих систем, а также физико-химические основы процессов жизнедеятельности. В содержание дисциплины входят некоторые технические вопросы по медицинской аппаратуре и дозиметрии ионизирующих излучений.

Курс «Основы медицинской биофизики» формирует общие профессиональные компетенции, после освоения которых студент-медик способен использовать основные физико-химические, математические и естественно-научные понятия и методы при решении профессиональных задач, а также решать стандартные задачи профессиональной деятельности. Целью курса «Основы медицинской биофизики» является формирование у студентов неформальных физических знаний, которые связаны с видами деятельности по их применению. Поэтому при обучении данному предмету у преподавателя должна быть программа не только предметных знаний, но и умений, в которых студенты должны использовать эти знания. Программа предметных знаний представляет собой комплекс понятий о физических явлениях, физических объектах, физических законах, научных фактах и научных теориях. Программа умений — это виды деятельности, адекватные предметным знаниям, напрямую связанные с данными понятиями.

Рассмотрим пример проектирования программы формирования знаний с соответствующими видами деятельности по теме «Основы статики», которая включена в курс биофизики как фундамент для дальнейшего изучения опорно-двигательного аппарата. Научно-методический анализ позволяет выделить такие предметные знания и виды деятельности, адекватные им, как рычаги 1-го рода, 2-го рода и распознавание рычагов в конкретных ситуациях; плечо силы и изображение плеч, действующих на рычаг сил в конкретных ситуациях; момент силы и нахождение значения момента силы в конкретных ситуациях; равновесие рычага и предсказание поведения рычага в конкретных ситуациях; подвижные и неподвижные блоки и распознавание блоков в конкретных ситуациях.

Деятельность по применению понятий о физических объектах (рычаг 1-го рода, рычаг 2-го рода, подвижный блок, неподвижный блок) направлена на распознавание данных объектов в различных конкретных ситуациях. Опираясь на работу В. М. Адашевского, биологические тела или их отдельные части (сегменты), которые соединяются в суставах, можно рассматривать как рычаги, если в конкретных ситуациях мы можем пренебречь изменением расстояний между их точками<sup>1</sup>. В иных условиях тела и их сегменты не являются абсолютно твердыми телами, законы статики к ним неприменимы.

Вид деятельности, связанный с графическим изображением плеча силы, относится к моделированию конкретной ситуации, а именно к построению физической модели биомедицинской ситуации, которая этим действием завершается.

Такой вид деятельности, как нахождение значений определенной физической величины в конкретных ситуациях, не является, на наш взгляд, типовой профессиональной задачей будущего врача. Ежедневные задачи медика — диагностирование болезней, выявление отклонения какого-либо физиологического параметра от нормы, установление причин отклонений, выбор

---

<sup>1</sup> См.: Адашевский В. М. Теоретические основы механики биосистем : учеб. пособие под ред. Д. М. Морачковского. Харьков : Харьков. пед. ин-т, 2001. 258 с.

метода лечения по устранению отклонения, проведение лечения. Практика и экспертная оценка по выявлению практических видов деятельности врача в современных условиях показывают, что деятельность по нахождению параметра не является типовой<sup>2</sup>. Таким образом, основной задачей медицинского работника является приведение определенного параметра в норму, без нахождения его количественной составляющей.

Выделенный вид деятельности «Предсказание поведения рычага в конкретных ситуациях» связан с установлением вида состояния устойчивости биологической системы, а именно человека, по сохранению положения равновесия при любом малом его отклонении в условиях действия силы тяжести. Следует отметить, что в реальных условиях человек, как биосистема, для устойчивости использует силы тяг мышц, которые переменны во времени, и равновесие обеспечивается балансированием тела.

Заметим, что фактические виды деятельности связаны с распознаванием объектов в конкретных ситуациях и предсказанием поведения этих объектов в конкретных ситуациях. Остановимся на формировании такого вида деятельности, как распознавание объекта в конкретных ситуациях.

Руководствуясь принципом практической направленности подготовки, мы понимаем, что предлагаемые студентам-медикам ситуации должны быть связаны с профессиональной медико-биологической практикой<sup>3</sup>. Рассматриваемый вид деятельности на распознавание студенты должны уметь применять в различных условиях. Именно поэтому целесообразно формировать у них обобщенный метод его выполнения. Овладев обобщенным методом выполнения деятельности по распознаванию ситуаций, соответствующих элементам физических знаний, они станут независимыми от конкретных условий в своей будущей профессиональной практической деятельности.

Обобщенный метод выполнения деятельности по распознаванию конкретных ситуаций, соответствующих элементам физических знаний, разработан С. В. Анофриковой<sup>4</sup>. Приведем его содержание:

- 1) выделить конечный результат, который требуется получить;
- 2) раскрыть содержание термина, которым обозначен конечный результат;
- 3) выделить в этом содержании признаки, по которым объект или явление, обозначенные данным термином, отличаются от всех других объектов или явлений;
- 4) установить, обладает ли рассматриваемый объект или явление этими признаками;
- 5) сформулировать вывод.

Для усвоения данного метода и формирования у студентов умений по применению его в любых конкретных ситуациях учебный процесс строится в соответствии с закономерностями психолого-педагогической теории деятельности. Он состоит из следующих этапов: 1) мотивационный; 2) выделения действий по применению конкретного элемента знания и составления способа его выполнения; 3) выполнения действий с разной степенью самостоятельности<sup>5</sup>.

Рассмотрим организацию обучения деятельности по распознаванию физического объекта в конкретных ситуациях у студентов-медиков на примере изучения основ статики. Содержание данной темы предполагает усвоение каждым студентом основных понятий о рычагах 1-го рода, 2-го рода, подвижном и неподвижном блоках и их состояниях (устойчивое, неустойчивое и безразличное равновесия).

Для организации данной деятельности необходимо разработать не менее 8 ситуаций, встречающихся в медицинской практике. Среди них должны быть объекты, которые можно считать рычагом

---

<sup>2</sup> См.: Адашевский В. М. Теоретические основы механики биосистем ; Стефанова Г. П. Теоретические основы реализации принципа практической направленности подготовки при обучении физике. Астрахань : Астрахан. ун-т, 2018. 164 с.

<sup>3</sup> См.: Стефанова Г. П. Теоретические основы реализации принципа практической направленности подготовки при обучении физике.


<sup>4</sup> См.: Анофрикова С. В., Стефанова Г. П. Применение задач в процессе обучения физике. Астрахан. ун-т, 2019. 181 с.

<sup>5</sup> См.: Крутова И. А., Кириллова Т. В., Долгий О. А. Создание и применение комплекса дидактических средств для организации процесса усвоения физических знаний // Современные наукоемкие технологии. 2016. № 12-2. С. 368–372; Крутова И. А., Кириллова Т. В., Стефанова Г. П., Проценко Л. А. Концепция П. Я. Гальперина в эпоху цифровой трансформации образования // Современные проблемы науки и образования. 2022. № 6-1. URL : <https://science-education.ru/ru/article/view?id=32191> (дата обращения: 14.03.2023).



1-го рода, рычагом 2-го рода, и объекты, не являющиеся рычагами вообще. Приведем пример задания с конкретными ситуациями, которые позволяют освоить деятельность по распознаванию.

*Задание.* Установите, можно ли считать биологические объекты в следующих ситуациях рычагом 1-го рода или 2-го рода. Изобразите в каждой ситуации точки опоры, действующие на рычаг силы и плечи этих сил.

|   |   |
|---|---|
| <p>1. При разминке спортсменка наклоняет голову «вперед-назад»</p>                             | <p>2. Человек стоит в наклонном положении</p>    |
| <p>3. Атлет поднимает гирию к двуглавой мышце плеча при проработке бицепса</p>                | <p>4. Культурист выполняет отведение гири от двуглавой мышцы плеча на тренировке</p>       |
| <p>5. Гимнаст выполняет упражнение «лодочка»</p>   | <p>6. Балерина выполняет «подъем на полупальцы»</p>                                       |
| <p>7. Сурдопереводчик сгибает фаланги пальцев рук при передаче информации языком жестов</p>  | <p>8. Перед упражнением на брусьях спортивный гимнаст выполняет движения кистями рук</p>  |
| <p>9. Танцор вращает тазом во время румбы</p>    | <p>10. Пациент на занятиях лечебной физкультурой резко поднимает и опускает плечи</p>     |

Студентам предлагается разработать способ выполнения этого задания. После обсуждения предлагаемые обучающимися действия могут быть выделены в виде следующей последовательности:

1. Назвать понятие, под которое требуется подвести конкретную ситуацию.

2. Определить понятия «рычаг 1-го рода», «рычаг 2-го рода».

3. Выделить признаки, заложенные в определениях рычагов 1-го и 2-го родов:

– выделить объект, который может поворачиваться вокруг точки;

– изобразить этот объект в виде прямой и указать точку  $O$ , вокруг которой возможен поворот;

– выделить тела, под действием которых данный объект может поворачиваться вокруг точки  $O$ ;

– изобразить силы, описывающие эти воздействия, и указать плечи этих сил;

– сформулировать вывод.

Представим результаты выполнения студентами данного задания для ситуаций 1 и 6.

В первой ситуации голова человека поворачивается относительно точки ее соединения с туловищем, в шейном отделе позвоночника. Слева от точки опоры на коротком плече действует сила тяжести головы, справа — сила тяги мышц и связок, прикрепленных к затылочной кости (рис. 1). Череп человека является рычагом 1-го рода.

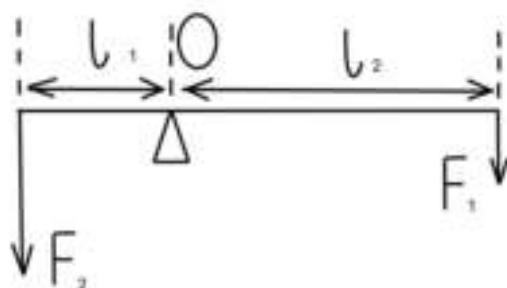


Рис. 1. Изображение рычага 1-го рода студентом для первой ситуации

В четвертой ситуации тело человека при выполнении упражнения «лодочка» не является рычагом.

В шестой ситуации стопа опирается на головку плюсневых костей. Вес тела приложен к таранной кости; мышечная сила, осуществляющая подъем тела, передана через ахиллово сухожилие и приложена к выступу пятки (рис. 2). Свод стопы человека является рычагом 2-го рода.

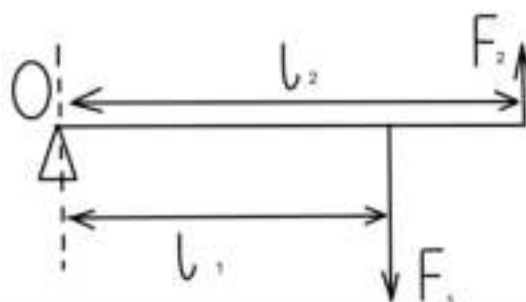


Рис. 2. Изображение рычага 2-го рода студентом для шестой ситуации

Выполнение студентами деятельности по распознаванию рычагов способствует неформальному усвоению физических и анатомо-физиологических знаний<sup>6</sup>. Многократное выполнение деятельности «подведение под понятие» применительно к реальным медико-биологическим

<sup>6</sup> См.: Стефанова Г. П., Крутова И. А., Кузьмина А. Н. Уровни усвоения способов деятельности, связанных с выполнением заданий итогового контроля по физике // Школа будущего. 2019. № 5. С. 42–49.

объектам позволяет создать положительную мотивацию к изучению курса «Основы медицинской биофизики» и осознать роль физики в профессиональной деятельности врача.

#### *Список использованных источников*

1. Адашевский В. М. Теоретические основы механики биосистем : учеб. пособие / под ред. Д. М. Морачковского. — Харьков : Харьков. пед. ин-т, 2001. — 258 с.
2. Анофрикова С. В., Стефанова Г. П. Применение задач в процессе обучения физике. — Астрахань : Астрахан. ун-т, 2019. — 181 с.
3. Крутова И. А., Кириллова Т. В., Долгий О. А. Создание и применение комплекса дидактических средств для организации процесса усвоения физических знаний // Современные наукоемкие технологии. — 2016. — № 12-2. — С. 368–372.
4. Крутова И. А., Кириллова Т. В., Стефанова Г. П., Прояненко Л. А. Концепция П. Я. Гальперина в эпоху цифровой трансформации образования // Современные проблемы науки и образования. — 2022. — № 6-1. — URL : <https://science-education.ru/ru/article/view?id=32191> (дата обращения: 14.03.2023).
5. Стефанова Г. П. Теоретические основы реализации принципа практической направленности подготовки при обучении физике. — Астрахань : Астрахан. ун-т, 2018. — 164 с.
6. Стефанова Г. П., Крутова И. А., Кузьмина А. Н. Уровни усвоения способов деятельности, связанных с выполнением заданий итогового контроля по физике // Школа будущего. — 2019. — № 5. — С. 42–49.

#### *Сведения об авторах*

**Поскребышева Дарья Александровна** — аспирант ФГБОУ ВО «Астраханский государственный университет имени В. Н. Татищева», ассистент кафедры физики-математики и медицинской информатики ФГБОУ ВО «Астраханский государственный медицинский университет» Минздрава России (Астрахань).

**Стефанова Галина Павловна** — доктор педагогических наук, профессор, профессор-консультант кафедры теоретической физики и методики преподавания физики ФГБОУ ВО «Астраханский государственный университет имени В. Н. Татищева» (Астрахань).

**Крутова Ирина Александровна** — доктор педагогических наук, профессор, заведующий кафедрой теоретической физики и методики преподавания физики ФГБОУ ВО «Астраханский государственный университет имени В. Н. Татищева» (Астрахань).

УДК 378.141.4

DOI: 10.37724/q2618-0409-5008-o

*О. Е. Трунина*

### **ОПЫТ РАЗРАБОТКИ ОСНОВНОЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ, НАПРАВЛЕННОЙ НА ФОРМИРОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ**

В статье описывается опыт разработки ОПОП по направлению бакалавриата 16.03.01 «Техническая физика» (профиль «Физическая электроника») на основе ФГОС 3++ и другой нормативной базы, регулирующей вопросы цифровой трансформации образования и подготовки инженерных кадров для цифровой экономики.

*цифровая экономика, высшее образование, образовательная программа, компетенции*

In the present article the experience of the design of the professional educational program is described concerning 16.03.01 “Technical Physics” (“Physical Electronics” direction) bachelor's degree course. The program was designed on the base of Federal State Educational Standart (3++ generation) and on the normative documentation regulating the questions of the education digital transformation and engineers for digital economics preparation.

*digital economy, higher education, educational program, competences*

---

© Трунина О. Е., 2023

В настоящее время в России и за рубежом активно развивается экономика нового технологического поколения — цифровая экономика. Это определяет необходимость постоянного развития сферы материального производства — высокотехнологичной промышленности, отвечающей требованиям глобальной конкурентоспособности, эффективности и высокой производительности труда. Как никогда остро стоит вопрос о подготовке кадров для этой экономики — инженеров, которые объединят материальный и цифровой, виртуальный мир.

По итогам конференции «Путешествие в мир искусственного интеллекта», состоявшейся 4 декабря 2020 года, Президент Российской Федерации утвердил ряд поручений, среди которых, в частности, следующее: «...при участии заинтересованных образовательных организаций обеспечить... дополнение образовательных программ высшего образования по всем специальностям и направлениям подготовки разделами по изучению технологий искусственного интеллекта в целях обучения применению таких технологий в различных сферах деятельности»<sup>1</sup>. В рамках исполнения поручения АНО ВО «Университет Иннополис» организовал и провел в срок с 01.04.2021 по 24.05.2021 дополнительную профессиональную программу «Внедрение цифровых технологий в образовательные программы», ориентированную на руководителей основных профессиональных образовательных программ (ОПОП) вузов России. Рязанский государственный университет имени С. А. Есенина (РГУ имени С. А. Есенина) в числе других вузов принял участие в этом проекте.

Интерес представляла актуализация ОПОП по направлению 16.03.01 «Техническая физика» в РГУ имени С. А. Есенина. Изначально она была ориентирована на качественную подготовку квалифицированных конкурентоспособных кадров, в том числе на основе системных инженерных знаний и сочетания передовых инновационных и цифровых технологий с научно-практической деятельностью. В части учебного плана, определяемой участниками образовательных отношений, есть дисциплины, введенные по запросам работодателей («Оптические элементы для инфракрасного диапазона спектра», «Физика тонкопленочных покрытий» и т. д.). Большое внимание в учебном плане уделено цифровым технологиям, а именно системам автоматизированного проектирования и математическому моделированию объектов профессиональной деятельности, работе с данными. По запросу АНО «Цифровой регион» во все учебные планы института физико-математических и компьютерных наук РГУ имени С. А. Есенина и в план по направлению 16.03.01 «Техническая физика» введена дисциплина «Сквозные технологии и технологии искусственного интеллекта».

Выпускники ОПОП подготовлены к работе в области таких технологий («Атлас сквозных цифровых технологий России»<sup>2</sup>), как «Новые производственные технологии» (цифровое проектирование, математическое моделирование и управление жизненным циклом изделия или продукции (Smart Design); технологии «умного» производства (Smart Manufacturing)) и «Новые цифровые технологии, формирующие новую инфраструктуру» (Сенсоры и обработка сенсорной информации).

По ФГОС ВО 3++ 16.03.01 «Техническая физика» актуальны для цифровой экономики (по содержанию) практически все компетенции, предусмотренные стандартом, в формулировках индикаторов достижения компетенций могут быть указаны конкретные цифровые технологии. Именно такой вариант предлагался на защите ОПОП на контрольном мероприятии курса и получил высокую оценку экспертов.

В рамках единого подхода к содержанию и индикаторам достижения компетенций, принятом в РГУ имени С. А. Есенина, реализовать данную идею не удалось. Единственным мероприятием (введение в учебные планы дисциплины «Сквозные технологии и технологии искусственного интеллекта») невозможно решить весь комплекс проблем подготовки кадров для цифровой экономики. Следующим шагом должно стать согласование внедрения цифровых технологий в индикаторы универсальных и общепрофессиональных компетенций всех ОПОП университета.

---

<sup>1</sup> Перечень поручений по итогам конференции по искусственному интеллекту // Президент России. URL : <http://www.kremlin.ru/acts/assignments/orders/64859> (дата обращения: 17.03.2023).

<sup>2</sup> См.: Профессиональные компетенции в сфере цифрового развития // Сумма технологии — аналитический портал о цифровой трансформации в государственном управлении. URL : <https://hr.cdto.ranepa.ru/2-6-professionalnye-kompetencii-v-sfere-cifrovogo-razvitiya> (дата обращения: 17.03.2023).

### Список использованных источников

1. Перечень поручений по итогам конференции по искусственному интеллекту // Президент России. — URL : <http://www.kremlin.ru/acts/assignments/orders/64859> (дата обращения: 17.03.2023).
2. Профессиональные компетенции в сфере цифрового развития // Сумма технологии — аналитический портал о цифровой трансформации в государственном управлении. — URL : <https://hr.cdto.ranepa.ru/2-6-professionalnye-kompetencii-v-sfere-cifrovogo-razvitiya> (дата обращения: 17.03.2023).

### Сведения об авторе

**Трунина Ольга Евгеньевна** — кандидат физико-математических наук, доцент, заведующий кафедрой общей и теоретической физики и методики преподавания физики ФГБОУ ВО «Рязанский государственный университет имени С. А. Есенина» (Рязань).

УДК 616.31-74(083.13)

DOI: 10.37724/z8394-8636-1005-v

**В. Н. Федорова, И. С. Копецкий**

## О НОВОМ УЧЕБНИКЕ ПО МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЮ

В статье представлено новое учебное издание по материаловедению. Рассмотрено содержание 24 глав, касающихся физических основ различных аспектов стоматологического материаловедения.

*физика, механика зуба, стоматологическое материаловедение, методы определения физико-механических характеристик стоматологических материалов*

The article presents a new educational material on materials science. The content of 24 chapters concerning the physical foundations of various aspects of dental materials science is considered.

*physics, mechanics of the tooth, dental materials science, methods for determining the physical and mechanical characteristics of dental materials*

На кафедре физики и математики ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н. И. Пирогова» (НИМУ им. Н. И. Пирогова) много внимания уделяется преподаванию физики с учетом потребностей других преподаваемых дисциплин. Так, был установлен тесный контакт с кафедрой терапевтической стоматологии. В результате этого составлен курс лекций «Физические основы стоматологического материаловедения». В его основу легли рабочая программа по стоматологическому материаловедению и государственный образовательный стандарт по специальности «Стоматология», а также программа дисциплины «Физика и математика». На основании многолетнего преподавания этого курса лекций написано одноименное учебное пособие<sup>1</sup>.

В настоящее время в медицину, в частности стоматологию, очень активно внедряются новые материалы, технологические приемы их обработки, современные способы контроля за качеством восстановительных материалов и конструкций.

Стоматология — одна из самых быстро развивающихся современных отраслей медицины. Сейчас перед врачами-стоматологами каждый день ставится непростая задача: осваивать новые технологии и методы комплексного ведения пациентов с применением различных областей как теоретических, так и прикладных наук, в том числе законов физики. Не понимая принципов действия физических факторов на ткани и микрофлору ротовой полости (статические и периодические

---

<sup>1</sup> См.: Федорова В. Н., Копецкий И. С. Физические основы стоматологического материаловедения : учеб. пособие / под ред. Е. В. Фаустова. М. : Физматлит, 2023. 392 с.

различно направленные нагрузки, колебания температуры, влажность, присутствие электролитной среды в ротовой полости), не зная механических оптических свойств используемых материалов для пломбирования, не зная принципов работы применяемых методов, врач не может точно планировать лечение пациента.

Изложение основ стоматологического материаловедения требует знания физики как в объеме программы средней школы, так и вузовской программы по медицинской и биологической физике.

Основной задачей материаловедения является установление связей между составом, структурой различных материалов и их физическими свойствами: механическими, тепловыми, электрическими и т. п. Стоматологическое материаловедение — раздел общего материаловедения, в котором рассматриваются свойства и строение конструкционных, вспомогательных, клинических материалов, применяемых в различных областях современной стоматологии.

В пособии представлено несколько основных разделов. Рассмотрим их далее.

**1. Механические свойства.** В стоматологии зубы и коррегирующие конструкции подвергаются различным способам деформирования, которые рассматриваются в пособии: растяжение (сжатие), сдвиг, кручение, изгиб. Показано моделирование мостовидных протезов при помощи различных балок, в которых реализуется изгиб. Рассмотрены характеристики деформируемых материалов: механическое напряжение, относительная деформация, модули упругости; для упругой деформации представлен закон Гука. Показана роль коэффициента Пуассона: его необходимо учитывать при выборе пломбирочного материала. Показана роль пластической деформации в технологических процессах, используемых для изготовления стоматологических конструкций.

**Прочность.** Это сопротивление материала разрушению или существенной необратимой деформации. В стоматологии прочность характеризует способность объекта (зуба, зубного протеза, ортодонтической конструкции или пломбы) противостоять приложенным к нему нагрузкам, не разрушаясь и не проявляя необратимую деформацию. Физически прочность твердых тел обусловлена силами взаимодействия между атомами или ионами, составляющими тело. Реальная прочность материала определяется опытным путем при различных способах деформирования. Теоретическая прочность материала может быть определена (предсказана) исходя из его строения, данных прочности межмолекулярных и межатомных связей. Для реальной прочности в зависимости от материала, вида напряженного состояния (растяжение, сжатие, изгиб и др.) и условий эксплуатации приняты различные меры прочности, которые обязательно должен знать врач-стоматолог: предел прочности, прочность длительная, долговечность, усталость, предел усталости и т. д. Все типы стоматологических изделий, а именно бюгельные и мостовидные протезы, разнообразные кламмеры, штифты, замковые крепления и т. п., проектируются с учетом их реальной прочности, которая важна и для пломбирочного материала.

**Твердость.** Одним из важных показателей стоматологических материалов является их твердость. На практике часто по твердости судят о прочности материала.

Твердость — сопротивление материала местной пластической деформации, возникающей при внедрении в него более твердого тела — индентора.

В стоматологической практике по твердости определяют долговечность протезов и аппаратов, например коронок из разных материалов, пластмассовых и фарфоровых зубов. Твердость материала позволяет косвенно судить и об их гигиеничности. Базисы протезов, изготовленные из твердых материалов, более гигиеничны, так как их поверхность гладкая, меньше задерживает остатки пищи в полости рта.

**Разрушение.** Этому процессу могут подвергаться как сами зубы, так и элементы стоматологических конструкций.

Механическое разрушение — макроскопическое нарушение сплошности тела (материала) в результате механических воздействий.

Врач-стоматолог должен знать факторы разрушения, среди которых наиболее существенны:

- механические факторы (разжевывание твердой пищи, удар в челюстно-лицевой области, сколы зубов, трещины эмали);
- химические факторы (агрессивные химические вещества в пище, кислоты, ферментируемые микроорганизмами в полости рта);

- термические факторы (употребление контрастной по своей температуре пищи, различие коэффициентов объемного и термического расширения);
- технологические факторы (способы получения изделия, способствующие образованию дефектов: трещины, пустоты, раковины, дефекты пространственной решетки).

Разрушение — процесс зарождения и роста дефектов. Время от момента приложения нагрузки до разрушения объекта называется его долговечностью, которая уже упоминалась выше. Врач-стоматолог должен иметь представление об этой характеристике.

**2. Рычаги.** Из элементов статики врач должен иметь представление о рычагах — твердых телах, которые могут поворачиваться вокруг неподвижной оси.

При равновесии рычага под действием двух параллельных сил, величины этих сил обратно пропорциональны их плечам (плечо — наименьшее расстояние от оси вращения до точки приложения силы). Это означает, что с помощью малой силы можно уравновесить (преодолеть) большую силу, если создать для нее достаточно длинное плечо. В зависимости от того, как расположены силы относительно точки опоры, рычаги подразделяют на три вида: первого, второго, третьего рода. Первые два вида имеют приоритет в силе, третий вид — в скорости движения. Для врача-стоматолога важно знать, что режущие стоматологические инструменты (ножницы, щипцы), элеваторы — это рычаги первого рода. Система «щипцы — зуб» при удалении (вывихе) зуба действует по типу рычага первого рода. Нижняя челюсть тоже работает как рычаг. Именно поэтому стоматологу-хирургу необходимо соразмерять при удалении зуба величину прилагаемого им усилия и тем самым предупреждать перелом альвеолярного края, вывих нижней челюсти и т. п. Перелом нижней челюсти может возникнуть в тот момент, когда к глубоко внедренному в кость элеватору хирург прилагает большое усилие, действуя им как рычагом. Практическое применение рычагов имеет место в ортодонтии (корректировка положения зубов с помощью сил, развиваемых проволокой, брекетами, скобами, резинками).

**3. Влияние температуры.** В стоматологии очень часто необходимо учитывать влияние температуры, в частности явление теплопроводности — происходящего без переноса вещества процесса передачи теплоты от более нагретых частей тела к менее нагретым частям. При изготовлении металлических коронок, вкладок на зубы с живой пульпой должна учитываться теплопроводность применяемых материалов. Для предупреждения неприятных температурных раздражений препарированную полость зуба изолируют от металлической вкладки цементной прокладкой, так как цемент является материалом с низкой теплопроводностью. Пломбировочный материал должен обладать низкой теплопроводностью, чтобы предотвращать температурное раздражение пульпы зуба.

В ортопедической и терапевтической стоматологии врач имеет дело с конструкциями из разнородных материалов (коронки на зубах, мостовидные протезы, пломбы из амальгамы и т. д.). При приеме горячей и холодной пищи за счет различных линейных и объемных расширений материалов возникают тепловые напряжения, которые могут привести к нарушению целостности конструкций или перелому стенок зуба. Для стоматологических материалов показатели теплопроводности, теплового расширения должны быть близки к показателям тканей натурального зуба.

**4. Поверхностные явления.** На поверхностях раздела соприкасающихся веществ возникают силы, обусловленные различными межмолекулярными взаимодействиями в граничащих средах.

Поверхностные явления — совокупность явлений, связанных с особыми свойствами поверхностных слоев на границе раздела между соприкасающимися средами.

К поверхностным явлениям относятся смачивание, гидрофильность и гидрофобность, поверхностное натяжение, сорбция, адсорбция, абсорбция, адгезия, когезия, капиллярные явления. Все эти явления имеют большое значение в стоматологическом материаловедении при нанесении покрытия, от качества которого зависят в последующем износ, трение, стираемость и др. Не существует ни одной области стоматологии, в которой в той или иной степени не использовались углубленные знания о межмолекулярном взаимодействии на границе раздела двух материалов. Этими причинами и обусловлена необходимость в изучении физических закономерностей в поверхностных явлениях в стоматологии.

**5. Материалы.** Металлы и сплавы являются важнейшими конструкционными материалами для изготовления зубных протезов, шин, аппаратов и имплантатов в ортопедической стоматологии. Металлические материалы должны иметь следующие важные в стоматологии свойства: биоинертность; коррозионную стойкость в полости рта; высокие механические свойства, способные сохраняться длительное время; гигиенические свойства, то есть легкое очищение средствами для чистки зубов; при наличии металлических протезов у пациента во рту не должно быть привкуса металла. Изучение свойств как этих материалов, так и композитов, керамики, полимеров является необходимым для прогнозирования их поведения и взаимодействия со средой полости рта и выбора оптимальных составов, удовлетворяющих комплексу физико-химических, механических и медико-биологических требований, предъявляемых к материалам в ортопедической и клинической стоматологии.

**6. Свет в стоматологии.** Врач-стоматолог должен иметь представления об элементах фотометрии — разделе оптики, в котором рассматриваются энергетические характеристики оптического излучения в процессах его испускания, распространения и взаимодействия с веществом. Во многих учебника по материаловедению<sup>2</sup> данные темы не рассматриваются. В эстетической стоматологии важным является требование: восстановленный зуб не должен иметь видимых отличий от естественного. При этом врач-стоматолог должен учитывать, что зуб как биологическая система сильно различается по своим свойствам от шейки до режущего края. На свойства каждого элемента зуба влияют осветитель (источник света), собственные оптические свойства зуба, собственные оптические свойства восстановительного материала, которые определяют характер взаимодействия света от осветителя с материалом; восприятие полученного результата пациентом. Поэтому врачу-стоматологу необходимо знать основы «цветоведения», проявление и использование законов отражения, преломления, рассеивания света в стоматологии, оптические свойства тканей зуба.

Учебное пособие предназначено студентам, ординаторам, аспирантам, преподавателям стоматологических медицинских учебных заведений. Может быть рекомендовано учителям и учащимся медицинских лицеев.

#### **Список использованных источников**

1. КОРТУКОВ Е. В., ВОЕВОДСКИЙ В. С., ПАВЛОВ Ю. К. Основы материаловедения : учеб. пособие. — М. : Высшая школа, 1988. — 215 с.
2. ПОЮРОВСКАЯ И. Я. Стоматологическое материаловедение : учеб. пособие. — М. : Гэотар-Медиа, 2007. — 192 с.
3. ФЕДОРОВА В. Н., КОПЕЦКИЙ И. С. Физические основы стоматологического материаловедения : учеб. пособие / под ред. Е. В. Фаустова. — М. : Физматлит, 2023. — 392 с.

#### **Сведения об авторах**

**Федорова Валентина Николаевна** — доктор биологических наук, профессор ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н. И. Пирогова» (Москва).

**Копецкий Игорь Сергеевич** — доктор медицинских наук, профессор ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н. И. Пирогова» (Москва).

---

<sup>2</sup> См.: КОРТУКОВ Е. В., ВОЕВОДСКИЙ В. С., ПАВЛОВ Ю. К. Основы материаловедения : учеб. пособие М. : Высшая школа, 1988. 215 с. ; ПОЮРОВСКАЯ И. Я. Стоматологическое материаловедение: учеб. пособие. М. : Гэотар-Медиа, 2007. 192 с.



Научное издание

Актуальные проблемы физики и технологии  
в образовании, науке и производстве

Материалы V Всероссийской научно-практической конференции,  
посвященной 100-летию со дня рождения В. Ф. Уткина  
и 100-летию со дня рождения В. П. Орехова

23–24 марта 2023 года

Под общей редакцией

Степанова Владимира Анатольевича,  
Кузнецовой Ольги Викторовны

Корректор *К. А. Красовская*  
Техн. редактор, верстка *Д. А. Филатов*

9,28 МБ. Подписано к использованию 10.06.2023. Тираж 20 CD-ROM.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«Рязанский государственный университет имени С. А. Есенина»  
390000, г. Рязань, ул. Свободы, 46; info@365.rsu.edu.ru  
Тел.: +7 (4912) 28-03-89 (канцелярия)

Редакционно-издательский центр РГУ имени С. А. Есенина  
390023, г. Рязань, ул. Ленина, 20а, vk.com/ric\_rgu



Минимальные системные требования:

тип компьютера: IBM/PC, процессор x86, частота: 1,3 ГГц,  
256 MB RAM, свободное место на HDD 30 MB, Windows XP и выше,  
Acrobat Reader 3.0 или старше, дисковод для оптических дисков, мышь.